



**Преобразователи  
напряжения  
измерительные**

**L-CARD**

**E14-140**

**E14-140-M**

**E14-140-M-D**

**E14-140-M-I**

**E14-140-M-D-I**

***РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ***

*USB-модуль АЦП/ЦАП/цифрового ввода вывода общего назначения,*

*16/32 канала АЦП,*

*цифровой ввод-вывод,*

*2-х канальный ЦАП (опция),*

*индустриальный температурный диапазон (опция)*

Автор руководства:

Гарманов А.В.

## **ООО "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](mailto:sale@lcard.ru)

Техническая поддержка: [support@lcard.ru](mailto:support@lcard.ru)

Отдел кадров: [job@lcard.ru](mailto:job@lcard.ru)

Общие вопросы: [lcard@lcard.ru](mailto:lcard@lcard.ru)

Отдел производства: [pro@lcard.ru](mailto:pro@lcard.ru)

*Ревизия документа: 3.2.2*

*Июль 2022*

*Модуль E14-140* © Copyright 2005-2022, ООО "Л Кард". Все права защищены.

*Модуль E14-140-M* © Copyright 2022, ООО "Л Кард". Все права защищены



История ревизий настоящего документа

Дата	Ревизия документа	Содержание изменения
06.2008	2.2.5	
03.2009	3.0.0	Добавлены предварительные сведения о <b>E14-140-M</b> . Руководство сверстано заново
06.2009	3.0.1	Добавлена <a href="#">глава 6</a>
10.2009	3.0.2	Скорректирован <a href="#">§ 2.6.1</a> , дополнено приложение <a href="#">A.4</a>
09.2010	3.0.3	Добавлена информация о возможности замены типа микроконтроллера в <b>E14-140-M</b> по усмотрению предприятия-изготовителя (п. <a href="#">§ 4.1</a> )
09.2016	3.0.4	Приведена в соответствие информация о сетке частот ЦАП E14-140-M-D в синхронном режиме в <a href="#">табл. 2-2</a>
10.2017	3.1.0	Добавлены промышленные варианты исполнения. Приведены в соответствие характеристики по результатам подготовки семейства <i>Преобразователей напряжения измерительных L-CARD</i> к сертификации как Средства Измерения
02.2018	3.1.1	Дополнен п. <a href="#">1.2</a> (предпоследний абзац), дополнена информация о внесении в Госреестр СИ (стр. <a href="#">7</a> ), добавлен соответствующий знак на титульном листе
11.2018	3.1.2	Дополнена <a href="#">Табл. 5-1</a> в части описания входа INT
02.2020	3.2.0	Дополнен п. <a href="#">2.4</a>
12.2020	3.2.1	Исправлены незначительные ошибки верстки
07.2022	3.2.2	Корректурa документа

# Глава 1. О чем этот документ

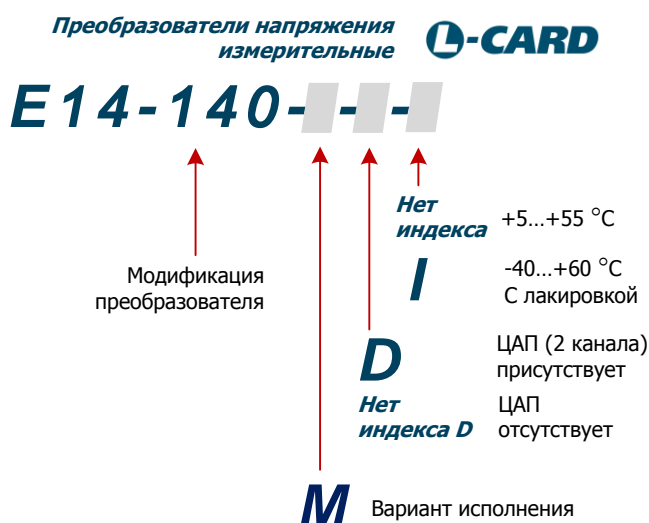
Настоящий документ описывает электрические и интерфейсные свойства программно-аппаратных устройств **E14-140<sup>1</sup>** и **E14-140-M**, разъясняет принципы его функционирования и варианты использования, содержит характеристику и комплектность программного обеспечения.

Бурное развитие элементной базы дало возможность значительно улучшить потребительские свойства **E14-140**. Это и было реализовано в **E14-140-M** в 2009 г. Полный перечень отличий модуля **E14-140-M** от **E14-140** приведён в § 2.2.

В настоящее время **E14-140** не производится, а линейка изделий **E14-140-M** пополнилась индустриальным вариантом исполнения.

В настоящем документе при описании общих характеристик **E14-140**, **E14-140-M** для краткости будем использовать обобщённое название **E14-140(-M)** для всех вариантов исполнений (§ 1.2).

## 1.1. Система обозначений



## 1.2. Варианты исполнений

- **E14-140-M** (2-канальный ЦАП отсутствует).
- **E14-140-M-D** (2-канальный ЦАП присутствует).
- **E14-140-M-I** (2-канальный ЦАП отсутствует, индустриальный вариант исполнения).

<sup>1</sup> старое название этого изделия – E-140, новое название было присвоено в связи с объединением изделий E14-140 и E14-440 в одну группу E-14 в процессе их сертификации.

- **E14-140-M-D-I** (2-канальный ЦАП присутствует, промышленный вариант исполнения).

Промышленные исполнения (с буквенным индексом "I"), предназначенные для эксплуатации при температуре от -40 до +60 °С, имеют герметизацию плат лакировкой, что повышает устойчивость изделий к воздействию окружающей среды. В технологию производства промышленных изделий входит также термопрогон (выдержка изделий при температуре -40 °С) с последующим тестированием, что повышает вероятность обнаружения скрытых дефектов на этапе производства.

Подробнее об условиях эксплуатации читайте в Приложении [A.8](#).

## 1.3. 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.
- *Паспорт* [\[5\]](#) содержит сведения о приборе – технические характеристики, конструкция, работа, обслуживание, сведения о приёмке ОТК и поверке.
- *Методика поверки* [\[4\]](#) предназначена для поверки прибора, если он применяется в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений (в соответствии с Законом № 102-ФЗ “Об обеспечении единства измерений”).
- *Низкоуровневое описание* [\[2\]](#) предназначено для программистов, желающих модифицировать встроенное ПО **E14-140-M** для адаптации изделия под собственные задачи. Для обычного применения **E14-140(-M)** (с использованием штатных возможностей) низкоуровневое описание Вам не понадобится.

## Глава 2. Общее знакомство

В этой главе пользователь может ознакомиться с назначением устройства **E14-140(-M)**, 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

**E14-140(-M)** является малогабаритным многофункциональным измерительным модулем, подключаемым к PC через USB-интерфейс. Базовые функции **E14-140(-M)**:

- Многоканальный АЦП с мультиплексированием каналов.
- Цифровой асинхронный ввод-вывод.
- Опциональные функции позволяют укомплектовать **E14-140(-M)** двухканальным ЦАП.

Модуль **E14-140(-M)** предназначен для построения многоканальных измерительных систем сбора аналоговых данных, а также цифрового управления и контроля состояния внешних устройств.

Малые габариты модуля и использование широко распространенного интерфейса USB делают **E14-140(-M)** удобным для организации полевых измерений, требующих высокую степень мобильности.

#### Важнейшие потребительские свойства **E14-140-M**:

- АЦП 14 бит до 200 кГц, 16/32 канала коммутации, поддиапазоны  $\pm 10$  В,  $\pm 2,5$  В,  $\pm 0,6$  В,  $\pm 0,15$  В для асинхронного и синхронного режима сбора данных.
- ЦАП 16 бит 2 канала  $\pm 5$  В, до  $\pm 10$  мА, до 200 кГц по каждому каналу.
- Обеспечивается непрерывный сбор-выдача аналоговых данных АЦП-ЦАП.
- Синхронный/асинхронный режимы АЦП и ЦАП.
- Асинхронный цифровой ввод 16 бит, вывод 16 бит данных.
- Развитые режимы синхронизации АЦП/ЦАП, старта сбора-выдачи данных: многомодульная синхронизация, синхронизация по аналоговому и цифровому сигналу.
- Внутренняя архитектура управления **E14-140-M** на основе ARM-контроллера AT91SAM7S (частота ядра 48 МГц, ОЗУ 64 кБ, поддержка USB, JTAG).
- Возможно применение в качестве автономного устройства сбора данных и управления в варианте с внешним питанием +5 В для осуществления пользовательских алгоритмов реального времени.
- Предоставляется возможность низкоуровневого программирования ARM-контроллера, в том числе с применением JTAG-эмулятора. Исходные тексты базового программного обеспечения предоставляются. Необходимое низкоуровневое описание аппаратуры предоставляется [2].
- При низкоуровневом программировании Вы сможете оценить максимально удобный и простой протокол управления узлами сбора-выдачи данных (АЦП, ЦАП, цифровыми линиями), поскольку он основан на применении стандартных периферийных интерфейсов ARM-контроллера (SPI, USART, SSC), имеющих прямой доступ к памяти (DMA)

контролера, а также на применении прозрачного регистрового принципа управления периферией, когда наиболее низкоуровневые операции управления аппаратурой решены на уровне ПЛИС с целью предоставления максимального удобства программирования ARM-контроллера.

- Архитектура измерительной части (АЦП, ЦАП) соответствует **E14-140**. Новшества в **E14-140-M** относятся к интерфейсным, сервисным функциям и расширению функциональных возможностей.



**Преобразователи E14-140-M, E14-140-M-D, E14-140-M-I, E14-140-M-D-I** [внесены в Государственный реестр средств измерений в составе семейства преобразователей L-CARD](#) и их выпуск начался в 2018 году.

## 2.2. E14-140 и E14-140-M. Перечень отличий

Здесь приводится в табличной форме полный перечень всех отличий, существенных с точки зрения пользователя.

*Табл. 2-1. Существенные аппаратные отличия E14-140 и E14-140-M*

Характеристика, возможность	E14-140	E14-140-M
Тип контроллера	Контроллер AVR ATmega8515 с тактовой частотой ядра 15 МГц, внешнее ОЗУ – 32 кБ	ARM-контроллер семейства AT91SAM7S с тактовой частотой ядра 48 МГц, внутреннее ОЗУ – 64 или 128 кБ
Тип ПЛИС внутреннего управления	ЕРМ3064АТС44 (64 логических ячейки)	ЕРМ570Т100С5 (570 логических ячеек)
Штатная возможность пользовательского программирования контроллера	Не предоставляется	Предоставляется
Штатная возможность подключения отладочных средств	Не предоставляется	Предоставляется через JTAG-разъём, доступный при снятии нижней крышки корпуса
ЦАП	Асинхронный $\pm 5$ В, 12 бит, 2 канала	Синхронный/асинхронный $\pm 5$ В, 16 бит, 2 канала. Частота синхронного вывода – 200 кГц по каждому каналу
Рабочий выходной ток ЦАП	$\pm 1$ мА	$\pm 10$ мА
Время установления ЦАП	5 мкс	0,7 мкс
Обработка синхросигнала сигнала INT (старта сбора данных)	Программная, средствами контроллера	Аппаратная (посредством ПЛИС), но возможно и средствами ARM-контроллера
Функция триггера Шмитта на входе INT	Отсутствует	Присутствует
Аналоговая синхронизация старта преобразований АЦП	Реализована программными средствами AVR	Реализована аппаратными средствами ПЛИС. Это обеспечивает повышенную точность синхронизации
Цифровая синхронизация старта преобразований АЦП	Реализована программными средствами AVR	Реализована аппаратными средствами ПЛИС. Реакция на сигнал старта детерминирована – до 1-го периода установленной частоты преобразования АЦП
Стабильность частот преобразований АЦП и ЦАП (прилож. А.3)	$\pm 100$ ppm в рабочих условиях	$\pm 50$ ppm в рабочих условиях
Штатная возможность применения в автономном режиме (без USB, но с внешним питанием)	Не предоставляется	Предоставляется



Характеристика, возможность	E14-140	E14-140-M
Штатная возможность применения <b>E14-140</b> с USB, но с внешним питанием	Не предоставляется	Предоставляется
Синхронность вывода 16-ти бит данных на линии DO	Побайтовая (младший и старший байт контроллер AVR обновляет на выходе регистра DO последовательно, в пределах байта синхронность обеспечивается)	Пословная (все 16 бит данных обновляются на выходе регистра синхронно)
Ток потребления	260 мА	240 мА (без ЦАП) 380 мА (с ЦАП)

При рассмотрении программных отличий в правом столбце [табл. 2-2](#) отдельно приводятся дополнительные возможности **E14-140-M**, не поддерживаемые в базовом ПО с целью обеспечения совместимости с **E14-140** на уровне пользовательских библиотечных функций (API).



Дополнительные возможности **E14-140-M**, не совместимые с **E14-140**, могут быть задействованы пользователем при низкоуровневом программировании **E14-140-M**, а также по мере развития ПО, поставляемого L-CARD.

*Табл. 2-2. Пользовательские программные отличия режимов и настроек*

Характеристика / Режим / Опция	E14-140	E14-140-M	
		Базовое ПО, совместимое с E14-140	Дополнительные возможности, несовместимые с E14-140-M по API
Режимы синхронизации АЦП ( <a href="#">§ 4.2.2.1</a> )			
Внутренняя синхронизация	Частота преобразования АЦП от 122.072 Гц (8 МГц / 65535) до 100 кГц	Частота преобразования АЦП от 122.072 Гц (8 МГц / 65535) до 200 кГц	—
Внутренняя синхронизация, ведущий модуль по фронту ( <a href="#">§ 2.3</a> ) сигнала SYN	Поддерживается во всех режимах до 100 кГц, кроме однократного одноканального ввода	Поддерживается во всех режимах до 200 кГц, кроме однократного одноканального ввода	Поддерживается однократный одноканальный ввод

Характеристика / Режим / Опция	E14-140	E14-140-M	
		Базовое ПО, совместимое с E14-140	Дополнительные возможности, несовместимые с E14-140-M по API
Внешняя синхронизация, ведомый модуль по фронту сигнала SYN	Поддерживается во всех режимах до 100 кГц, кроме однократного одноканального ввода	Поддерживается во всех режимах до 200 кГц, кроме однократного одноканального ввода	Поддерживается однократный одноканальный ввод
Внешняя синхронизация, ведомый модуль по спаду (§ 2.3) сигнала SYN	Не поддерживается	Не поддерживается	Поддерживается во всех режимах до 200 кГц
Режимы старта процесса сбора данных (§ 4.2.2.2)			
Программный старт потокового ввода	Поддерживается	Поддерживается	—
Старт потокового ввода по сигналу INT	Только по спаду сигнала	Только по спаду сигнала	Не только по спаду, но и по фронту сигнала
Старт потокового ввода по уровню или переходу сигнала через уровень в выбранном канале (аналоговая синхронизация)	Поддерживается с точностью до нескольких периодов частоты преобразования АЦП	Поддерживается с точностью $\pm 0.5$ периода частоты преобразования АЦП	—
Покадровый ввод по сигналу на входе INT	По спаду сигнала	По спаду сигнала	Не только по спаду, но и по фронту сигнала
Покадровый ввод по уровню или переходу сигнала через уровень в выбранном канале	Не поддерживается	Не поддерживается	Поддерживается
Однократный ввод кадра с программным стартом	Поддерживается (до 32 логических каналов)	Поддерживается (до 128 логических каналов)	—
Однократный ввод кадра с программным стартом по фронту или спаду сигнала INT	Не поддерживается	Не поддерживается	Поддерживается
Однократный ввод кадра отсчетов АЦП со стартом по уровню или фронту аналогового сигнала в одном из каналов	Не поддерживается	Не поддерживается	Поддерживается
Режимы ЦАП			

Характеристика / Режим / Опция	E14-140	E14-140-M	
		Базовое ПО, совместимое с E14-140	Дополнительные возможности, несовместимые с E14-140-M по API
Синхронный потоковый режим ЦАП с программным стартом	Не поддерживается	16 бит, с частотой преобразования 200 кГц / n, где n=1,2,...,8. <b>Внимание!</b> Использование этого режима требует новые драйвера (см. § 3.4.5)	—
Синхронный потоковый режим ЦАП со стартом одновременно с АЦП (по любому установленному условию старта АЦП)	Не поддерживается	16 бит, с частотой преобразования 200 кГц / n, где n=1,2,...,8. <b>Внимание!</b> Использование этого режима требует новые драйвера (см. § 3.4.5)	—
Однократный вывод на один из двух каналов ЦАП в 12-битном режиме	Поддерживается (максимальная частота несколько десятков Гц)	Эмулируется для совместимости (максимальная частота – около 250 Гц)	—
Однократный вывод одновременно на оба канала ЦАП в 16-битном режиме	Не поддерживается	Поддерживается (максимальная частота – около 250 Гц)	—

## 2.3. Соглашения по терминологии

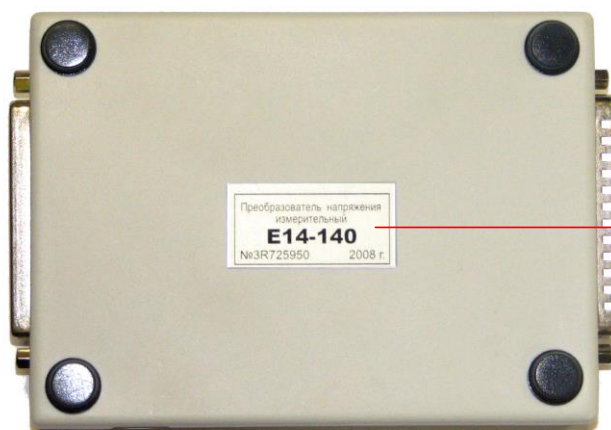
При описании перепадов уровней напряжения сигнала в настоящем руководстве употребляется следующая терминология:

- “По фронту” — всегда подразумевается только возрастающий перепад напряжения сигнала.
- “По спаду” — убывающий перепад напряжения сигнала.

## 2.4. Внешний вид



Вид сверху



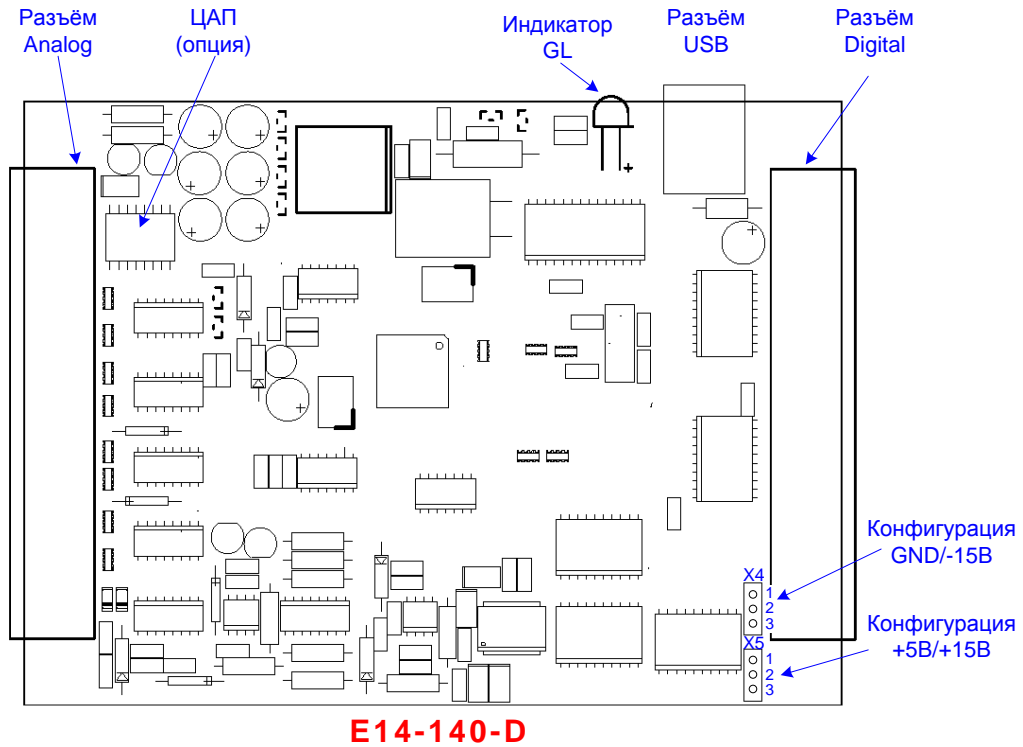
Вид снизу

Этикетка с  
серийным  
номером и  
годом  
изготовления.

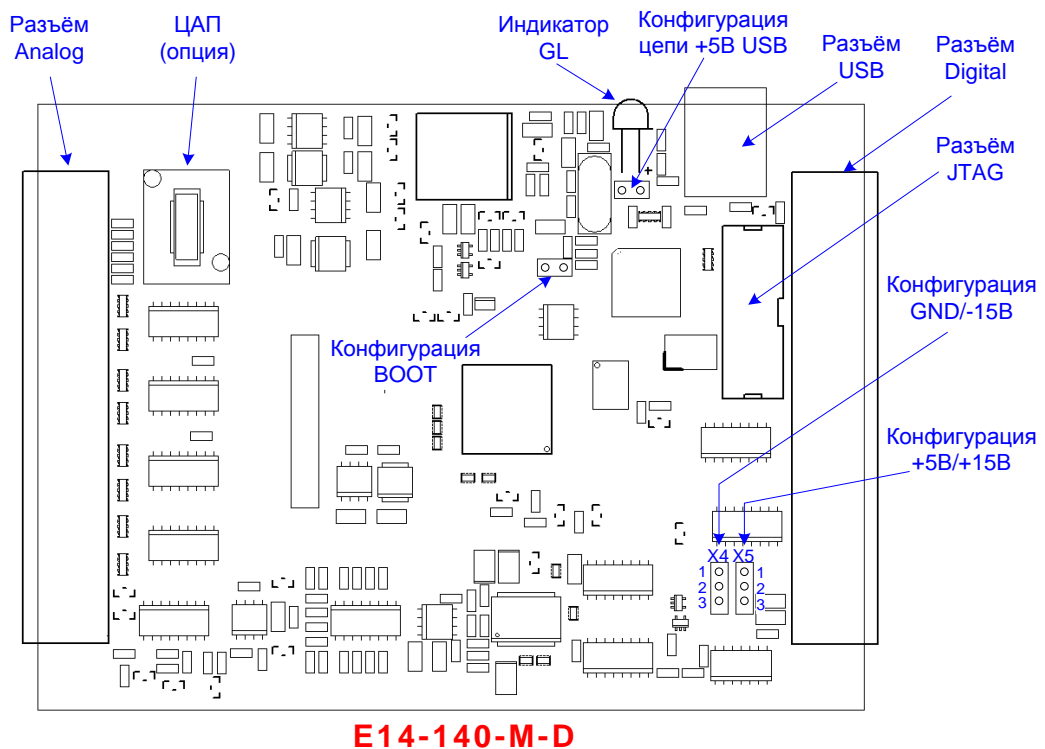
*Рис. 2-1: Внешний вид.*

Внешний вид модулей **E14-140** и **E14-140-M** и конструкция корпуса идентичны, а различаются лишь названия. При заказе варианта с ЦАП на этикетке снизу корпуса изделие маркируется, соответственно, как **E14-140D** или **E14-140-M-D**.

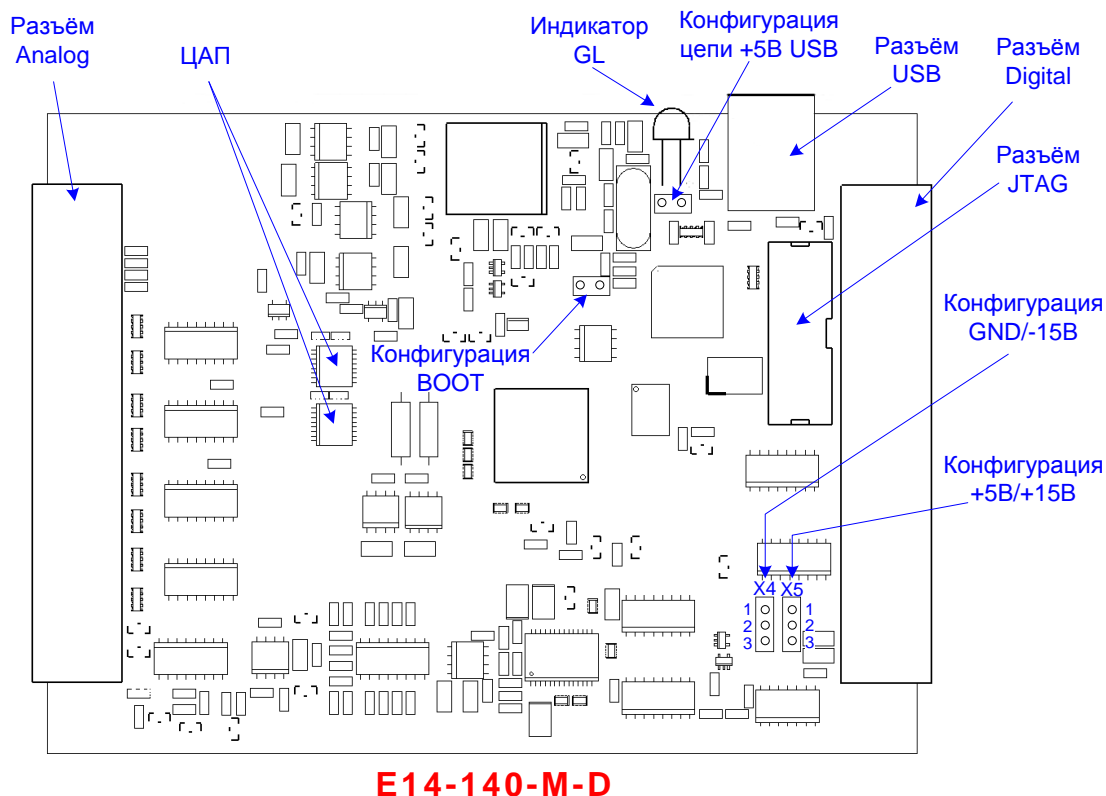
Маркировкой **ANALOG** и **DIGITAL** обозначены разъёмы для подключения аналоговых и цифровых сигналов соответственно. **USB** – разъём для интерфейсного USB-кабеля (входит в комплект поставки). **GL** – индикатор «Good Link», показывающий состояние связи по интерфейсу **USB**.



*Рис. 2-2. E14-140-D. Внешний вид печатной платы*



*Рис. 2-3. E14-140-M-D. Внешний вид печатной платы (для изделий с серийными номерами, начинающимися с "1")*



**Рис. 2-4. E14-140-M-D. Внешний вид печатной платы (для изделий с серийными номерами, начинающимися с “2”)**

На [рис. 2-2](#) - [рис. 2-4](#) приведен внешний вид плат<sup>2</sup> модулей **E14-140-D**, **E14-140-M-D** и показано расположение только существенных для конфигурации и подключения элементов. Изделия E14-140-M-D с серийными номерами<sup>3</sup>, начинающиеся с “1” ([рис. 2-3](#)) и “2” ([рис. 2-4](#)) отличаются положением и конструкцией узла ЦАП. Эти отличия не влияют на функциональные и метрологические свойства изделия. В изделиях **E14-140-M** (без ЦАП) узел ЦАП и связанные с ним электронные компоненты отсутствуют на плате.

При заказе крайне желательно оговорить необходимую Вам конфигурацию, чтобы не заниматься самостоятельной разборкой корпуса. Но принципиально корпус **E14-140(-M)** не пломбируется и, при условии аккуратного и умелого обращения, пользователю предоставляется возможность разобрать корпус и выставить необходимую конфигурацию путём соответствующей установки джамперов.

### 2.4.1. Конфигурирование E14-140(-M)

Конфигурационные джамперы<sup>4</sup> ([рис. 2-2](#) - [рис. 2-4](#)) предназначены для задания необходимых пользовательских аппаратных предустановок. Переставлять джамперы разрешается только при выключенном питании **E14-140(-M)**. Описание возможных предустановок сведено в таблицу ниже.

<sup>2</sup> плата помещается в корпус в 'перевернутом' виде - так, что разъем USB ориентирован вниз

<sup>3</sup> серийный номер изделия отображается на этикетке снизу корпуса (Рис. 2-1) и указывается в паспорте изделия

<sup>4</sup> джампер – перемычка между двумя штырьковыми контактами, которую можно переставлять, задавая необходимую аппаратную конфигурацию.

Табл. 2-3. Конфигурационные джамперы

Конфигурационный джампер	Положение	Описание предустановки
“GND/-15B”	1-2 (*)	Контакт 17 разъёма DIGITAL соединён с цепью GND
	2-3	Контакт 17 разъёма DIGITAL соединён с цепью –15 В
“+5B/+15B”	1-2 (*)	Контакт 18 разъёма DIGITAL соединён с цепью +5 В
	2-3	Контакт 18 разъёма DIGITAL соединён с цепью +15 В
“+5B USB” (только <b>E14-140-M</b> )	Установлен (*)	<b>E14-140-M</b> питается от цепи +5 В интерфейса USB
	Не установлен	<b>E14-140-M</b> отсоединён от цепи +5 В интерфейса USB
“BOOT” (только <b>E14-140-M</b> )	Установлен (*)	<i>Основной вариант программной загрузки контроллера E14-140-M</i> (всегда используется в обычных случаях).
	Не установлен	<i>Резервный вариант программной загрузки контроллера E14-140-M.</i> Эта возможность подробно рассмотрена в <a href="#">§ 6.1</a>

Примечание: (\*) – Положение “по умолчанию”, если это не оговорено при заказе.

Поскольку конфигурационные джамперы доступны только после разборки корпуса, то желательно оговорить их положение при заказе.

## 2.5. Комплектация модуля

Табл. 2-4. Основной комплект поставки

Комплектуемая единица	Количество, шт.	Примечание
Преобразователь напряжения измерительный <b>E14-140 (E14-140-M, E14-140-M-D, E14-140-M-D-I)</b>	1	
Паспорт	1	
Кабельная часть разъема <i>DB-37F</i>	1	Для изготовления пользователем кабеля подключения сигналов к входам АЦП и выходам ЦАП (только при их наличии – см. § 2.5.1)
Кабельная часть разъема <i>DB-37M</i>	1	Для изготовления кабеля подключения цифровых сигналов
Кабель USB – тип А-В, 28AWG-24AWG <sup>5</sup> длиной 1.3...2.0 м	1	
<b>L-Card</b> CD-ROM с документацией и программным обеспечением <sup>6</sup>	1	

Табл. 2-5. Дополнительный комплект поставки (если специально оговорено при заказе **E14-140(-M)**)

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

Табл. 2-6. Дополнительное оборудование, которое Вы можете приобрести у сторонних поставщиков (**L-CARD** его не поставляет)

Комплектуемая единица	Примечание
JTAG-программатор MT-LINK с интерфейсом USB	Тестировался в <b>L-CARD</b> . Производитель – MT-LINK – Россия

<sup>5</sup> Первая цифра в обозначении кабеля USB типа А-В, согласно спецификации USB, свидетельствует о калибре сигнальных проводов, вторая - о калибре питающих. При этом чем меньше цифра калибра, тем больше сечение

<sup>6</sup> Последнюю версию документации и программного обеспечения Вы всегда можете найти на сайте [L-Card](#)



Комплектующая единица	Примечание
JTAG-программатор J- LINK с интерфейсом USB	Производители – Segger, IAR. Не тестировался в <b>L-CARD</b> , но есть основания полагать <sup>7</sup> , что MT-Link является функциональным аналогом J-LINK
Клеммник DB-37F-increaser	Для подключения сигналов без пайки (см. § 2.5.3)

При необходимости использовать хабы, блоки питания к ним и дополнительные USB-кабели при работе с **E14-140(-M)** 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.

### 2.5.1. Опциональное оборудование

В **E14-140(-M)** возможна опциональная установка *двухканального ЦАП*, если это оговорено в заказе. Самостоятельный монтаж–демонтаж ЦАП пользователем не допускается.

### 2.5.2. Специальная конфигурация

Если в Вашем приложении необходимо снимать с модуля **E14-140(-M)** напряжения  $\pm 15$  В, +5 В для питания маломощных внешних устройств, то Вам необходимо указать эту специальную конфигурацию в заказе (§ 2.4.1). «По умолчанию» **E14-140(-M)** поставляется в штатной конфигурации, совместимой с **E14-440**, в которой с модуля **E14-140(-M)** можно снять только напряжение +5 В для питания внешних устройств.

### 2.5.3. Применение клеммника


37-контактная плата клеммников DB-37F-increaser позволяет быстро и без использования паяльника коммутировать внешние сигналы к разъемам модуля **E14-140(-M)**. 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 метрологическими характеристиками требует производить подключение внешних проводов сигнальных цепей путем их *распайки* на кабельные части разъемов.

<sup>7</sup> Например, согласно информации с сайта фирмы [Терраэлектроника](#)

## 2.6. Поставка ПО

Так исторически сложилось, что на сегодняшний день фирма **ООО “Л Кард”** предоставляет пользователю две библиотеки для работы с модулем **E14-140(-M)**, а именно: *Lusbapi* и *LComp*. Обе библиотеки предназначены для работы в операционных средах *Windows '98/2000/XP/Vista*. Как *Lusbapi*, так и *LComp* обеспечивают полную функциональную поддержку модулю **E14-140(-M)**. Преимуществом использования библиотеки *LComp* является более широкая поддержка изделий от фирмы **ООО “Л Кард”**. Так *Lusbapi* поддерживает только **USB** устройства, а библиотека *LComp* кроме этого ещё обеспечивает работу с **ISA** и **PCI** изделиями от фирмы **ООО “Л Кард”**.

 Библиотеки *Lusbapi* и *LComp* обладают полностью несовместимыми программными интерфейсами, но используют один и тот же универсальный **USB** драйвер под названием **Ldevusbu.sys**.

### 2.6.1. Библиотека 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](http://www.lcard.ru) из раздела [“Библиотека файлов”](#). Там, в подразделе [“ПО для внешних модулей”](#), следует выбрать самораспаковывающийся архив `lusbapiXY.exe`, где *X.Y* означает текущий номер версии программного обеспечения. На момент написания данного руководства последняя библиотека *Lusbapi* имеет версию **3.3**, а содержащий её архив называется [lusbapi33.exe](#).

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

Директория	Назначение
DLL	Библиотека <i>Lusbapi</i> с исходными текстами
DRV	Драйвер USB-устройства и inf-файл
E14-140\EXAMPLES	Тексты и проекты примеров работы с модулем для различных сред программирования
E14-140\DOC	Документация

Для обеспечения надлежащей работы Ваших приложений с модулем **E14-140(-M)** 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* при необходимости автоматически производит поиск библиотек в указанной директории. Хотя, в принципе, библиотека `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.

## 2.6.2. Библиотека LComp

Библиотека *LComp* предоставляется в виде инсталляционной программы *LComp.exe*, которая располагается на фирменном CD-ROM'е в директории \DLL\LComp. Эту же библиотеку можно также скачать с нашего сайта [www.lcard.ru](http://www.lcard.ru) из раздела “Библиотека файлов”. Там, в подразделе “Штатные драйвера и библиотеки для Microsoft Windows”, следует выбрать самораспаковывающийся архив [lcomp.exe](#).

Инсталляционная программы *LComp.exe* предназначена для корректного размещения всех составных частей библиотеки *LComp* на целевом компьютере пользователя. При этом в директории, указанной пользователем при установке библиотеки, будут располагаться такие необходимые компоненты *LComp* как исходные тексты, библиотеки импорта, модули объявлений, примеры программирования, электронная документация и т.д.

## 2.6.3. Дополнительное программное обеспечение

1. Бесплатная программа ***L-Graph I***. Поддерживаемые ОС: *Windows'98/2000/XP/Vista*. Эту программу можно найти на фирменном CD-ROM'е в директории \LGraph1. Она же входит составной частью в дистрибутив библиотеки *LComp*. Также архив с ***L-Graph I*** можно скачать с нашего сайта [www.lcard.ru](http://www.lcard.ru) из раздела “Библиотека файлов”. Там из подраздела “Законченное ПО” следует выбрать файл [lgraph1.zip](#). Программа ***L-Graph I*** при работе с модулем **E14-140(-M)** использует библиотеку *Lusbapi*. ***L-Graph I*** предназначена для решения с помощью модуля **E14-140(-M)** ряда общих задач сбора, сохранения и визуализации полученной аналоговой информации. При этом модуль может использоваться как в 16<sup>ми</sup> канальном *дифференциальном*, так и в 32<sup>х</sup> канальном с *общей землёй* режиме подключения входных сигналов. В частности, ***L-Graph I*** позволяет осуществлять непрерывную регистрацию аналоговой информации в реальном масштабе времени, при этом время ввода ограничено только ёмкостью Вашего диска. Кратко говоря, программа ***L-Graph I*** может работать в одном из следующих режимов:
  - ✓ 4<sup>х</sup> канальный осциллоскоп;
  - ✓ 4<sup>х</sup> канальный спектроскоп;
  - ✓ многоканальный сбор данных в файл (до 32<sup>х</sup> каналов);
  - ✓ визуализация полученных данных (до 32<sup>х</sup> каналов).
2. Бесплатная программа ***L-Graph II***. Поддерживаемые ОС: *Windows'XP*. ***L-Graph II*** работает с модулем **E14-140(-M)** через библиотеку *LComp*. Эта программа является более продвинутым вариантом ***L-Graph I***. Например, она предоставляет пользователю возможность *одновременной* визуализации и регистрации данных с АЦП. ***L-Graph II*** можно установить посредством инсталляционной программы \LGraph2\setup.exe с прилагаемого к модулю фирменного CD-ROM'а. Также дистрибутив ***L-Graph II*** можно скачать с нашего сайта [www.lcard.ru](http://www.lcard.ru) из раздела “Библиотека файлов”. Там из подраздела “Законченное ПО” следует выбрать дистрибутив [lgraph2.zip](#).
3. Коммерческая программа многоканального самописца–регистратора ***PowerGraph*** (есть демо-версия программы). Поддерживаемые ОС: *Windows'98/2000/XP/Vista*. Программа

предназначена для регистрации, обработки и хранения аналоговых сигналов и позволяет использовать персональный компьютер в качестве ленточного самописца. Разработка, поставка и техническая поддержка – ООО «Интероптика-С», [www.powergraph.ru](http://www.powergraph.ru). В состав поставляемого с модулем **E14-140(-М)** штатного комплекта ПО входит демонстрационная версия **PowerGraph**, которая располагается в директории \P\_Graph на нашем фирменном CD-ROM'e.

4. Коммерческий комплекс автоматизации экспериментальных и технологических установок **ACTest**. Поддерживаемые ОС: *Windows'98/2000/XP/Vista*. Данный комплекс предназначен для визуализации, регистрации, архивации и обработки данных в реальном времени. Разработка, поставка и техническая поддержка – ООО "Лаборатория автоматизированных систем", [www.actech.ru](http://www.actech.ru). В состав поставляемого с модулем **E14-140(-М)** штатного комплекта ПО входит демонстрационная версия **ACTest**, которая располагается в директории \ACTest на нашем фирменном CD-ROM'e.

## Глава 3. Инсталляция и настройка

В этой главе приводится информация о том, как подключить **E14-140(-M)** 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 **E14-140(-M)** 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. Аппаратная настройка

В большинстве случаев **E14-140(-M)** не потребует специальной аппаратной настройки со стороны пользователя. Так же, как и в **E14-440**, в **E14-140(-M)** возможна опциональная установка ЦАП, если это оговорено в заказе – см. [§ 2.5.1](#).

Если в Вашем приложении необходимо снимать с **E14-140(-M)** напряжения  $\pm 15$  V, +5 V для питания маломощных внешних устройств<sup>8</sup>, то Вам необходимо использовать несовместимую с **E14-440** конфигурацию назначений контактов разъема **DIGITAL I/O**. Несовместимую конфигурацию **E14-140(-M)** Вы можете специально оговорить при заказе модуля; в то же время изменить конфигурацию Вы, скорее всего, сможете самостоятельно, аккуратно разобрав корпус **E14-140(-M)** и переставив два джампера ([§ 2.4.1](#)).

[Глава 5](#) подробно описывает назначения сигналов и способы их подключения.

---

<sup>8</sup> активных датчиков, предусилителей

### 3.3. Подключение к компьютеру

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

Спецификация шины **USB** [18] 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. Более того, возможно включение компьютера с уже подсоединённым **USB** устройством.

Собственно сама процедура *аппаратного* подключения модуля **E14-140(-M)** к компьютеру достаточно тривиальна: необходимо просто соединить **USB** разъём модуля с любым свободным **USB** портом компьютера при помощи кабеля, входящего в комплект поставки.

### 3.4. Установка USB драйверов

Процедуры установки **USB** драйверов от библиотек *Lusbapi* и *LComp* для модуля **E14-140(-M)** немного различаются. Именно эти различия описаны в следующих двух параграфах.

#### 3.4.1. Установка USB драйверов от Lusbapi

При самом *первом* подсоединении модуля **E14-140(-M)** 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\DR\Lusbapi.inf. При этом операционная система сама копирует все требуемые ей файлы в нужные места и сделает все необходимые записи в своём реестре. После чего система *Windows* должна провести так называемую процедуру *эnumерации* **USB** устройства (§ 3.4.3).

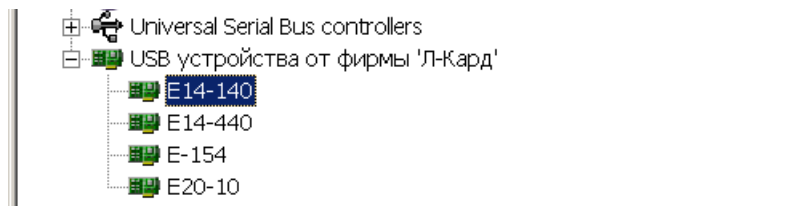
#### 3.4.2. Установка USB драйверов от LComp

Прежде чем использовать модуль **E14-140(-M)** с применением библиотеки *LComp*, необходимо выполнить инсталляционную программу *LComp.exe*, которая располагается на фирменном CD-ROM'e в директории \DLL\LComp. Данная программа, помимо всего прочего, устанавливает на целевой компьютер пользователя все необходимые файлы, которые потребуются операционной системе в процессе опознавания модуля **E14-140(-M)** при его первом подключении к **USB** порту компьютера. Только после успешного завершения программы *LComp.exe* можно осуществлять аппаратное подключение модуля к компьютеру с помощью прилагаемого стандартного **USB** кабеля. При этом система

*Windows* должна произвести так называемую процедуру *эnumерации USB* устройства, о чём написано в следующем пункте данного руководства.

### 3.4.3. Обнаружение модуля

Как уже говорилось выше, операционная система *Windows* должна произвести так называемую процедуру *эnumерации* ('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 *эnumерации USB* индикатор модуля (красный светодиод, расположенный рядом с **USB** разъёмом) должен непрерывно мигать, а по окончании постоянно загореться 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 "*E14-140*", как это, например, показано на рисунке ниже:



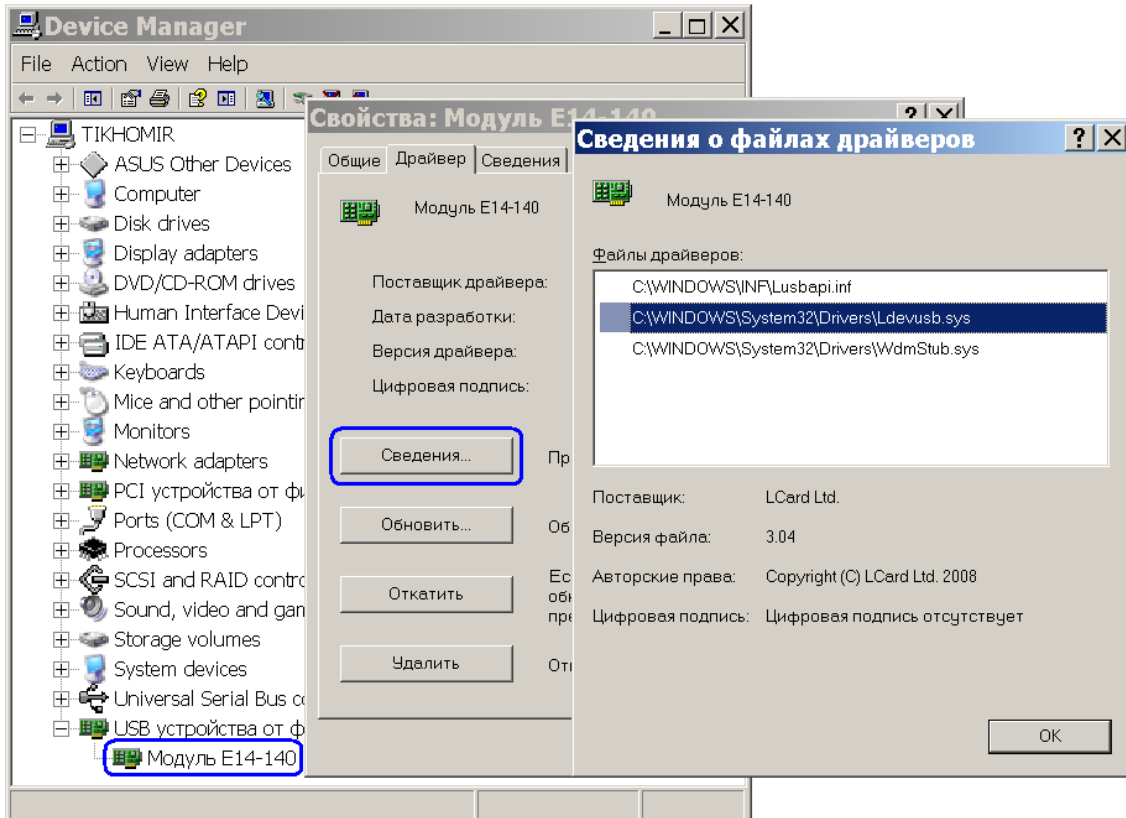
При дальнейшей работе с модулем **E14-140(-M)** операционная система уже будет знать, где находится драйвер для данного типа устройства, и будет подгружать его автоматически по мере необходимости при подключении изделия к компьютеру.

### 3.4.4. Различия в USB драйверах библиотеки *Lusbapi*

Начиная с версии **3.2**, в библиотеке *Lusbapi* изменился основной файл **USB** драйвера, теперь он называется **ldevusbu.sys** вместо бывшего ранее **ldevusb.sys**. Т.о. тем пользователям, на компьютерах которых ранее уже были установлены **USB** драйвера от библиотеки *Lusbapi* версии **3.1** или ниже, при переходе на более новую библиотеку придётся быть очень внимательным, т.к. необходимо будет переключить модуль **E14-140(-M)** на работу с новыми **USB** драйверами. Для этого пользователю следует выполнить ряд стандартных действий, используя "*Device Manager*" ("*Диспетчер устройств*").

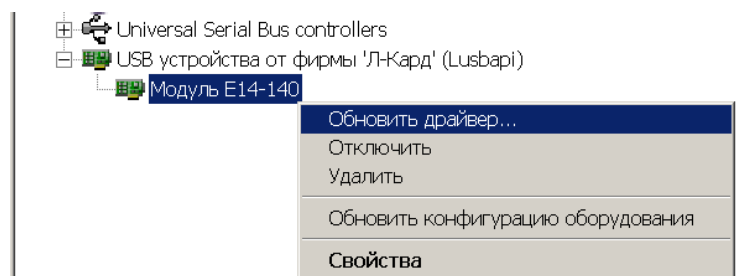


Для начала можно убедиться, что подключенный к компьютеру модуль E14-140(-M) работает со старым USB драйвером **Ldevusb.sys**. Это делается путём



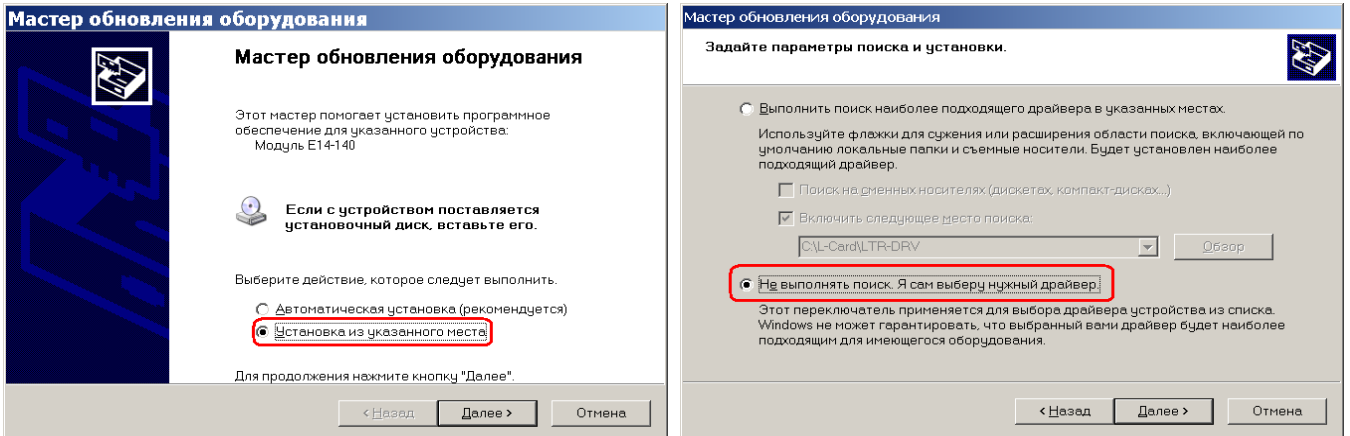
нахождения в “*Device Manager*” (“*Диспетчере устройств*”) устройства “E14-140” и последующего вызова панели с его свойствами. Далее на этой панели переходим на закладку “*Driver*” (“*Драйвер*”), на которой щелкаем по кнопочке “*Driver Details...*” (“*Сведения...*”). При этом должна появиться панель со списком всех драйверов, которые задействованы для выбранного устройства. В нашем случае в этом списке должен присутствовать драйвер **Ldevusb.sys**. Это означает, что для работы с модулем E14-140(-M) используется USB драйвера от библиотеки *Lusbapi* версии **3.1** или ниже.

Для перехода на новый USB драйвер (от библиотеки *Lusbapi* версии **3.2** или выше) следует выполнить, например, следующие шаги. В “*Device Manager*” (“*Диспетчере устройств*”) выбрать то же устройство “E14-140”, о котором говорилось в предыдущем абзаце, и с помощью щелчка правой кнопки мышки вызвать всплывающее меню. В результате всех этих действий должна получиться примерно следующая картина:

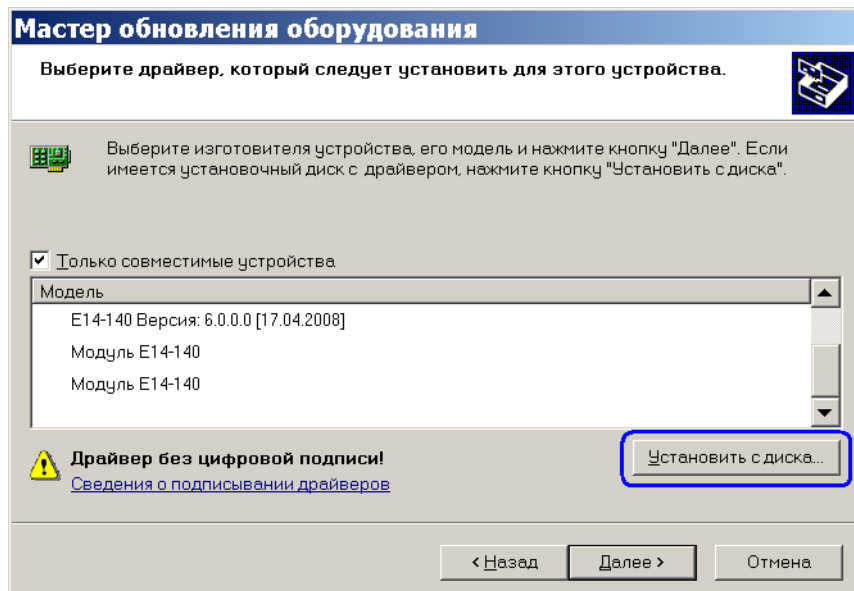




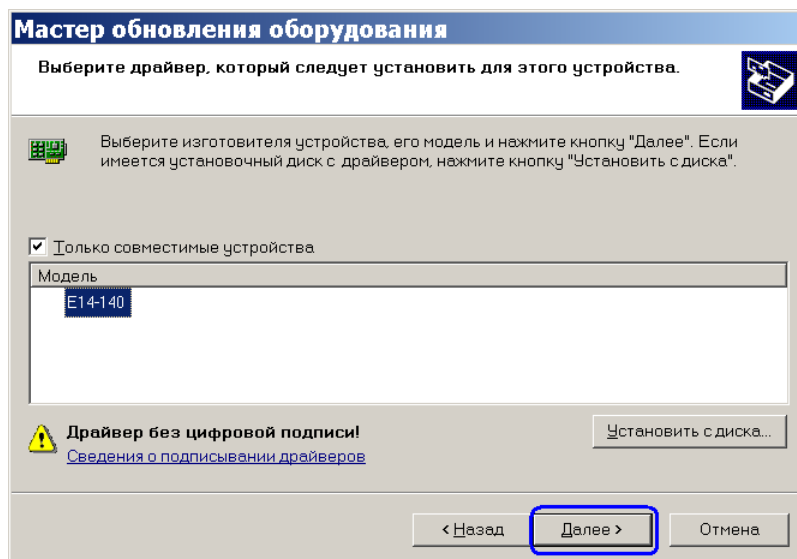
Далее следует с помощью щелчка левой кнопки мыши активировать пункт обновления драйвера. При этом в зависимости от настроек *Windows* возможны появления несущественных в данном случае информационных панелей типа предупреждения об отсутствии цифровой подписи драйвера и предложения поиска драйверов в Интернете. После этого переходим к стандартным информационным панелям “*Hardware Update Wizard*” (“*Мастера обновления оборудования*”), на которых следует указать варианты выбора, приведённые на рисунках ниже, и нажать кнопку “*Next*” (“*Далее*”):



После этого должна появиться следующая панель, на которой следует просто нажать кнопку “*Have Disk...*” (“*Установить с диска...*”):



При этом в появившемся диалоговом окне “*Install From Disk*” (“Установка с диска”) необходимо указать *inf*-файл `\USB\Lusbapi\DRV\Lusbapi.inf` с нашего фирменного CD-ROM и нажать кнопку “OK”. После чего, вернувшись на предыдущую панель, привычно нажать кнопку “Next” (“Далее”):

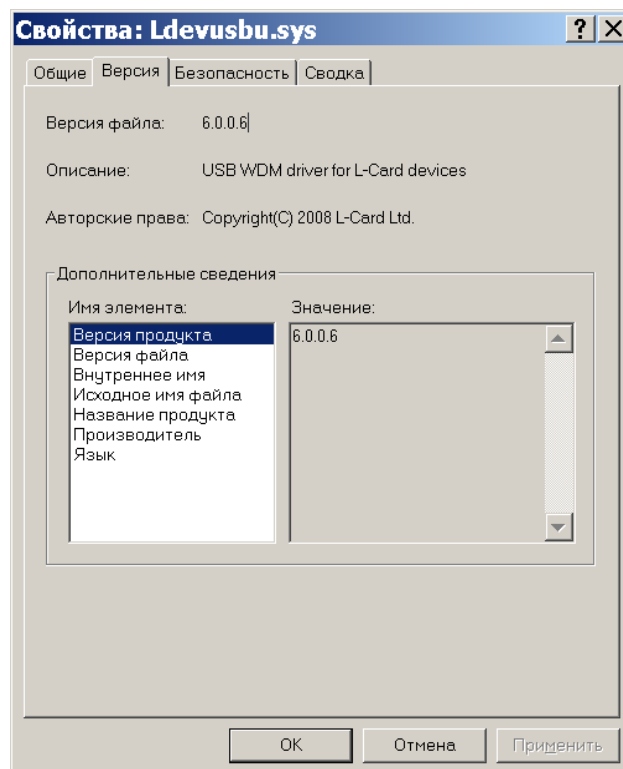


Теперь осталось только довести дело до конца, т.е. добиться от *Windows* заверений в том, что установка драйверов для **E14-140(-M)** успешно завершена и устройство полностью готово к дальнейшей работе.

В принципе для работы с модулем **E14-140(-M)** на целевом компьютере могут быть одновременно установлены **USB** драйверы как от старых (версии **3.1** или ниже), так и от новых (версии **3.2** или выше) библиотек *Lusbapi*. Весь вопрос лишь в том, **USB** драйвер от какой именно библиотеки будет избран операционной системой при подключении модуля к PC. Прояснить эту ситуацию и определиться с используемым (*активным*) **USB** драйвером можно, заглянув в “*Device Manager*” (“Диспетчер устройств”), как это указывалось в начале данного параграфа. Используя штатные средства “*Device Manager*” (“Диспетчера устройств”), можно достаточно легко переключаться между обоими **USB** драйверами, т.е. по своему усмотрению делать активными именно те драйвера, которые необходимы для текущей работы с модулем.

### 3.4.5. Вопрос обновления драйвера для E14-140-M

Одним из основных нововведений модуля **E14-140-M** является возможность потокового вывода данных на ЦАП. Для организации корректной работы потокового ЦАП необходимо наличие в системной директории *Windows* (%SystemRoot%\system32\drivers) драйвера **Ldevusbu.sys** версии не ниже 6.0.0.6, как это показано на рисунке ниже:



Использование новых возможностей **E14-140-M** (потокового вывода на ЦАП) со старыми драйверами, скорее всего, приведёт к полному краху операционной системы вплоть до появления “синего экрана смерти” (BSOD – Blue Screen Of Death).

Но ситуация BSOD возникнуть не должна при использовании старого ПО (где не было потокового вывода) и старого драйвера для **E14-140-M**.

## Глава 4. Обзор аппаратной части и принципы работы

В этой главе сначала приводится краткое описание аппаратной части, которое дает общее представление о принципах работы **E14-140(-M)**, затем приводится детализация функциональных особенностей. Данная глава не включает низкоуровневое описание аппаратуры, но вполне достаточна для понимания эксплуатационных свойств изделия. Здесь Вы также найдёте более подробные сведения об отличиях **E14-140-M** от **E14-140**, перечисленных в [табл. 2-1](#) и [табл. 2-2](#).

### 4.1. Функциональная схема

На [рис. 4-1](#) представлены функциональные схемы.

#### Функциональная схема E14-140:

- Микроконтроллер AVR типа **AtMega8515**, этот контроллер осуществляет внутреннее управление **E14-140**.
- USB-device PDIUSB12D – **низкоуровневый контроллер USB** – управляется от AVR.
- **Коммутатор**, предназначенный для аналоговой коммутации сигналов с **аналоговых входов** (находящихся на разъеме ANALOG) на вход усилителя под управлением AVR.
- **Усилитель**, имеющий 4 градации коэффициента усиления, управляется от AVR.
- **АЦП LTC1416** – 14-ти битный АЦП последовательного приближения, с широкими возможностями программной настройки режима старта АЦП: с использованием **входа прерывания** (на разъеме ANALOG) или **входа-выхода синхронизации** (на разъеме DIGITAL).
- **Буфер АЦП**, хранящий один 14 битный отсчет АЦП в формате 8+8 бит с расширенным знаком дополнительного кода.
- **ОЗУ 32 КВ**, используемое AVR для буферизации данных АЦП.
- **ПЛИС**, формирующая внутренние управляющие сигналы.
- **Двухканальный ЦАП 12 бит** (опция), получающий данные по интерфейсу SPI AVR. ЦАП имеет выходы на разъеме ANALOG.
- **Регистр цифровых входов**, параллельно стробирующий 16 линий данных с цифровых входов (на разъеме DIGITAL) и последовательнодвигающий данные в AVR по интерфейсу SPI.
- Два байтовых **регистра цифровых выходов**, позволяющих управлять 16-ю выходными цифровыми линиями (на разъеме DIGITAL). *Важно отметить, что строгая синхронность переключения выходных сигналов будет соблюдаться только в пределах каждого из байтов - другими словами, контроллер записывает сначала младший байт, потом старший.*
- **Преобразователь напряжения  $\pm 15$  В** используется для питания входных аналоговых узлов **E14-140**, на функциональной схеме он не показан. Преобразователь имеет плавный старт при включении, защиту по току и может быть отключен в режиме низкого электропотребления. Выходы питания присутствуют на разъеме DIGITAL.

Функциональная схема E14-140-M содержит:

- ARM-контроллер типа **AT91SAM7S256<sup>9</sup>**, он осуществляет не только внутреннее управление **E14-140-M**, но и поддерживает интерфейс USB, а также отладочный интерфейс JTAG.
- **Коммутатор**, предназначенный для аналоговой коммутации сигналов с **аналоговых входов** (находящихся на разъеме ANALOG) на вход усилителя под управлением ARM-контроллера (аналогично **E14-140**).
- **Усилитель**, имеющий 4 градации коэффициента усиления, управляется от AVR (аналогично **E14-140**).
- **АЦП LTC1416** – 14-ти битный АЦП последовательного приближения, с широким возможностями программной настройки режима старта АЦП: с использованием **входа прерывания** (на разъеме ANALOG) или **входа-выхода синхронизации** (на разъеме DIGITAL) – аналогично **E14-140**. В **E14-140-M** максимальная частота преобразования АЦП увеличена до 200 кГц.
- **Буфер АЦП**, хранящий один 14 битный отсчет АЦП в формате 8+8 бит с расширенным знаком дополнительного кода – аналогично **E14-140**.
- **ПЛИС**, осуществляющая внутреннюю логику управления. В отличие от **E14-140**, в **E14-140-M** ПЛИС осуществляет расширенный набор функций. Кроме того, вся периферия контроллера, относящаяся к сбору-выдаче данных (АЦП, ЦАП, цифровой ввод-вывод, синхролинии), подключена не напрямую к ARM-контроллеру, а через ПЛИС. По своей функции ПЛИС выполняет роль подчинённого устройства (по отношению к ARM-контроллеру), согласующего логику работы периферийных портов ARM-контроллера с узлами сбора-выдачи данных **E14-140-M**.
- **EEPROM** – энергонезависимая память объёмом 1 Кбайт типа M95080.
- Двухканальный **ЦАП 16 бит** (опция). По сравнению с **E14-140**, данный ЦАП может работать не только в асинхронном, но и в синхронном режиме (до 200 кГц); этот ЦАП имеет также больший рабочий выходной ток и нормированные характеристики при воспроизведении переменного напряжения.
- **Регистр цифровых входов**, параллельно стробирующий 16 линий данных с цифровых входов (на разъеме DIGITAL) – аналогично **E14-140**.
- **Регистр цифровых выходов**, позволяющих синхронно управлять 16-ю выходными цифровыми линиями (на разъеме DIGITAL). Заметим, что в **E14-140** синхронность обеспечивалась только в пределах байта.

**Кварцевый генератор**, синхронизирующий ПЛИС. Частоты преобразований АЦП/ЦАП синхронизированы относительно этого кварцевого генератора (в отличие от этого, в **E14-140** стабильность частоты АЦП определялась стабильностью кварцевого резонатора контроллера AVR). Данные по стабильностям частот преобразований приведены в приложении **A.3**. Отметим особо, что делители частоты у ЦАП и АЦП разные (и с независимым управлением).

---

<sup>9</sup> Предприятие-изготовитель по своему усмотрению вправе укомплектовать изделие микроконтроллером AT91SAM7S256 или AT91SAM7S512, не внося каких-либо отличий во внешнюю маркировку изделия. Данная замена является программно совместимой.

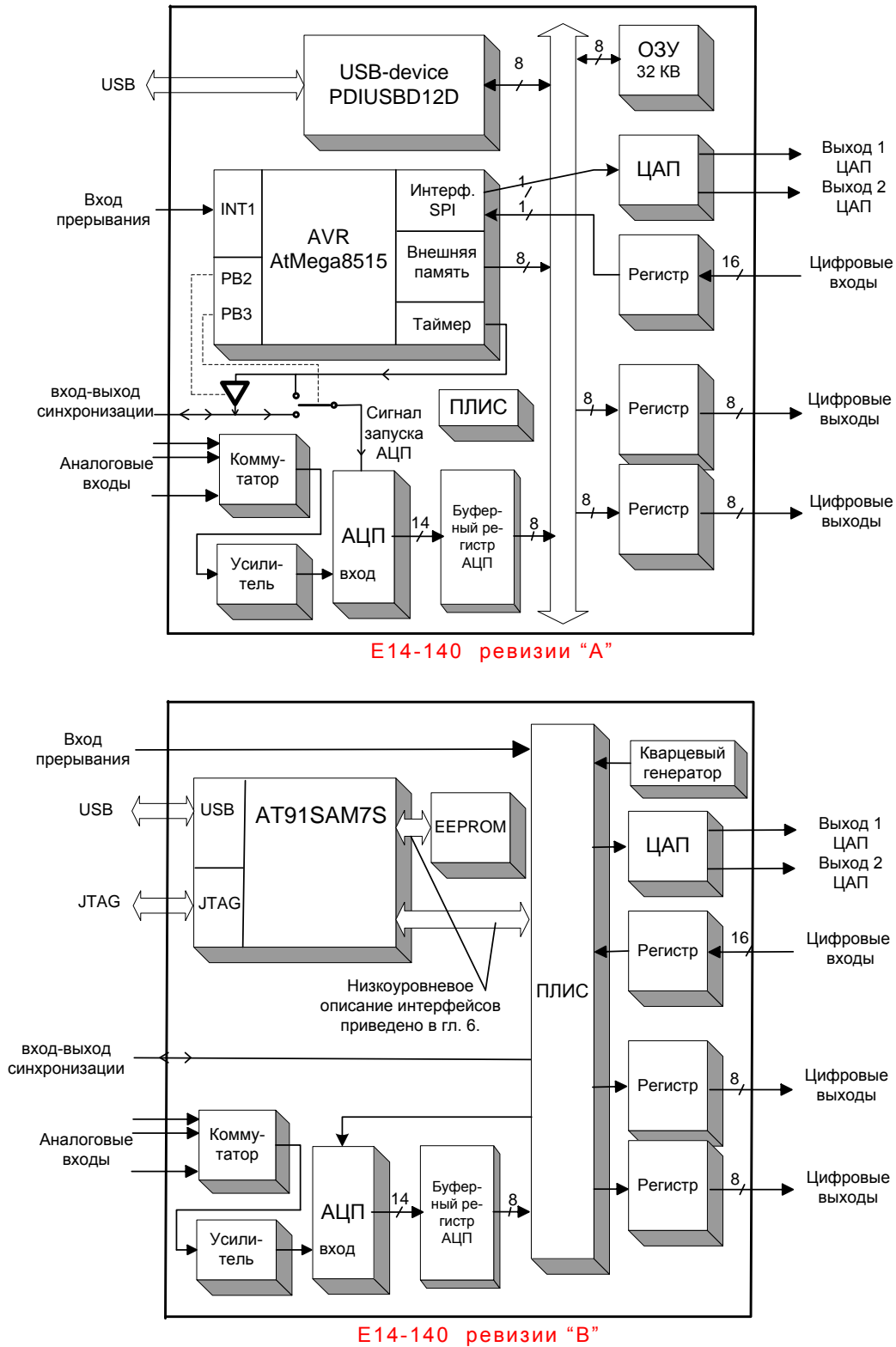


Рис. 4-1: Функциональные схемы

- **Преобразователь напряжения**  $\pm 15$  В. Это внутренний источник питания входных аналоговых узлов **E14-140-M**, на функциональной схеме он не показан. Источник имеет плавный старт при включении, защиту по току и может быть отключен в режиме низкого электропотребления. Выходы питания присутствуют на разъеме DIGITAL – аналогично **E14-140**.

В **E14-140(-M)** режимы работы аналогового тракта, диапазоны измерения АЦП, количество опрашиваемых каналов и последовательность их опроса, тип и источник синхронизации, источник тактовых импульсов АЦП, частота преобразования (и многое другое) являются **программно конфигурируемыми** (см. [1]).

Рассмотрим далее подробнее узлы модулей **E14-140(-M)**, входящие в функциональную схему.

## 4.2. Узлы модуля

### 4.2.1. Входной аналоговый тракт

Входной аналоговый тракт АЦП, состоящий из управляемых *коммутатора и усилителя*, выполняет функцию входной коммутации каналов и поканальной установки коэффициента усиления. Программируемая входная коммутация позволяет гибко настроить **E14-140(-M)** на необходимый режим входной коммутации, определяемый способом подключения входных сигналов:

- Дифференциальный режим коммутации от 1 до 16 каналов.
- Однофазный (с общей землёй) режим коммутации от 1 до 32 каналов.
- Подача внутреннего нуля на вход усилителя<sup>10</sup>.

В первом режиме при коммутации более одного канала, согласно классификации, приведенной в [6], аналоговый вход **E14-140(-M)** относится к *дифференциальному входу с динамической коммутацией каналов*, а при фиксированной коммутации на один канал – к обычному варианту *дифференциального входа*.

Во втором режиме аналоговый вход **E14-140(-M)** относится к *псевдодифференциальному входу*.

Переключаясь из первого или второго режима в третий, коммутатор позволяет подать на вход усилителя нулевое напряжение и измерить фактическое входное напряжение смещения нуля одноканального усилителя. Это позволяет компенсировать смещение нуля на этапе обработки данных в РС в случае, когда оно существенно для данной задачи. В третьем режиме коммутатор отключает входные сигнальные цепи всех каналов.

*Калибровочные коэффициенты*, хранящиеся в Flash-памяти контроллера AVR (**E14-140**) или в EEPROM (**E14-140-M**), позволяют учесть<sup>11</sup> не только смещение нуля, но и ошибки шкалы (коэффициента усиления) аналогового тракта на каждом диапазоне.

Количество опрашиваемых входных физических каналов может быть гибко настроено от 1 до 16 дифференциальных и до 32 однофазных каналов. Соответственно, *частота запуска АЦП делится между опрашиваемыми каналами* в соответствии с их количеством и порядком (кратностью) опроса – см. понятие *Логический канал* в [1].

<sup>10</sup> Для измерения его собственного смещения нуля.

<sup>11</sup> В пользовательской программе РС.

Программно каждому логическому каналу может быть сопоставлен конкретный физический вход, имеющий индивидуальные настройки:

- режим коммутации;
- индивидуальный коэффициент передачи аналогового тракта, соответствующий четырем поддиапазнам входных напряжений **E14-140(-M)**.

#### 4.2.2. АЦП

**E14-140(-M)** содержит одноканальный 14 битный АЦП последовательного приближения, оцифровывающий каждый отсчет по сигналу старта преобразования. Код оцифрованного отсчета (через время порядка 2 мкс относительно сигнала запуска АЦП) оказывается в буфере АЦП, откуда по возникшему вследствие этого прерыванию<sup>12</sup> INT2, считывается AVR (**E14-140**) или ARM-контроллером через логику ПЛИС **E14-140-M**.

Независимо от режима работы входного аналогового тракта и режима аттенюации, микросхема АЦП работает в двуполярном режиме и выдает 14-ти битные значения в дополнительном коде. В свою очередь, аппаратура модуля производит дополнение 14-ти битных значений до 16-ти битных путем расширения знака дополнительного кода; это значение (код -32768 ... +32767), как отчет АЦП, выдается в РС пользователю [1].

Подробные программные сведения о настройках и режимах сбора данных с АЦП приводятся в [1].

##### 4.2.2.1. Синхронизация преобразований АЦП

Табл. 4-1. Режимы синхронизации АЦП

Режим синхронизации АЦП	Модуль	Функциональное описание режима
Внутренняя синхронизация	<b>E14-140</b>	Сигнал запуска АЦП (рис. 4-1) программно скоммутирован на выход таймера AVR. Линия синхронизации SYN (табл. 5-2) находится 3-ем состоянии
	<b>E14-140-M</b>	Частота запуска АЦП определяется делителем частоты в ПЛИС. Сетка частот расширена до 200 кГц. Линия синхронизации SYN (табл. 5-2) находится в 3-ем состоянии
Внутренняя синхронизация, ведущий модуль по фронту сигнала SYN	<b>E14-140</b>	Сигнал запуска АЦП (см. рис. 4-1) программно скоммутирован на выход таймера AVR. Этот же сигнал запуска подаётся на линию SYN (табл. 5-2), сконфигурированную на выход. <i>Однократный одноканальный ввод не поддерживается</i>
	<b>E14-140-M</b>	Частота запуска АЦП определяется делителем частоты в ПЛИС. Сигнал запуска АЦП подаётся также на линию SYN (табл. 5-2), сконфигурированную на выход. <i>Однократный одноканальный ввод не поддерживается</i>

<sup>12</sup> На функциональной схеме (Рис. 4-1) не показано.



Режим синхронизации АЦП	Модуль	Функциональное описание режима
Внутренняя синхронизация, ведущий модуль по фронту сигнала SYN при однократном одноканальном вводе	<b>E14-140-M</b> (* )	Только в <b>E14-140-M</b> . Сигнал запуска АЦП подаётся также на линию SYN (табл. 5-2), сконфигурированную на выход
Внешняя синхронизация, ведомый модуль по фронту сигнала SYN	<b>E14-140</b> <b>E14-140-M</b>	Сигнал запуска АЦП (рис. 4-1) приходит с линии синхронизации SYN, сконфигурированной на вход. Это чисто аппаратный запуск АЦП от внешней ведущей системы, возможно, от ведущего модуля <b>E14-140</b> . Запуск АЦП происходит по фронту сигнала SYN
Внешняя синхронизация, ведомый модуль по спаду сигнала SYN	<b>E14-140-M</b> (* )	Аналогично, но запуск АЦП происходит по спаду сигнала SYN

Примечание:

(\* ) – режим является несовместимым по API-библиотечным функциям с **E14-140**.

#### 4.2.2.2. Синхронизация старта процесса сбора данных АЦП

Подразумевается, что установка любого перечисленного ниже режима старта процесса сбора данных может быть сделана в любом сочетании с установленным режимом синхронизации (§ 4.2.2.1), если это не оговорено отдельно.

Табл. 4-2. Режимы старта сбора данных АЦП

Режим старта сбора данных АЦП	Модуль	Функциональное описание режима, примечания
Программный старт потокового ввода	<b>E14-140</b> <b>E14-140-M</b>	Старт потокового сбора данных происходит по программному старту с верхнего программного уровня
Старт потокового ввода по спаду сигнала INT	<b>E14-140</b>	На сигнал INT реагирует контроллер AVR
	<b>E14-140-M</b>	Аппаратная реакция на сигнал INT посредством ПЛИС
Старт потокового ввода по фронту сигнала INT	<b>E14-140-M</b> (* )	Только в <b>E14-140-M</b> . Аппаратная реакция на сигнал INT посредством ПЛИС

Режим старта сбора данных АЦП	Модуль	Функциональное описание режима, примечания
Старт потокового ввода по уровню или переходу сигнала через уровень в выбранном канале (аналоговая синхронизация)	<b>E14-140</b> <b>E14-140-M</b>	Это 4 варианта режимов (по фронту, спаду, по сигналу выше или ниже уровня), при которых выполняется старт потока ввода при выполнении аналогового условия в выбранном канале. Важно отметить следующие особенности: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Эти условия относятся только к старту сбора данных, остановка сбора данных должна быть программной.</li> <li>• Физический номер канала АЦП, по которому производится аналоговая синхронизация, не зависит от того, участвует ли этот номер канала в кадре<sup>13</sup> сбора данных.</li> <li>• В <b>E14-140</b> анализ данных канала аналоговой синхронизации производит контроллер AVR, а в <b>E14-140-M</b> эту функцию выполняет ПЛИС (что кардинально повысило стабильность этого режима синхронизации)</li> </ul>
Покадровый ввод по спаду сигнала на входе INT.	<b>E14-140</b> <b>E14-140-M</b>	В <b>E14-140</b> реакция на сигнал INT программная со стороны контроллера AVR, а в <b>E14-140-M</b> эта функция реализована аппаратно посредством ПЛИС
Покадровый ввод по фронту сигнала на входе INT	<b>E14-140-M</b> (* )	Только в <b>E14-140-M</b> . Эта функция поддерживается аппаратно посредством ПЛИС
Покадровый ввод по уровню или переходу сигнала через уровень в выбранном канале	<b>E14-140-M</b> (* )	Только в <b>E14-140-M</b> . Эта функция поддерживается аппаратно посредством ПЛИС
Однократный ввод кадра с программным стартом	<b>E14-140</b>	Поддерживается до 32 логических каналов в кадре
	<b>E14-140-M</b>	Поддерживается до 128 логических каналов в кадре
Однократный ввод кадра по фронту или спаду сигнала INT	<b>E14-140-M</b> (* )	Только в <b>E14-140-M</b> . Эта функция поддерживается аппаратно посредством ПЛИС
Однократный ввод кадра отсчетов АЦП со стартом по уровню или фронту аналогового сигнала в одном из каналов	<b>E14-140-M</b> (* )	Только в <b>E14-140-M</b> . Эта функция поддерживается аппаратно посредством ПЛИС

Примечание:

(\* ) – режим является несовместимым по API-библиотечным функциям с **E14-140**.

<sup>13</sup> Понятие кадра сбора данных разъяснено в [\[1\]](#).

### 4.2.2.3. *Корректировка показаний (калибровка)*

Модуль **E14-140(-M)** поставляется с калибровками, записанными на предприятии-изготовителе. Соответствующие калибровочные коэффициенты (а также серийный номер изделия и другая дополнительная информация) записаны в энергонезависимой памяти **E14-140(-M)**.



Штатное ПО модуля **E14-140(-M)** *не производит* коррекцию данных АЦП. Коррекция данных должна выполняться в программе пользователя в соответствии с калибровочными коэффициентами, записанными в энергонезависимую память **E14-140(-M)** (соответствующие библиотечные функции предоставляются).

### 4.2.3. ЦАП

В модуле **E14-140** применён 12-битный 2-х канальный ЦАП с относительно слаботочковым выходом (до 1 мА в рабочем режиме), который может быть применён только для задач асинхронного воспроизведения напряжений. В модуле **E14-140-M** возможности ЦАП расширены: увеличена разрядность до 16-ти бит, увеличен рабочий выходной ток, добавлена возможность вывода в синхронном режиме (до 200 кГц на канал), позволяющая воспроизводить переменное напряжение.

Следует учитывать следующие функциональные особенности ЦАП:

1. В модуле **E14-140-M** аппаратура позволяет выводить данные только на оба канала ЦАП, при этом, одноканальный асинхронный режим **E14-140** эмулируется.
2. При приближении к границам диапазона  $\pm 5$  В выходных напряжений ЦАП его нелинейность возрастает (при сохранении монотонности преобразования). Для задач, где важное значение имеет высокая линейность преобразования, рекомендуется использовать выходной диапазон сигнала  $\pm 4,5$  В.

## 4.3. Режим низкого энергопотребления

Модуль **E14-140(-M)** предусматривает возможность переключения в экономный режим электропотребления (характеристики приведены в приложении [A.6](#)), при котором работа модуля приостанавливается и отключается источник питания аналоговой части, за счет чего существенно снижается мощность, потребляемая от порта USB. Данный режим может быть удобен при использовании модуля в системах с батарейным питанием.

Следует учитывать, что при переходе в режим низкого энергопотребления:

- Отключается источник питания внешних аналоговых устройств (выходы  $\pm 15$  В), но не отключается выход питания +5 В.
- Цифровые линии DO переходят в Z-состояние.
- Уменьшаются предельно допустимые электрические параметры сигнальных линий модуля (§ 5.4.2.1). Поэтому в **E14-140(-M)** управление режимом низкого энергопотребления осуществляется не по состоянию SUSPEND шины USB, а с помощью отдельной функции, доступной программисту, через API программной библиотеки ([\[1\]](#)).

Переход в режим низкого энергопотребления не по состоянию SUSPEND шины USB, а через API-функцию сделано потому, что состояние SUSPEND может быть инициировано USB-контроллером (операционной системой) в момент, не очевидный пользователю, в том числе при подключенных входных сигналах большой амплитуды, что может привести к превышению предельно допустимых режимов (§ 5.4.2.1, § 5.4.2.2).

Следует также учесть, что некоторые контроллеры USB могут принудительно ограничивать потребляемый устройством ток в состоянии SUSPEND порта USB. Это приведет к полному отключению питания модуля **E14-140(-M)** (и отключению USB-устройства), поскольку ток потребления этого устройства заведомо больше 2,5 мА, оговоренный в стандарте USB для режима SUSPEND (характеристики сигнальных линий в этом состоянии приведены в § 5.4.2.2).

## Глава 5. Подключение сигналов

Эта глава разъясняет назначение входных и выходных сигналов на разъемах *ANALOG*, *DIGITAL* модуля **E14-140(-M)**, характеристики и способы подключения этих сигналов.

### 5.1. Общие сведения

Подключение сигналов и распайка разъемов возлагаются на пользователя системы. Кабельные части разъемов для подключения сигналов содержатся в комплекте поставки – см. § 2.5. Дополнительно можно приобрести плату клеммников для уменьшения трудозатрат *пробного* монтажа схем при подаче сигналов на входы модуля – см. § 2.5.3.

**Монтаж сигнальных цепей с подключением источников сигнала, датчиков и т.п. к модулю E14-140(-M) должен осуществлять специалист соответствующей квалификации.**



При отключенном интерфейсе USB (выключен USB-хаб или сам PC), а также в режиме низкого электропотребления **E14-140(-M)** уменьшаются предельно допустимые входные напряжения и выходные токи модуля по сравнению с его обычным рабочим режимом. Предельно допустимые режимы приведены в § 5.4.

Соединения, значения уровней токов и напряжений которых превышают предельно допустимые значения, влекут за собой ухудшение параметров модуля **E14-140(-M)** или выход из строя PC, модуля или подсоединенного оборудования. **L-CARD не несет ответственности за ущерб, причиненный неграмотным 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* [6]. Обратите также ваше внимание на следующие литературные источники: [14], [15], [16], [17], [20], [21], [22], [23], [24] и [25].

### 5.2. Специфика модуля

В этот раздел вынесены отдельные важные особенности подключения к модулю **E14-140(-M)** внешних цепей.

#### 5.2.1. Нагрузочная способность

Следует учитывать, что максимальный ток потребления USB-модуля, в соответствии со стандартом USB [18], не должен превышать 0.5 А по цепи +5 В. Не рекомендуется снимать с **E14-140(-M)** более 0.7...1 Вт суммарной мощности по всем выходным цепям (выходы ЦАП, цифровые выходы, выходы +5 В и ±15 В).

## 5.2.2. Многомодульные соединения

В многомодульных конфигурациях, собранных из **E14-140(-M)** и E14-440, 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 РС или разные USB-хабы от индивидуальных источников питания, то эти РС 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 **E14-140(-M)** 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 **E14-140(-M)**, электрически связаны между собой (внутри **E14-140(-M)**), а также с общим проводом USB и корпусом РС. При подключении **E14-140(-M)** к внешним цепям следует помнить, что наиболее грамотное подключение **E14-140(-M)** – это то, которое не приводит к протеканию сквозных токов по цепям **GND - AGND**, **GND - корпус РС** или **AGND-GND – корпус РС**<sup>14</sup>.*



Наличие вышеуказанных сквозных токов может ухудшить соотношение сигнал-шум в каналах **E14-140(-M)**, вызвать неустойчивую работу USB, а при сквозном токе более 200 мА вызвать неисправность **E14-140(-M)** или USB-хаба.

Общие рекомендации по подключению измерительных приборов Вы можете найти в статье [\[6\]](#).

---

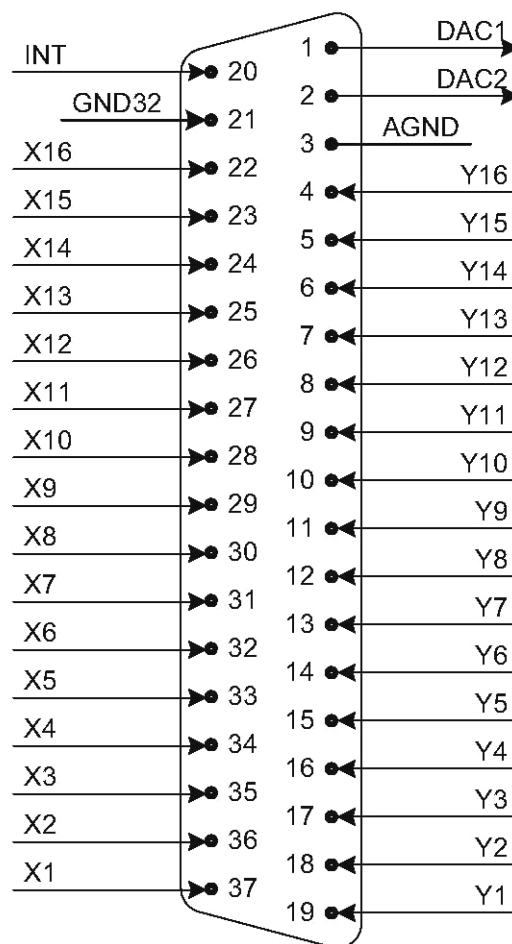
<sup>14</sup> Заметьте, что токи, снятые с **E14-140** по цепям **+5 В-GND** и **±15 В-AGND**, не вызовут подобных сквозных токов, если цифровой ток питания взят относительно GND, а аналоговый - относительно AGND

## 5.3. Внешние разъемы

В настоящем разделе приводятся подробные описания разъемов **E14-140(-M)** 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.*

### 5.3.1. Аналоговый вход-выход



*Рис. 5-1: Разъем ANALOG.*

Тип разъема в модуле **E14-140(-M)**: DRB-37M, кабельная часть разъема – DB-37F.

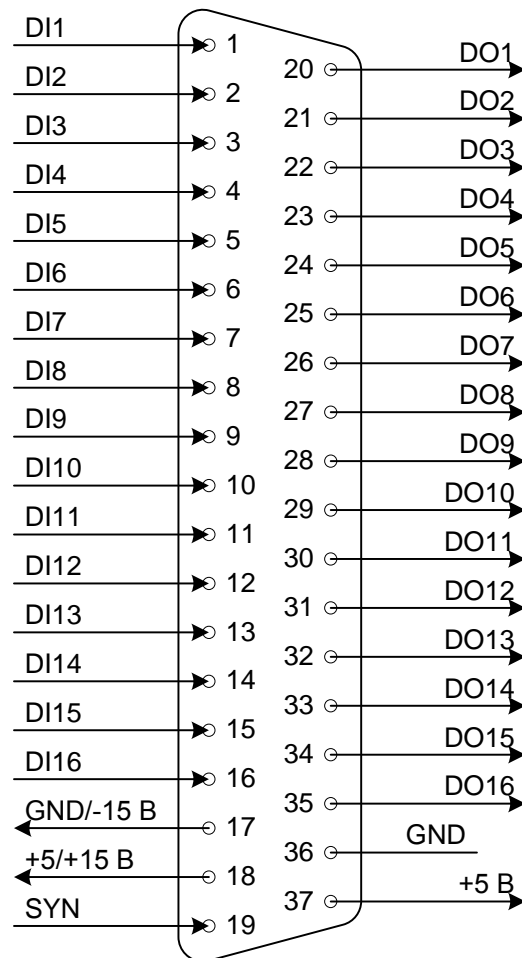
Табл. 5-1: Назначение сигналов разъема ANALOG

Имя сигнала	Общая точка	Направление	Описание
DAC<1...2> <sup>15 16</sup>	AGND	Выход	Выход канала 1...2 ЦАП: выход напряжения - 5...+5 В
AGND	—	—	Аналоговая земля
GND32	AGND	Вход	<ul style="list-style-type: none"> <li>В однофазном режиме: общий инвертирующий вход каналов 1...32.</li> <li>Для всех режимов должен быть подключен к AGND (в дифференциальном режиме – для увеличения помехозащищенности).</li> <li>Для всех режимов рабочий диапазон напряжений <math>\pm 10</math> В</li> </ul>
X<1...16>	AGND	Вход	<ul style="list-style-type: none"> <li>Неинвертирующий вход напряжения каналов 1...16 для дифференциального и однофазного режимов.</li> <li>Рабочий диапазон напряжения: <math>\pm 10</math> В.</li> <li>Неиспользуемые входы X&lt;1...16&gt; рекомендуется подключать к AGND</li> </ul>
Y<1...16>	AGND	Вход	<ul style="list-style-type: none"> <li>Инвертирующий вход напряжения каналов 1...16 для дифференциального режима.</li> <li>Вход каналов 17...32 для однофазного режима.</li> <li>Рабочий диапазон напряжения: <math>\pm 10</math> В.</li> <li>Неиспользуемые входы Y&lt;1...16&gt; рекомендуется подключать к AGND</li> </ul>
INT	GND	Вход	<p>Вход синхронизации процесса сбора данных. Совместим с выходным логическим уровнем TTL/CMOS-элементов с напряжением питания +5 В. Вход имеет “резисторную подтяжку” 3,3 кОм к высокому логическому уровню.</p> <p>В <b>E14-140-M</b> специально не оговаривается минимальная скорость нарастания перепада сигнала на входе INT, поскольку присутствует триггер Шмитта</p>

<sup>15</sup> см. § 5.2.1<sup>16</sup> состояние после включения: 0 В



## 5.3.2. Цифровой вход-выход



*Рис. 5-2: Разъем DIGITAL*

Тип разъема в модуле **E14-140(-M)**: DRB-37F, кабельная часть разъема – DB-37M. Вопрос конфигурации цепей на соответствующую функцию рассмотрен в [§ 2.4.1](#).

Табл. 5-2: Назначение сигналов разъема *DIGITAL*

Имя сигнала	Общая точка	Направление	Состояние после включения	Описание
DI<16...1>	GND	Вход	—	16-битный цифровой вход: DI1 – младший бит (0-ой), DI16 – старший бит (15-ый)
DO<16...1>	GND	Выход	Z-состояние	16-битный цифровой выход: DO16 – старший бит (15-ый), DO1 – младший бит (0-ой). <b>E14-140</b> – побайтовый вывод. <b>E14-140-M</b> – пословный вывод
GND	—	—	—	Цифровая земля <b>E14-140(-M)</b>
+5 В	GND	Выход	+4,75...+5,0 В	Выход +5 В питания внешних цепей для <b>E14-140(-M)</b> . Вход +5 В питания (только в <b>E14-140-M</b> , § 5.5.3)
+15 В	AGND	Выход	Плавное нарастание до +15 В	Выход +15 В питания внешних цепей
-15 В	AGND	Выход	Плавное падение до -15 В	Выход -15 В питания внешних цепей
SYN	GND	Вход-выход	Настроен на вход	Вход-выход синхронизации. При работе на вход присутствует функция триггера Шмитта

## 5.4. Характеристики входов и выходов сигнальных линий



Перед подключением модуля **E14-140(-M)** к Вашей системе необходимо строго учитывать параметры, приведенные в таблицах настоящего раздела. Обратите внимание, что предельно допустимые режимы внешних линий **E14-140(-M)** зависят от режима, в котором модуль находится (рабочий, низкого электропотребления или отключенном).

**Фирма-изготовитель не несет гарантийной ответственности при выходе E14-140(-M) 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.
- **DOZ** – цифровой выход с Z-состоянием.
- **DIO** – цифровой вход-выход.

### 5.4.1. Рабочий режим

Модуль **E14-140(-M)** в рабочем режиме имеет следующие характеристики входных и выходных сигнальных линий.

*Табл. 5-3: Характеристики входов и выходов сигнальных линий, рабочий режим*

Сигнал	Тип	Входной импеданс	Предельно допустимые условия на входе	Предельно допустимые условия на выходе	Резисторная подтяжка
DAC<1...2>	АО	—	—	Выходной ток <sup>17</sup> ±2 мА ( <b>E14-140</b> ), ±20 мА ( <b>E14-140-M</b> ), с учётом § 5.2.1	—
GND32, X<1...16>, Y<1...16>	AI	Не менее 10 МОм для одноканального режима. Сложный активно- ёмкостной для многоканального режима	±30 В относительно AGND (при воздействии на один вход). X<1...16>, Y<1...16>, GND32	—	—
INT, DI<1...16>	DI	3.3 кОм	-0.2...+5.2 В относительно GND	—	3.3 кОм отно- сительно +5 В
DO<1...16>	DOZ	—	—	±30 мА на каждый выход, с учётом § 5.2.1	—
SYN	DIO	Порядка 1 МОм при настройке на вход	-0.2.+5.2 В относительно GND	±30 мА при настройке на выход, с учётом § 5.2.1	—

Для *многоканального* режима входное сопротивление канала менее 1 МОм и носит сложный резистивно-ёмкостной характер из-за влияния перезарядки *входной динамической ёмкости входного коммутатора E14-140(-M)* в течение времени опроса одного канала, следовательно, оно сильно зависит от частоты АЦП. Время перезарядки ёмкости коммутатора, а следовательно, и межканальное прохождение зависит также от сопротивления источника сигнала и от установленного диапазона модуля **E14-140(-M)**.

Типичные значения межканального прохождения синусоидального сигнала 1 кГц в зависимости от диапазона, частоты запуска АЦП и внутреннего сопротивления источников сигналов 50 Ом, 5 кОм, 20 кОм приведены в соответствующих разделах Приложения А (см. § A.1.2).

<sup>17</sup> см. § 5.2.1.

## 5.4.2. Особые режимы

### 5.4.2.1. Вариант 1

Модуль **E14-140(-M)**, подключенный к USB, находящийся в режиме низкого электропотребления или в режиме защиты внутреннего источника питания  $\pm 15$  В, имеет следующие характеристики входных и выходных сигнальных линий.

**Табл. 5-4: Характеристики входов и выходов сигнальных линий, особый режим (1)**

Сигнал	Тип	Входной импеданс	Предельно допустимые условия на входе	Предельно допустимые условия на выходе	Резисторная подтяжка
DAC<1...2>	АО	—	—	Выходной ток $\pm 0.5$ мА	—
GND32, X<1...16>, Y<1...16>	AI	1 кОм	$\pm 16$ В относительно AGND. (рекомендуется не более $\pm 10$ В — см. § 5.4.2.3)	—	—
INT, DI<1...16>	DI	3.3 кОм	-0.2...+5.2 В относительно GND	—	3.3 кОм относительно +5 В
DO<1...16>	DOZ	—	—	$\pm 30$ мА на каждый выход	—
SYN	DIO	Порядка 1 МОм при настройке на вход	-0.2...+5.2 В относительно GND	$\pm 30$ мА при настройке на выход	—

В этом режиме внутренний преобразователь напряжения питания входного аналогового тракта отключен и, как следствие, импеданс входных аналоговых линий мал по сравнению с рабочим режимом. Выходы питания  $\pm 15$  В в этом режиме отключены, а выход +5 В (от цепи питания USB) остаётся активным.

### 5.4.2.2. Вариант 2

Если модуль **E14-140(-M)** отключен от USB или подключен, но USB-хаб аварийно отключил<sup>18</sup> питание +5 В, то в этих случаях **E14-140(-M)** обеспечивает следующие характеристики входных и выходных сигнальных линий.

<sup>18</sup>например, из-за превышения нагрузочной способности USB по току

**Табл. 5-5: Характеристики входов и выходов сигнальных линий, особый режим (2)**

Сигнал	Тип	Входной импеданс	Предельно допустимые условия на входе	Предельно допустимые условия на выходе	Резисторная подтяжка
DAC<1...2>	АО	—	—	Выходной ток $\pm 0.5$ мА	—
GND32, X<1...16>, Y<1...16>	AI	1 кОм	$\pm 16$ В относительно AGND (рекомендуется не более $\pm 10$ В — см. § 5.4.2.3)	—	—
INT, DI<1...16>	DI	Менее 3.3 кОм	$-0.2...+5.2$ В относительно GND, если ток менее 20 мА	—	—
DO<1...16>	DOZ	Менее 2 кОм	—	—	DO<1...16>
SYN	DIO	Менее 2 кОм	$-0.2...+5.2$ В относительно GND, если ток менее 20 мА	—	—

В этом режиме модуль **E14-140(-M)** полностью обесточен и импеданс аналоговых и цифровых линий мал по сравнению с рабочим режимом.

#### 5.4.2.3. Триггерный эффект на входных линиях X, Y, Y<1...16>, GND32

Если в момент перехода **E14-140(-M)** из выключенного во включенное состояние (из режима низкого энергопотребления во включенное состояние) на любом из входов GND32, X<1...16>, Y<1...16> относительно AGND присутствовало напряжение более 10 В положительной или отрицательной полярности, то в этом случае возможно возникновение триггерного эффекта во входном коммутаторе (рис. 4-1). Данный эффект выражается в том, что входные линии GND32, X<1...16>, Y<1...16> не переходят в рабочее высокоомное состояние при включении, а сохраняют низкоомное состояние (порядка 1 кОм), входной коммутатор не выполняет своих функций (сигнал в канал АЦП не проходит, а вместо сигнала оцифровывается постоянная составляющая). Подобный триггерный эффект не приведёт к выходу из строя **E14-140(-M)**, если не были превышены предельно допустимые условия на входах (табл. 5-4, табл. 5-5). Вернуть **E14-140(-M)** в нормальное рабочее состояние возможно только одним способом: отключить питание **E14-140(-M)** и включить снова, обеспечив на входах GND32, X<1...16>, Y<1...16> отсутствие потенциала более 10 В относительно AGND.

Итак, для исключения триггерного эффекта следует принять меры для недопущения возникновения потенциалов более 10 В на входах АЦП в выключенном или в низкопотребляющем режиме.

В том случае, когда условия возникновения триггерного эффекта не исключены и необходимы специальные ограничительные схемы на входах АЦП (или сами источники сигналов имеют соответствующий сигнал отключения), то в качестве аппаратного сигнала

нахождения **E14-140(-M)** в рабочем состоянии может быть использованы выходы “+15 В” и/или “-15 В”. Если на этих выходах нет штатных напряжений, то это может служить сигналом внешним ограничительным схемам (источникам сигналов) для ограничения напряжений на входах GND32, X<1...16>, Y<1...16> относительно AGND до диапазона  $\pm 10$  В. Конкретные технические решения этого вопроса могут быть разными для разных типов источников сигналов<sup>19</sup>.

## 5.5. Характеристика выходов внешнего питания

При снятии с **E14-140(-M)** токов для питания внешних устройств следует учитывать характеристики выходов внешнего питания.

Табл. 5-6: Характеристики выходов внешнего питания

Источник питания внешних цепей	$\pm 15$ В	+5 В
Максимальный выходной ток в режиме стабилизированного выходного напряжения <sup>20</sup>	2 – 13 мА	—
Максимальный выходной ток в режиме нестабилизированного выходного напряжения <sup>20</sup>	2...50 мА при внутреннем сопротивлении источника напряжения 2...65 Ом	100 мА
Защита по току	Внутренняя, на уровне около 60 мА	Определяется USB-HUB, к которому подключен <b>E14-140(-M)</b>
Максимальное время нахождения выхода в режиме короткого замыкания	1 минута	<b>Короткое замыкание выхода недопустимо!</b>

### 5.5.1. Использование выхода “ $\pm 15$ В”

При использовании выхода “ $\pm 15$  В” следует учитывать:

- При срабатывании защиты по току источника питания  $\pm 15$  В отключается также питание входных аналоговых цепей **E14-140(-M)**, что приводит к блокировке входных сигналов АЦП, при этом цифровая часть (интерфейс USB) продолжит работать.
- При срабатывании защиты по току источника питания  $\pm 15$  В уменьшаются предельно допустимые значения<sup>21</sup> входных напряжений.
- При потребляемых токах менее 13 мА по каждой их цепей  $\pm 15$  В источник питания **E14-140(-M)** сохраняет стабилизацию напряжения.
- При потребляемых токах более 13 мА по каждой их цепей  $\pm 15$  В источник питания **E14-140(-M)** становится нестабилизированным с внутренним сопротивлением около 65 Ом. В этом случае броски тока в нагрузочной цепи  $\pm 15$  В (а также на линиях питания

<sup>19</sup> Специалисты L-Card проконсультируют Вас по поводу конкретного случая подключения источников сигналов к **E14-140**, если Вы вышлете на [support@lcard.ru](mailto:support@lcard.ru) исчерпывающее техническое описание Вашего случая подключения с постановкой задачи.

<sup>20</sup> при снятии по цепи  $\pm 15$  В тока более 13 мА возможно ухудшение соотношения сигнал/шум в измерительных каналах АЦП **E14-140**

<sup>21</sup> см. § 5.4

USB) могут ухудшить соотношение сигнал/шум в каналах **E14-140(-M)**. Это вызвано тем, что выходная цепь  $\pm 15$  В модуля **E14-140(-M)** является общей для питания его аналогового тракта, поэтому пропадание стабилизации в этой цепи ухудшает характеристики самого модуля.

### 5.5.2. Использование выхода «+5 В»

Выходная цепь +5 В модуля **E14-140(-M)** является продолжением цепи +5 В интерфейса USB. Это накладывает определенные 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 E14-140(-M).** В противном случае короткие замыкания могут привести к поломке **E14-140(-M)** и выходу из строя используемого USB-порта.

- 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 5 В – это результат падения напряжения на кабеле USB.

### 5.5.3. Использование цепи «+5 В» как входа внешнего питания

Имеется возможность подать питание на **E14-140-M** от внешнего стабилизированного источника питания с напряжением +4,75 В...+5,25 В в двух случаях:

- При использовании **E14-140-M** в качестве автономного устройства сбора данных и управления (без интерфейса USB)<sup>22</sup>.
- При использовании **E14-140-M** совместно с интерфейсом USB, но подавая внешнее питание +4,75 В...+5,25 В (например, при использовании с ноутбуком для экономии расхода его аккумулятора).



При использовании цепи +5 В как входа внешнего питания следует снять джампер “+5В USB” § 2.4.1 для разрыва цепи +5 В со стороны USB и предотвращения возможного конфликта по цепи питания.

Внешнее напряжение +5 В должно быть подано (на контакт 37 разъёма DIGITAL) относительно цепи GND (контакт 36 разъёма DIGITAL), а не относительно какой-либо другой цепи.

<sup>22</sup> Подробнее это рассмотрено в § 6.2.

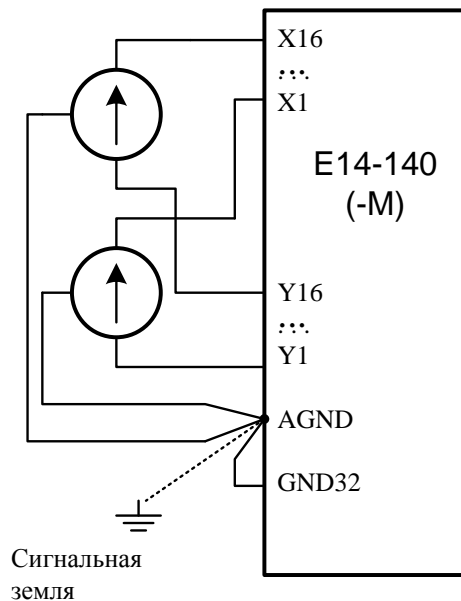
## 5.6. Примеры подключения входных аналоговых сигналов

Две наиболее типичные схемы подключения входных аналоговых сигналов приведены на [рис. 5-3](#) и [рис. 5-4](#) (см. также [\[6\]](#)).

## 5.7. Советы

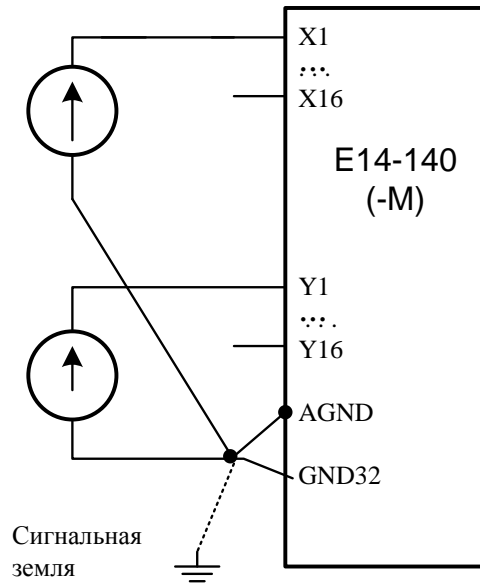
При дифференциальной схеме подключения сигнала измеряется разность напряжений между двумя входами канала. При таком подключении обеспечивается оптимальное подавление помех от внешней среды, наводимых на соединительные провода. Однофазная схема включения более чувствительна к фактору внешних помех.

Модуль **E14-140(-M)** не имеет гальваноразвязки, поэтому цепь *сигнальной земли* (обозначенная на [рис. 5-3](#) и [рис. 5-4](#)) имеет внутри **E14-140(-M)** связь с общим проводом USB и, следовательно, с землей компьютера.



*Рис. 5-3: Подключение до 16-ти дифференциальных источников сигналов*





**Рис. 5-4: Подключение до 32-х однофазных (с общей землей) источников сигналов.**



При работе с модулем следует учитывать, что полоса пропускания входного аналогового тракта **E14-140(-M)** значительно выше максимальной частоты работы АЦП.

Поэтому для достижения спектральной верности преобразования сигнала Вам следует ограничить полосу входного сигнала в соответствии с критерием Найквиста. Это означает, что необходимо ограничить<sup>23</sup> высокочастотную составляющую сигнала до приемлемого для Вас уровня шумов, начиная с частоты  $0.5 \cdot f_s$  и выше<sup>24</sup>. В противном случае все шумы и помехи, имеющие частоту выше  $0.5 \cdot f_s$ , будут накладываться на полезный сигнал в рабочей полосе частот и, скорее всего, не смогут быть отделены от него при последующей обработке.



При работе с модулем необходимо помнить, что при опросе «висячих» каналов, т.е. каналов, которые не подсоединены ни к сигнальному входу, ни к земле, Вы тем не менее можете получить сигналы, аналогичные сигналам на работающих каналах.

Поэтому неподключенные аналоговые входы необходимо либо заземлять (т.е. подсоединить к AGND), либо в крайнем случае не опрашивать<sup>25</sup>.

В случае многоканального ввода сигналов приходится учитывать наличие входной емкости коммутаторов аналогового тракта  $C_{in} \cong 100$  пФ.

Коммутационная ошибка аналогового тракта, вызывающая паразитное межканальное прохождение, не превысит ошибки самого АЦП, если выполняется следующий критерий:<sup>26</sup>

$$R_i \cdot C_{in} \leq 0.1 \cdot \tau_{ADC},$$

где:

<sup>23</sup> например, применить фильтр низкой частоты с требуемыми параметрами

<sup>24</sup>  $f_s$  - частота дискретизации АЦП

<sup>25</sup> Рекомендуется всегда заземлять аналоговые входы в целях повышения помехозащищенности.

<sup>26</sup> Для случаев большого уровня входного сигнала – вне установленного диапазона E14-140, а также в случае коммутации каналов с разным установленным диапазоном следует применять более жесткий критерий, учитывающий увеличение межканального прохождения в этих случаях.

- $R_i = R_s + R_z$ ,  $R_s$  – выходное сопротивление источника сигнала,  $R_z = 1$  кОм – сопротивление защиты модуля.
- $\tau_{ADC}$  - интервал работы АЦП.

Типичные значения межканального прохождения входного синусоидального сигнала 1 кГц в зависимости от диапазона, частоты запуска АЦП и внутреннего сопротивления источников сигналов 50 Ом, 5 кОм, 20 кОм – см. Приложение А.

Следует учитывать, что приведенные значения межканального прохождения измерены для случая чисто активного внутреннего сопротивления источников сигнала. Но на практике для **многоканального режима имеет огромное значение фактор внутреннего сопротивления источников сигнала на высокой частоте**, поскольку коммутационные процессы на аналоговых входах **E14-140(-M)** достаточно высокочастотны. Отсюда вытекают следующие рекомендации подключения аналоговых входов для многоканального режима:

- Максимально сокращайте длины входных кабелей.
- Работайте с минимальной частотой АЦП, необходимой для решаемой задачи.
- В случае длинных входных кабелей и невозможности их укоротить кардинальной мерой является установка (непосредственно на кабельной части разъема ANALOG) низкоомных (50-1000 Ом) нагрузочных резисторов используемых источников сигналов, если, конечно, эти источники сигналов допускают такую нагрузку.

## 5.8. JTAG и его подключение

Приведённые здесь сведения понадобятся только продвинутым пользователям, решившим заняться модификацией встроенного ПО **E14-140-M** под свою задачу. Для этого случая предоставляется низкоуровневое описание [2]. Но вопрос подключения JTAG относится к аппаратуре, поэтому он рассматривается в этом руководстве.

Опробованный в **L-CARD** путь работы с **E14-140-M** через JTAG – это использование программатора MT-LINK и кабеля-переходника MT-LINK-CAB (§ 2.5); 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. 5-5 и если по программному обеспечению этот JTAG-программатор сможет работать с контроллером AT91SAM7S.

Конструкция разъёма JTAG модуля **E14-140-M** представляет собой упрощённый вариант конструкции Multi-Ice JTAG интерфейсного разъёма [13]. 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. 5-6.



Перед подсоединением-отсоединением программатора MT-LINK к **E14-140-M** следует отключить питание в обоих устройствах!

Для подключения программатора MT-LINK к **E14-140-M** следует вставить 20-контактный разъём кабеля MT-LINK-CAB в соответствующий разъём программатора и соединить другой конец кабеля с 14-контактным разъёмом JTAG **E14-140-M** согласно

рис. 2-2. Далее можно включить питание устройств и работать с E14-140-M с подключенным JTAG-программатором.

Для дополнительной информации приводится схема кабеля MT-LINK-CAB (рис. 5-6), который Вы можете заказать в L-CARD (табл. 2-5).

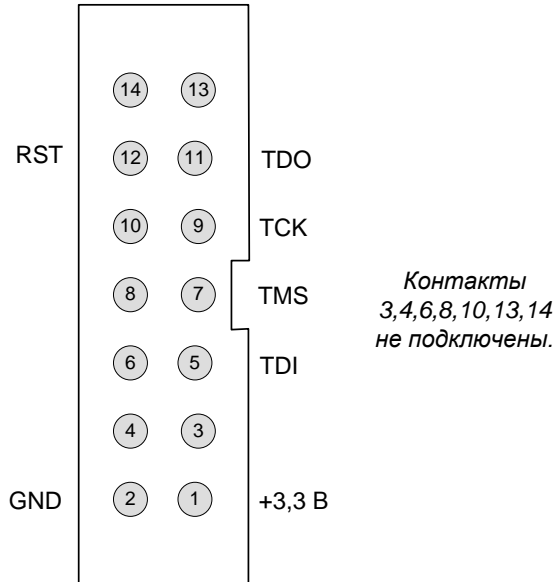


Рис. 5-5. Разъём JTAG

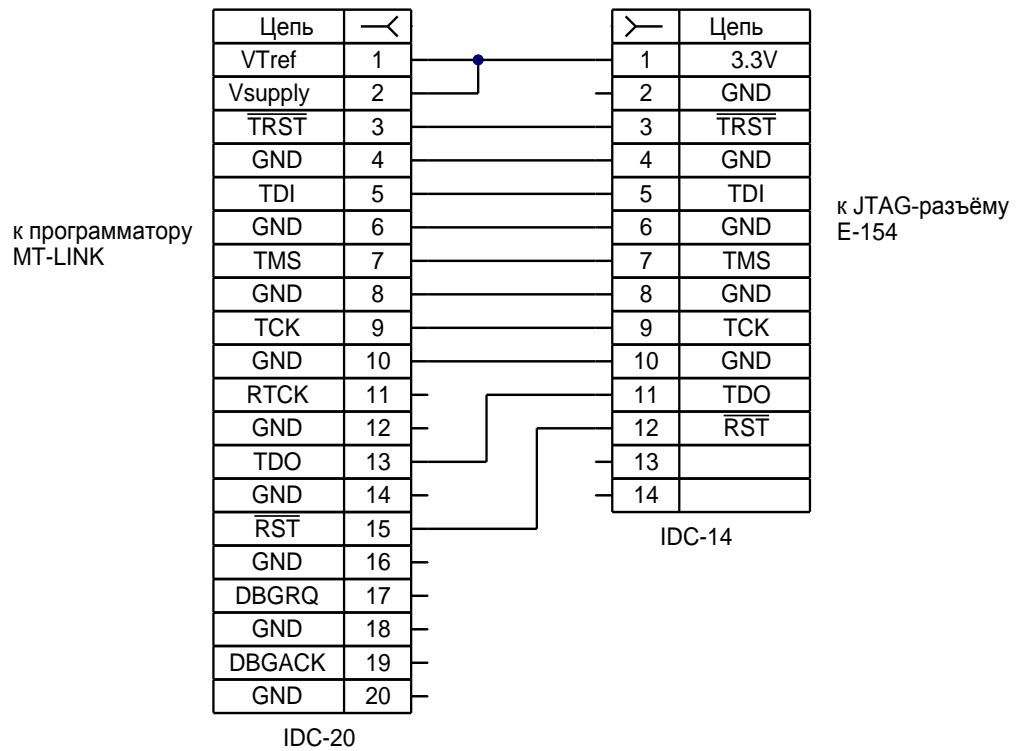


Рис. 5-6. Схема электрическая кабеля MT-LINK-CAB

## Глава 6. Специальные вопросы

### 6.1. Обновление встроенного программного обеспечения E14-140-M

Модуль **E14-140-M** поставляется с записанным во FLASH-памяти контроллера AT91SAM7S штатным программным обеспечением, реализующим функции приема-передачи команд и данных по USB и управления аппаратной частью модуля (АЦП, ЦАП и т.д.) посредством ПЛИС.

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 необходимость в перепрошивке модуля.

Встроенное ПО состоит из двух частей:

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

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 через загрузчик, а не через JTAG. Поэтому при работе через JTAG рекомендуется сделать полную резервную копию FLASH-памяти модуля средствами JTAG-программатора.

Для перепрошивки **E14-140-M** через USB предоставляются специальные утилиты (e140flash с графическим интерфейсом и e140flashc для работы с командной строки), актуальные версии которых можно [скачать с сайта L-CARD](#). Утилиты снабжены описаниями, в которых изложены процедуры резервного копирования и обновления основной программы модуля.

Заслуживают отдельного внимания два особых средства управления работой USB-загрузчика: режим "быстрого запуска" и перемигивка BOOT.

1. **Режим "быстрого запуска"** может быть выбран при перепрошивке модуля одной из вышеуказанных утилит. Он определяет порядок запуска основной программы:
  - В обычном режиме ("быстрый запуск" отключен) USB-загрузчик передает управление основной программе только после прихода по USB первого запроса, не относящегося к протоколу перепрошивки. Таким образом, если основная программа по какой-либо причине неработоспособна, для ее замены достаточно

выключить-включить модуль (вынуть и вставить кабель USB) и запустить утилиту перепрошивки.

- Когда включен режим "быстрого запуска", USB-загрузчик передает управление основной программе сразу же после включения, и возможность использования утилит перепрошивки зависит от работоспособности основной программы. Этот режим позволяет избежать небольшой задержки (порядка сотен мс) при первом обращении к модулю и в принципе позволяет работать без USB (если написать собственную версию основной программы на основе штатного ПО).
2. Перемычка **“BOOT”** в нормальном положении должна быть установлена. Если перед подачей питания на модуль перемычку снять, то USB-загрузчик не будет передавать управление основной программе модуля (независимо от режима "быстрого запуска"). Снятие перемычки **“BOOT”** потребуется только в специальном случае, например, если загруженная в модуль с включенным режимом "быстрого запуска" основная программа была модифицирована пользователем и не обрабатывает запросы USB или по какой-то причине неработоспособна.

В любом случае, если основная программа в модуле отсутствует или ее целостность нарушена (например, если процедура перепрошивки была прервана), USB-загрузчик не передает управление основной программе.

## 6.2. Использование E14-140-M в качестве автономного устройства сбора данных и управления

Аппаратная реализация **E14-140-M** предусматривает возможность создания на базе модуля автономного устройства сбора данных и управления (с использованием АЦП, опционального ЦАП и логических входов-выходов TTL). Такая возможность, однако, не поддерживается штатным программным обеспечением, поставляемым с модулем, поскольку ее реализация полностью зависит от постановки конкретной решаемой задачи.

Для построения на базе **E14-140-M** автономного устройства необходимо создать свою собственную версию программы ("прошивки") для встроенного в модуль ARM-контроллера AT91SAM7. Для решения этой задачи предоставляются:

- Низкоуровневое описание **E14-140-M**, где описан интерфейс между ARM-контроллером и управляющей ПЛИС (настройки портов, форматы команд и данных и т.д.).
- 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 AT91SAM7S256(512), представляющий собой 32-разрядный RISC-процессор с тактовой частотой 48 МГц, 256 (512) КБайт FLASH-памяти и 64 КБайт ОЗУ, способен обеспечить достаточно широкий ряд 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 работы без USB необходимо использовать режим «быстрого запуска», а для перепрошивки можно снимать переключатель «BOOT».

Для питания **E14-140-M** без использования разъема USB следует отключить линию питания USB от цепей модуля, сняв переключатель "+5V USB". Вопрос подключения внешнего питания рассмотрен в [§ 5.5.3](#).

# Приложение А. Спецификации

Данное приложение представляет собой перечень характеристик модуля **E14-140(-M)**, приводимых при температуре 20 °С и нормальном атмосферном давлении; прочие условия внешней среды оговариваются особо. Если модуль **E14-140(-M)** находился в предельных климатических условиях, то перед включением его необходимо выдержать в нормальных условиях не менее 3 часов.

*Для обеспечения заявленных точностных характеристик измерительная система должна быть прогрета в течение 15 мин.*

Все приводимые ниже характеристики **E14-140(-M)** соответствуют подключению к стандартному USB порту посредством штатного кабеля, входящего в комплект поставки.



При работе с модулем **E14-140(-M)** необходимо выполнять общие правила работы с электрическими приборами.

В приводимых ниже спецификациях указаны основные параметры **E14-140(-M)** по назначению для рабочего режима работы. Предельные характеристики модуля **E14-140(-M)**, а также дополнительные характеристики сигнальных линий приводятся в [§ 5.4](#).

## А.1. АЦП

Параметр	Значение
Количество каналов	16 дифференциальных или 32 с общей землей (однофазных)
Диапазон измерений напряжения постоянного тока	$\pm 10$ В
Поддиапазоны измерения напряжения	$\pm 10$ В, $\pm 2.5$ В, $\pm 0.5$ В, $\pm 0.15$ В
Напряжение синфазного сигнала	$\pm 10$ В (не зависит от поддиапазона)
Разрядность АЦП	14 бит
Пределы допускаемой приведенной основной погрешности измерений напряжения постоянного тока, %, в поддиапазонах: – 10 и 2,5 В – 0,6 В – 0,15 В	$\pm 0,05$ $\pm 0,1$ $\pm 0,5$
Пределы допускаемой дополнительной погрешности от изменения температуры окружающей среды в диапазоне рабочих температур, на каждые 10 °С равны	0,5 от пределов допускаемой основной погрешности
Диапазон измерений напряжения переменного тока	от 0,1 мВ до 7 В
Устойчивость к перегрузкам входным измерительным сигналом	$\pm 30$ В (питание вкл.) $\pm 10$ В (питание выключено)
Возможность коррекции (использование калибровочных коэффициентов)	Есть (в РС, в пользовательской программе)
Межканальное прохождение <sup>1</sup> синусоидального сигнала 1 кГц на диапазоне $\pm 10$ В, при частоте преобразования АЦП 100,0 кГц и внутреннем сопротивлении источников сигналов 50 Ом	-92 дБ
Коэффициент подавления синфазных помех, дБ, не менее	70 дБ

### А.1.1. Пределы допускаемой приведенной основной погрешности измерений напряжения переменного тока

Диапазон частот входного сигнала, кГц	Частота преобразований АЦП, кГц	Пределы допускаемой приведенной основной погрешности измерений напряжения переменного тока, %, в поддиапазоне	
		10; 2,5 и 0,6 В	0,15 В
от 0,02 до 9/ <i>N</i>	20	$\pm 0,15$	$\pm 0,5$
от 0,02 до 49/ <i>N</i>	100	$\pm 1,0$	$\pm 10$
от 0,02 до 99/ <i>N</i>	200	$\pm 3,0$	–

Примечания:  
1. Погрешность измерений напряжения переменного тока нормируется для сигналов, пиковые значения которых не превышают значение установленного поддиапазона измерений.  
2. *N* – количество опрашиваемых измерительных каналов.

<sup>1</sup> о характеристиках межканального прохождения см. § А.1.2.



### А.1.2. Межканальное прохождение

Типичные значения межканального прохождения синусоидального сигнала 1 кГц в зависимости от диапазона, частоты преобразования АЦП и внутреннего сопротивления источников сигналов 50 Ом приведены в таблице:

Частота преобразования АЦП, кГц	Время опроса канала, мкс	Сопротивление источника сигнала	Межканальное прохождение (типичные значения), синусоидальный сигнал 1 кГц; указаны значения в разных диапазонах напряжения
50	20	50 Ом	±10 В: < -100 дБ ±2.5 В: < -100 дБ ±0.5 В: -93 дБ ±0.15 В: -90 дБ
100	8.38	50 Ом	±10 В: -92 дБ ±2.5 В: -92 дБ ±0.5 В: -90 дБ ±0.15 В: -60 дБ
50	20	5 кОм	±10 В: -88 дБ ±2.5 В: -88 дБ ±0.5 В: -88 дБ ±0.15 В: -87 дБ
100.0	8.38	5 кОм	±10 В: -77 дБ ±2.5 В: -77 дБ ±0.5 В: -76 дБ ±0.15 В: -53 дБ
50	20	20 кОм	±10 В: -60 дБ ±2.5 В: -60 дБ ±0.5 В: -60 дБ ±0.15 В: -58 дБ
100.0	8.38	20 кОм	±10 В: -25 дБ ±2.5 В: -25 дБ ±0.5 В: -23 дБ ±0.15 В: -22 дБ

## А.2. ЦАП

Характеристика, параметр	В изделиях	
	Е14-140D	Е14-140-M-D
Количество каналов	2	2
Разрядность	12 бит	16 бит
Максимальная частота преобразования	125 кГц	200 кГц
Сетка частот преобразования в синхронном режиме	–	200 кГц / n, где n=1,2,...,8.
Время установления	8 мкс	0,7 мкс
Выходной диапазон	±5 В	±5 В

## А.3. Параметры синхронизации

Характеристика	Значение	Примечание
Стабильность внутренней частоты преобразования в рабочих условиях: <b>Е14-140</b> <b>Е14-140-M</b>	±100 ppm ±50 ppm	характеристика относится к АЦП характеристика относится к АЦП, ЦАП

## А.4. Цифровые линии

Параметр	Значение
Количество линий цифрового ввода общего назначения	16
Количество линий цифрового вывода общего назначения	16
Количество входных линий программного прерывания контроллера	1
Количество линий аппаратной синхронизации запуска АЦП	1
Совместимость со стандартами: - для входных линий (в том числе двунаправленных линий, настроенных на вход)  - для выходных линий (в том числе двунаправленных линий, настроенных на выход)	TTL (5V), CMOS (5V), LVTTTL (3.3V), LVCMOS (3.3V)  TTL (5V), CMOS (5V),
Диапазон напряжений на цифровых входах	-0,2...+0,6 В («логический ноль»)  +2,4...+5,0 В («логическая единица»)
Диапазон напряжений на цифровых выходах	0...+0,4 В («логический ноль»)  Не менее 2,4 В («логическая единица»)
Рабочий выходной ток	±8 мА, предельные характеристики см. в § 5.4, а также см. § 5.2.1

## А.5. Выходы питания

См. § 5.4 и § 5.5.

## А.6. Питание

Параметр	В изделиях	
	Е14-140	Е14-140-М
Типичные значения потребляемого тока от USB по цепи +5 В: – В активном режиме при ненагруженных выходах – В режиме низкого электропотребления	до 260 мА  до 95 мА	240 мА (без ЦАП) 380 мА (с установленным ЦАП) около 60 мА <sup>2</sup>
Потребляемая мощность не более 2,5 Вт	Не более 2,5 Вт	

## А.7. Физические свойства

Параметр	Значение
Габаритные размеры корпуса (без выступающих частей разъемов)	140 × 96 × 30мм
Масса	Не более 200 г
Тип разъема «Analog»	DRB-37М (блочная часть)
Тип разъема «Digital»	DRB-37F (блочная часть)
Тип разъема USB	DUSB-BRA42-T11
Наработка на отказ	Не менее 20000 часов
Срок службы	10 лет

<sup>2</sup> при соответствующей программной оптимизации, связанной с полным переводом аппаратуры ARM в режим низкого энергопотребления, есть основания предполагать, что этот ток будет ещё меньше.

## А.8. Условия эксплуатации

### А.8.1. Нормальные условия

Параметр	Значение
Нормальные условия измерений:	
– температура окружающей среды, °С	20±5
– относительная влажность, %	от 30 до 80
– атмосферное давление, кПа	от 84 до 106

### А.8.2. Рабочие условия применения

Параметр	Значение
По устойчивости при климатических воздействиях преобразователи, кроме исполнений с буквенным индексом I, соответствуют ГОСТ 22261, группа 3 с расширенным диапазоном рабочих температур:	
– температура окружающей среды, °С	от +5 до +55
– относительная влажность при температуре окружающей среды 25 °С, %	до 90
– атмосферное давление, кПа	от 70 до 106,7
По устойчивости при климатических воздействиях преобразователи исполнений с буквенным индексом I соответствуют ГОСТ 22261, группа 4 с расширенным диапазоном рабочих температур:	
– температура окружающей среды, °С	от -40 до +60
– относительная влажность при температуре окружающей среды 30 °С, %	до 90
– атмосферное давление, кПа	от 60 до 106,7

# Литература

- [1] [E14-140. Руководство программиста. - М.: L-CARD, 2009.](#)
- [2] [E14-140. Низкоуровневое описание. – М.:L-CARD, 2009.](#)
- [3] [Преобразователи напряжения измерительные E14. Описание типа СИ.](#)
- [4] [Преобразователи напряжения измерительные E14. Методика поверки.](#)
- [5] Преобразователь напряжения измерительный E14. Паспорт 4221-008-42885515 ПС<sup>1</sup>.
- [6] [Гарманов А. В. Решение вопросов электросовместимости и помехозащиты при подключении измерительных приборов на примере продукции фирмы L-CARD. - М.: L-CARD, 2002.](#)
- [7] [Гарманов А. В. Требования к источникам сигналов АЦП с входным динамическим коммутатором каналов в многоканальном режиме.](#)
- [8] [Гарманов А. В. Модуль E14-140. Типичные примеры подключения.](#)
- [9] [Гарманов А. В. Практика оптимизации соотношения сигнал/помеха при подключении АЦП в реальных условиях.](#)
- [10] [Термометры сопротивления – с каким АЦП применять?](#)
- [11] [Раздел FAQ на сайте L-Card.](#)
- [12] [Раздел Терминология на сайте L-Card.](#)
- [13] [Multi-Ice. Version 2.2. User Guide. 2002 г. ARM® .](#)
- [14] Шевкопляс Б. В. Микропроцессорные структуры. Инженерные решения, гл. 4. - М.: Радио, 1990.
- [15] National Semiconductor<sup>2</sup>. [A Practical Guide To Cable Selection.](#) - Application Note 916.
- [16] National Instruments<sup>3</sup>. [Field Wiring and Noise Considerations for Analog Signals.](#) - Application Note 25.
- [17] National Instruments. Signal Conditioning Fundamentals for PC-Based Data Acquisition Systems. - Application Note 48.
- [18] Universal Serial Bus Specification. - Rev. 1.0, Jan. 1996.
- [19] Фролов А. В. Б-ка системного программиста. Программирование модемов, т. 4. - М.: Диалог-МИФИ, 1994.
- [20] Денисенко В., Халявко А. Защита от помех датчиков и соединительных проводов систем промышленной автоматизации. - М.: Журнал СТА, 1/2001, стр. 68-75.
- [21] Клаасон К. Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике. - М.: Постмаркет, 2000.
- [22] Харт Х. Введение в измерительную технику. - М.: Мир, 1999.

---

<sup>1</sup> Входит в комплект поставки. Документ в электронном виде можно найти на CDROM, входящем в комплект поставки.

<sup>2</sup> [www.national.com](http://www.national.com)

<sup>3</sup> [www.ni.com](http://www.ni.com)

- [23] Ред.- Новицкий П. В. Электрические измерения неэлектрических величин. - Ленинград: Энергия, 1975.
- [24] Тиль Р. Электрические измерения неэлектрических величин. - М.: Энергоатомиздат, 1987.
- [25] Олссон Г., Пиани Д. Цифровые системы автоматизации и управления. - Санкт-Петербург, 2001.
- [26] Фролов А. В., Фролов Г.В. Б-ка системного программиста, т. 26. Программирование для Windows-NT. - М.: Диалог МИФИ, 1996.

## Список таблиц

Табл. 2-1. Существенные аппаратные отличия E14-140 и E14-140-M .....	8
Табл. 2-2. Пользовательские программные отличия режимов и настроек.....	9
Табл. 2-3. Конфигурационные джамперы .....	15
Табл. 2-4. Основной комплект поставки.....	16
Табл. 2-5. Дополнительный комплект поставки (если специально оговорено при заказе E14-140(-M)) .....	16
Табл. 2-6. Дополнительное оборудование, которое Вы можете приобрести у сторонних поставщиков (L-CARD его не предоставляет).....	16
Табл. 4-1. Режимы синхронизации АЦП .....	32
Табл. 4-2. Режимы старта сбора данных АЦП .....	33
Табл. 5-1: Назначение сигналов разъема ANALOG .....	40
Табл. 5-2: Назначение сигналов разъема DIGITAL .....	42
Табл. 5-3: Характеристики входов и выходов сигнальных линий, рабочий режим.....	43
Табл. 5-4: Характеристики входов и выходов сигнальных линий, особый режим (1).....	44
Табл. 5-5: Характеристики входов и выходов сигнальных линий, особый режим (2).....	45
Табл. 5-6: Характеристики выходов внешнего питания .....	46

Приложение А также содержит ряд таблиц с характеристиками устройства.

# Список иллюстраций

Рис. 2-1: Внешний вид .....	12
Рис. 2-2. E14-140-D. Внешний вид печатной платы .....	13
Рис. 2-3. E14-140-M-D. Внешний вид печатной платы (для изделий с серийными номерами, начинающимися с “1”).....	13
Рис. 2-4. E14-140-M-D. Внешний вид печатной платы (для изделий с серийными номерами, начинающимися с “2”).....	14
Рис. 4-1: Функциональные схемы.....	30
Рис. 5-1: Разъем ANALOG. ....	39
Рис. 5-2: Разъем DIGITAL.....	41
Рис. 5-3: Подключение до 16-ти дифференциальных источников сигналов .....	48
Рис. 5-4: Подключение до 32-х однофазных (с общей землей) источников сигналов.....	49
Рис. 5-5. Разъём JTAG.....	51
Рис. 5-6. Схема электрическая кабеля MT-LINK-CAB .....	51



# Оглавление

<b>ГЛАВА 1. О ЧЕМ ЭТОТ ДОКУМЕНТ .....</b>	<b>4</b>
1.1. Система обозначений .....	4
1.2. Варианты исполнений .....	4
1.3. Дополнительная документация .....	5
<b>ГЛАВА 2. ОБЩЕЕ ЗНАКОМСТВО .....</b>	<b>6</b>
2.1. Назначение и потребительские свойства .....	6
2.2. E14-140 и E14-140-M. Перечень отличий .....	8
2.3. Соглашения по терминологии .....	11
2.4. Внешний вид .....	12
2.4.1. Конфигурирование E14-140(-M) .....	14
2.5. Комплектация модуля .....	16
2.5.1. Опциональное оборудование .....	17
2.5.2. Специальная конфигурация .....	17
2.5.3. Применение клеммника .....	17
2.6. Поставка ПО .....	18
2.6.1. Библиотека Lusbari .....	18
2.6.2. Библиотека LComp .....	19
2.6.3. Дополнительное программное обеспечение .....	19
<b>ГЛАВА 3. ИНСТАЛЛЯЦИЯ И НАСТРОЙКА .....</b>	<b>21</b>
3.1. Подготовка к работе .....	21
3.1.1. Конфигурирование Setup компьютера .....	21
3.1.2. Драйверы для материнской платы .....	21
3.2. Аппаратная настройка .....	21
3.3. Подключение к компьютеру .....	22
3.4. Установка USB драйверов .....	22
3.4.1. Установка USB драйверов от Lusbari .....	22
3.4.2. Установка USB драйверов от LComp .....	22
3.4.3. Обнаружение модуля .....	23
3.4.4. Различия в USB драйверах библиотеки Lusbari .....	23
3.4.5. Вопрос обновления драйвера для E14-140-M .....	27

<b>ГЛАВА 4. ОБЗОР АППАРАТНОЙ ЧАСТИ И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ.....</b>	<b>28</b>
<b>4.1. Функциональная схема.....</b>	<b>28</b>
<b>4.2. Узлы модуля.....</b>	<b>31</b>
4.2.1. Входной аналоговый тракт .....	31
4.2.2. АЦП.....	32
4.2.3. ЦАП.....	35
<b>4.3. Режим низкого энергопотребления .....</b>	<b>35</b>
<b>ГЛАВА 5. ПОДКЛЮЧЕНИЕ СИГНАЛОВ .....</b>	<b>37</b>
<b>5.1. Общие сведения.....</b>	<b>37</b>
<b>5.2. Специфика модуля .....</b>	<b>37</b>
5.2.1. Нагрузочная способность .....	37
5.2.2. Многомодульные соединения.....	38
5.2.3. О правильном использовании цепей GND и AGND .....	38
<b>5.3. Внешние разъемы .....</b>	<b>39</b>
5.3.1. Аналоговый вход-выход.....	39
5.3.2. Цифровой вход-выход .....	41
<b>5.4. Характеристики входов и выходов сигнальных линий.....</b>	<b>42</b>
5.4.1. Рабочий режим .....	43
5.4.2. Особые режимы.....	44
<b>5.5. Характеристика выходов внешнего питания .....</b>	<b>46</b>
5.5.1. Использование выхода “±15 В” .....	46
5.5.2. Использование выхода «+5 В» .....	47
5.5.3. Использование цепи «+5 В» как входа внешнего питания.....	47
<b>5.6. Примеры подключения входных аналоговых сигналов.....</b>	<b>48</b>
<b>5.7. Советы.....</b>	<b>48</b>
<b>5.8. JTAG и его подключение.....</b>	<b>50</b>
<b>ГЛАВА 6. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ .....</b>	<b>52</b>
<b>6.1. Обновление встроенного программного обеспечения E14-140-M.....</b>	<b>52</b>
<b>6.2. Использование E14-140-M в качестве автономного устройства сбора данных и управления .....</b>	<b>53</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А. СПЕЦИФИКАЦИИ .....</b>	<b>55</b>
<b>А.1. АЦП.....</b>	<b>56</b>
А.1.1. Пределы допускаемой приведенной основной погрешности измерений напряжения переменного тока.....	56

---

А.1.2. Межканальное прохождение .....	57
<b>А.2. ЦАП.....</b>	<b>58</b>
<b>А.3. Параметры синхронизации.....</b>	<b>58</b>
<b>А.4. Цифровые линии.....</b>	<b>58</b>
<b>А.5. Выходы питания .....</b>	<b>59</b>
<b>А.6. Питание .....</b>	<b>59</b>
<b>А.7. Физические свойства.....</b>	<b>59</b>
<b>А.8. Условия эксплуатации.....</b>	<b>60</b>
А.8.1. Нормальные условия .....	60
– атмосферное давление, кПа .....	60
А.8.2. Рабочие условия применения .....	60
<b>По устойчивости при климатических воздействиях преобразователи, кроме исполнений с буквенным индексом I, соответствуют ГОСТ 22261, группа 3 с расширенным диапазоном рабочих температур: .....</b>	<b>60</b>
<b>По устойчивости при климатических воздействиях преобразователи исполнений с буквенным индексом I соответствуют ГОСТ 22261, группа 4 с расширенным диапазоном рабочих температур: .....</b>	<b>60</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>61</b>
<b>СПИСОК ТАБЛИЦ .....</b>	<b>63</b>
<b>СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ.....</b>	<b>64</b>
<b>ОГЛАВЛЕНИЕ.....</b>	<b>65</b>