



УСТРОЙСТВА ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ

Е14-140

РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

*Модуль АЦП общего назначения (многоканальный)
Цифровой ввод-вывод, ЦАП (опция)*

USB-интерфейс



Москва, Октябрь 2006

Ревизия 2.2.2

ЗАО "Л-КАРД"

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

тел.: (095) 785-95-25

факс: (095) 785-95-14

Адреса в Интернет:

www.lcard.ru

[ftp.lcard.ru](ftp://ftp.lcard.ru)

E-Mail:

Отдел продаж: sale@lcard.ru

Техническая поддержка: support@lcard.ru

Отдел кадров: job@lcard.ru

Общие вопросы: lcard@lcard.ru

Представители в регионах:

Украина: HOLIT Data Systems, www.holit.com.ua, (044) 2416754

Санкт-Петербург: АВТЭКС. Санкт-Петербург, www.autex.spb.ru, (812) 5677202

Новосибирск: ООО "Сектор Т", www.sector-t.ru, (3832) 227620

Екатеринбург: Группа компаний АСК, www.ask.ru, (343) 3714444

Казань: ООО "Шатл", shuttle@kai.ru, (8432) 381600

Самара: Группа компаний "АСУ Самара", prosoft-s@jiguli.ru, (8462) 982901

Модуль АЦП. USB

© Copyright 1989–2006, ЗАО Л-Кард. Все права защищены.

Глава 1

О чем этот документ

Настоящий документ описывает электрические и интерфейсные свойства программно-аппаратного устройства *E14-140*¹, разъясняет принципы его функционирования и варианты использования, содержит характеристику и комплектность программного обеспечения.

Модуль E14-140 предназначен для построения многоканальных измерительных систем ввода/вывода аналоговых и цифровых данных в составе IBM-совместимых компьютеров.

1.1 Дополнительная документация

Настоящий документ, *E14-140. Руководство пользователя*. — только часть системы документации. Существует несколько групп руководств, из которых Вам при работе могут понадобиться дополнительные документы. Их использование определяется следующими факторами:

- набором аппаратных компонент в Вашей рабочей системе
- используемой Вами операционной системой
- используемой Вами средой разработки для создания программ
- требованиями конечного потребителя к форме представления продукта, выполненного с применением рассматриваемых аппаратных компонент и на основе предоставляемого ПО

Разбиение документации по группам представлено ниже:

- *Руководства программиста* описывают библиотеки функций, примеры их использования и методические замечания по программированию аппаратуры в различных средах разработки и под различными ОС. После инсталляции аппаратной части и программного обеспечения необходимо использовать эту группу руководств для написания собственных приложений
- *Руководства пользователя, Технические описания, и Руководства по инсталляции* описывают архитектуру изделия и его функционирование, порядок сборки и установки аппаратных компонент, порядок подключения разъемов и кабелей, внешних датчиков и устройств. Эти документы поясняют также порядок установки программного обеспечения для данного устройства и его тестирования

¹старое 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

- *Руководства по эксплуатации* предназначены для ознакомления с работой, конструкцией и обслуживанием устройств и приборов и оформлены в соответствии с требованиями *ГОСТ*
- *Методики поверки* регламентируют вид и последовательность операций, необходимых для проведения поверки устройств и приборов и базируются на требованиях *ГОСТ*

Прочая документация либо поставляется в комплекте с оборудованием и аппаратными компонентами, либо интегрирована в пакеты дополнительного программного обеспечения как их часть.

1.2 Соглашения, принятые в руководстве

- **жирное выделение** означает важное понятие, либо содержит предупреждение
- *курсив* служит для обозначения терминов, имен переменных, перекрестных ссылок, либо содержит определение ключевых моментов, важных для понимания
- *наклонный шрифт* обозначает имя функции, название директории или документа

1.3 Ссылки на дополнительную документацию

Для работы с *E14-140* могут быть полезны следующие документы:

- *E14-140. Руководство программиста* [1]
- *Электросовместимость и помехозащита* [2]
- *Рекомендации по обеспечению помехозащищенности цифровых устройств* [3]
- *A Practical Guide To Cable Selection* [4]
- *Filed Wiring and Noise Considerations for Analog Signals* [5]
- *Signal Conditioning Fundamentals* [6]

Глава 2

Общее знакомство

В этой главе пользователь может ознакомиться с предназначением устройства E14-140, 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 устройства

E14-140 является малогабаритным многофункциональным измерительным модулем, подключаемым к ПК через USB-интерфейс. Базовые функции E14-140:

— *многоканальное АЦП с мультиплексированием каналов*; — *цифровой асинхронный ввод-вывод*.

Опциональные функции позволяют укомплектовать E14-140 двухканальным ЦАП.

Модуль E14-140 создан в качестве альтернативы более быстродействующему и более дорогостоящему модулю E14-440 и предназначен для построения многоканальных измерительных систем сбора аналоговых данных, а также цифрового управления и контроля состояния внешних устройств.

Многоканальный 14-ти разрядный АЦП модуля E14-140 позволяет работать с 16-ю дифференциальными или 32-мя каналами с общей землей. Каждый из аналоговых каналов подключается к АЦП через программно управляемый аттенюатор, позволяющий задавать один из четырех диапазонов измерения напряжения. Модуль E14-140 обеспечивает непрерывный сбор аналоговых данных на частотах дискретизации АЦП от 0.122 до 100.0 кГц. Наличие специального входа-выхода синхронизации позволяет соединить несколько E14-140 по этим линиям по схеме 'один ведущий — один или несколько ведомых', позволяя аппаратно засинхронизировать моменты старта АЦП в нескольких модулях E14-140. Независимо от этого чисто аппаратного способа синхронизации, в E14-140 имеется отдельный вход программного прерывания контроллера.

Цифровой ввод-вывод представлен в виде 16 входных и 16 выходных цифровых ТТЛ-совместимых линий. Цифровые выводы по желанию пользователя могут быть переведены в третье состояние.

Двухканальный 12-ти разрядный ЦАП позволяет выставлять в асинхронном режиме постоянное напряжение на два независимых канала.

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



Модуль E14-140 внесен в **Государственный реестр средств измерений**.

2.2 Внешний вид

На рис. 2.1 приведен вид платы¹ модуля E14-140 и показано расположение только существенных для конфигурации и подключения элементов.

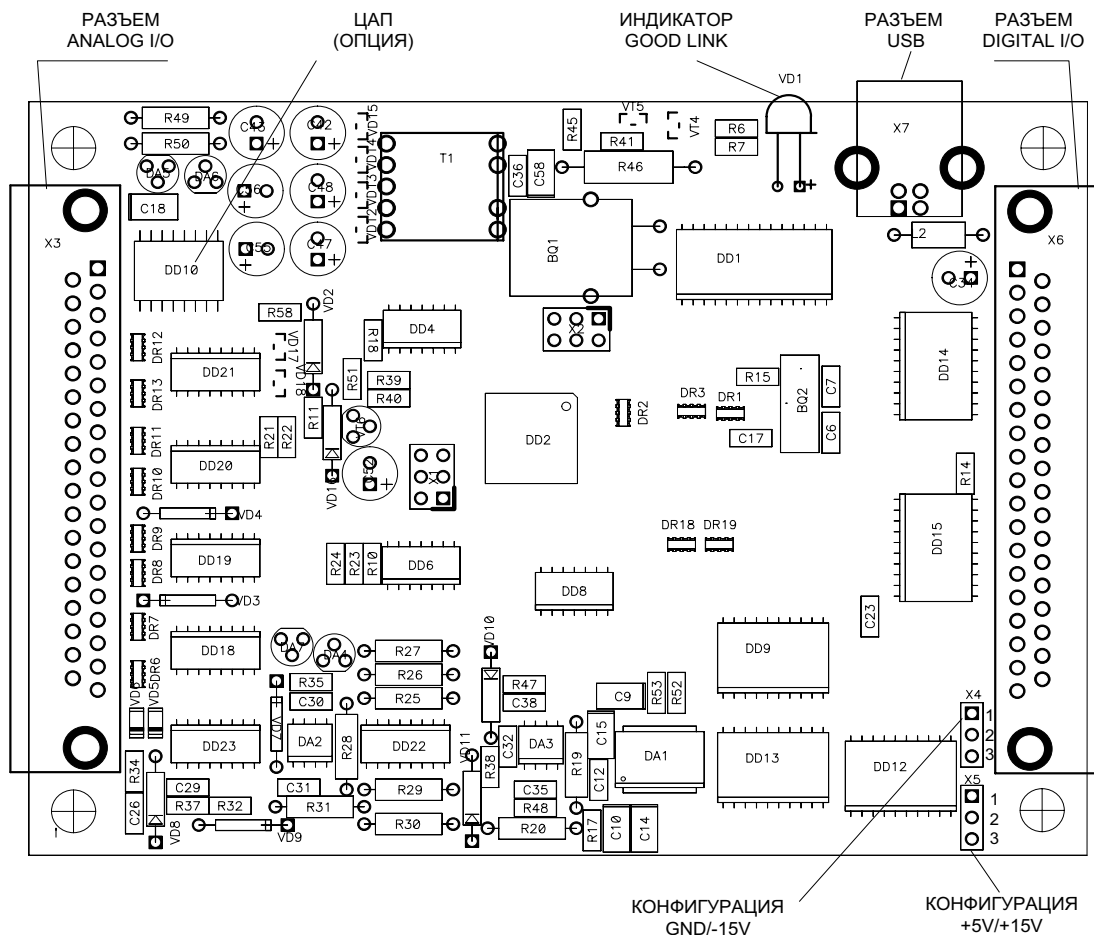


Рис. 2.1: Внешний вид печатной платы

- **X3**, разъем ANALOG I/O: разъем для подключения аналоговых сигналов
- **X6**, разъем DIGITAL I/O: разъем для подключения цифровых линий
- **D10**: ЦАП (опция)
- **VD1**: индикатор 'Good Link'
- **X7**: разъем USB
- **X4**: джампер для задания конфигурации GND/-15V
- **X5**: джампер для задания конфигурации +5V/+15V

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

2.3 Комплектация модуля

2.3.1 Базовый комплект поставки

- собственно модуль E14-140 (1 шт.)
- кабель связи по USB (1 шт.) – *тип A-B, 28AWG-24AWG² длиной 1.3...2.0 м*
- кабельная часть разъема (1 шт.) – *DB37F* – для изготовления пользователем кабеля подключения сигналов к входам АЦП и выходам ЦАП (только при их наличии – см. 2.3.2, стр. 5)
- кабельная часть разъема (1 шт.) – *DB37M* – для изготовления кабеля подключения цифровых сигналов
- CD-ROM с документацией и ПО

Для упрощения подключения сигналов можно воспользоваться клеммником *DB-37F-increaser* (см. 2.3.4, стр. 5).

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

2.3.2 Опциональное оборудование

В E14-140 возможна опциональная установка *двухканального ЦАП*, если это оговорено в заказе.

2.3.3 Специальная конфигурация

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

2.3.4 Дополнительное оборудование

Под дополнительным оборудованием понимаются функционально независимые от E14-140 аппаратные компоненты, поставляемые L-Card. Используя эти компоненты, можно решать ряд специфических задач при работе с E14-140, не приобретая оборудование у третьих фирм. Дополнительным оборудованием для работы с E14-140 является:

- *37-контактная плата клеммников DB-37F-increaser*, позволяет быстро и без использования паяльника коммутировать внешние сигналы к разъемам модуля E14-140. Допустимое сечение проводов – до 0.75 мм. На плате клеммников имеются отверстия

²первая цифра в обозначении кабеля USB типа A-B, согласно спецификации USB [7], свидетельствует о калибре сигнальных проводов, вторая – о калибре питающих. При этом, чем меньше цифра калибра, тем больше сечение

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

2.4 Поставка ПО

L-Card для работы с E14-140 предоставляет:

- USB-драйвер³ + inf-файл
- DLL-библиотеку⁴, содержащую исполняемый код API-функций
- Библиотеки импорта и модули объявлений
- Многочисленные примеры программирования

Ниже приводятся имена директорий и файлов ПО для E14-140, пути даны относительно базовой директории под названием *USB/Lusbapi* в корне **CD-ROM L-Card**.

Таблица 2.1: Состав поставки ПО на CD-ROM

Директория\Файл	Назначение
<i>DLL</i>	Библиотека <i>Lusbapi.dll</i> для работы с модулями E14-140 , E14-440 и E20-10 с исходными текстами
<i>DRV</i>	Драйвер USB-устройства для Windows и inf-файл
<i>E14-140\EXAMPLES</i>	Тексты и проекты примеров работы с модулем для различных сред программирования
<i>E14-140\DOC</i>	Документация

2.4.1 Дополнительное программное обеспечение

- Бесплатную поддержку модуля E14-140 осуществляет законченный программный продукт L-GRAPH, который был специально разработан для демонстрации большинства возможностей ряда изделий (в том числе модуля E14-140) производства компании ЗАО "Л-Кард". Фактически утилита L-GRAPH представляет собой многоканальный осциллоскоп-спектроскоп-регистратор-визуализатор с достаточно простым, интуитивно-понятным интерфейсом. L-GRAPH входит в состав отдельной 32-разрядной библиотеки и устанавливается посредством инсталляционной программы \DLL\Lcomp\Lcomp.exe с прилагаемого к модулю CD-ROM. Также дистрибутив с самой последней версией программы можно скачать с нашего сайта www.lcard.ru из раздела "Библиотека файлов" (архив Lcomp.exe). Данная утилита работает с модулем E14-140 как в 16-ти канальном дифференциальном, так и в 32-х канальном с общей землёй режиме подключения входных сигналов. Она позволяет, в частности,

³общий для всех USB-устройств, выпускаемых фирмой. Исходные тексты не поставляются

⁴в т.ч. в исходных текстах

осуществлять непрерывную регистрацию аналоговой информации в реальном масштабе времени (при этом время ввода ограничено только ёмкостью Вашего диска). Кратко говоря, программа L-GRAPH реализует:

- 4-х канальный осциллоскоп;
 - 4-х канальный спектроскоп;
 - Многоканальный сбор данных в файл (до 32-х каналов);
 - Визуализацию полученных данных (до 32-х каналов).
- Коммерческая программа многоканального самописца-регистратора PowerGraph (есть демо-версия программы). Программа предназначена для регистрации, обработки и хранения аналоговых сигналов и позволяет использовать персональный компьютер в качестве ленточного самописца. Windows'98/2000/XP. Разработка, поставка и техническая поддержка — ООО "Интероптика-С", www.powergraph.ru. В состав поставляемого с модулем E14-140 штатного комплекта ПО входит демонстрационная версия PowerGraph (см. директорию P_graph на CD-ROM).
 - Коммерческий комплекс автоматизации экспериментальных и технологических установок ACTest. Данный комплекс предназначен для визуализации, регистрации, архивации и обработки данных в реальном времени. Windows'98/2000/XP. Разработка, поставка и техническая поддержка — ООО "Лаборатория автоматизированных систем", www.actech.ru. Комплекс ACTest не входит в состав поставляемого с модулем E14-140 штатного ПО.

Глава 3

Инсталляция и настройка

В этой главе приводится информация о том, как подключить E14-140 к PC, сконфигурировать его и добиться работоспособности.

3.1 Аппаратная настройка

В большинстве случаев E14-140 не требует специальной аппаратной настройки со стороны пользователя. Штатно E14-140 поставляется в полностью совместимой с E14-440 конфигурации и назначения внешних контактов пользовательских разъемов ANALOG I/O, DIGITAL I/O – см. рис. 2.1, стр. 4. Также как и E14-440, в E14-140 возможна опциональная установка ЦАП, если это оговорено в заказе – см. 2.3.2, стр. 5.

Если в Вашем приложении необходимо снимать с E14-140 напряжения $\pm 15V$, $+5V$ для питания маломощных внешних устройств¹, то Вам необходимо использовать несовместимую с E14-440 конфигурацию назначений контактов разъема DIGITAL I/O. Несовместимую конфигурацию E14-140 Вы можете специально оговорить при заказе модуля; в то же время, изменить конфигурацию Вы, скорее всего, сможете самостоятельно, аккуратно разобрав корпус E14-140 и переставив два джампера (см. рис. 2.1, стр. 4) *конфигурация GND/-15V* и *конфигурация +5V/+15V*, переназначая пару контактов разъема DIGITAL I/O:

! **Внимание:** Положение 1-2 джамперов *конфигурация GND/-15V* и *конфигурация +5V/+15V* соответствует совместимой с E14-440 конфигурации (GND и +5V соответственно). Положение 2-3 указанных джамперов соответствует несовместимой с E14-440 конфигурации (-15V и +15V)

Что касается подключения сигналов, то в главе 5, стр. 16, подробно описаны назначения сигналов. Нетрудно заметить, что на разъеме DIGITAL I/O присутствует также независимая от конфигурации пара контактов GND, +5V.

3.1.1 Подключение к компьютеру

Спецификация USB [7] разрешает как горячее подключение устройств к шине USB, с их автоматическим распознаванием, так и включение PC с уже подключенным внешним модулем:

¹ активных датчиков, предусилителей

- включите PC и загрузите одну из операционных систем, поддерживающих работу с USB-устройствам
- соедините интерфейсный разъем USB модуля (см. рис. 2.1, стр. 4) и свободный USB-порт PC с помощью USB-кабеля, входящего в комплект поставки

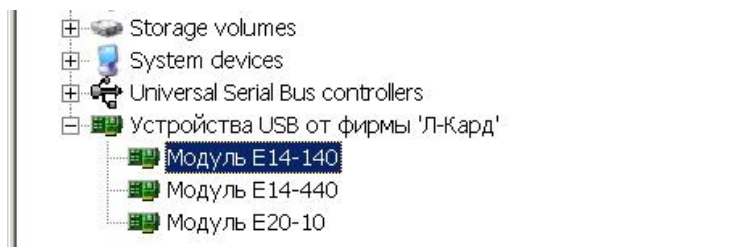
3.2 Установка программного обеспечения

Для обеспечения работоспособности модуля E14-140 в операционной системе Win98/2000/XP необходимо установить соответствующий драйвер.

3.2.1 Драйвер

Шина USB предоставляет пользователям возможность работать с периферийными устройствами в режиме *Plug & Play*. Инициализация программных драйверов шины осуществляется операционной системой после распознавания нового устройства.

При *самом первом подсоединении* (см. 3.1.1, стр. 8) модуля E14-140 к PC операционная система запросит файлы драйвера для подключенного модуля. Пользователю необходимо указать расположение файла *ldevusb.inf*². В случае успешной инициализации информация о драйвере будет занесена в реестр Windows, и при повторных сеансах работы устройство будет инициализироваться автоматически. В случае необходимости³ следует произвести перезагрузку PC. Проконтролировать правильность распознавания операционной системой подключенного модуля E14-140 можно в системной папке *Device Manager* (*Диспетчер Устройств*):



3.2.2 DLL библиотека

Для обеспечения надлежащей работы с модулем E14-140 средствами штатного пакета про-граммного обеспечения рекомендуется скопировать файл штатной DLL библиотеки из

`\USB\Lusbapi\DLL\ Bin\Lusbapi.dll`

в системную директорию

`%SystemRoot%\system32,`

что можно реализовать воспользовавшись готовым командным файлом

`\USB\Lusbapi\ DLL\ CopyLusbapi.bat.`

Это полезно потому, что Windows 98/2000/XP при необходимости автоматически производит поиск необходимых файлов в указанной системной директории. Хотя, в принципе, штатная DLL библиотека может находиться в директории Вашего приложения или в одной из директорий, указанных в переменной окружения PATH.

²см. CD-ROM L-Card и табл. 2.1, стр. 6

³зависит от ОС

3.2.3 Прочие компоненты

Штатное ПО (заголовочные файлы, примеры, ...) переносится на компьютер пользователя простым копированием необходимых директорий и файлов с поставляемого CD-ROM (см. 2.1, стр. 6). **Необходимо учесть, что все файлы на CD-ROM имеют атрибут Read-Only ('только чтение')**. В общем случае для успешной работы необходимо перевести их состояние архивных файлов штатными средствами Windows.

3.3 Диагностика работоспособности

Для диагностики работоспособности Вы можете воспользоваться дополнительным программным обеспечением п. 2.4.1, стр. 6 или примерами программирования.

3.4 Организация сети

Организация сети, построенной на USB-интерфейсе, требует применения хабов с автономным питанием⁴ и, соответственно, USB-кабелей в необходимом количестве. Частным случаем является подключение к раздельным USB-портам отдельных модулей E14-140.

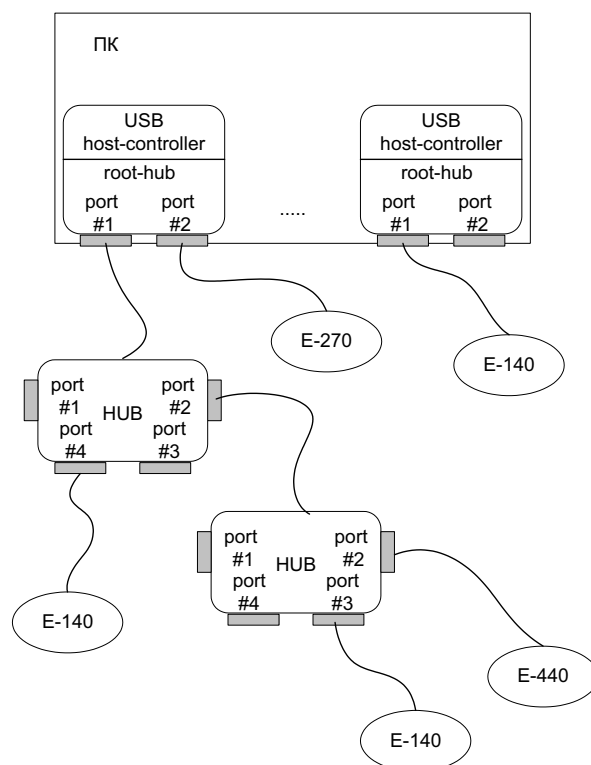


Рис. 3.1: Сеть из нескольких E14-140

⁴как правило, от внешнего индивидуального для каждого из хабов источника питания

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, затем приводится детализация функциональных особенностей. Описание не включает низкоуровневое описание аппаратуры, но вполне достаточно для понимания существенных эксплуатационных свойств изделия.

Режимы работы аналогового тракта, диапазоны измерения АЦП, количество опрашиваемых каналов и последовательность их опроса, тип и источник синхронизации, источник тактовых импульсов АЦП, а так же частота дискретизации являются программно-конфигурируемыми [1].

4.1 Функциональная схема

Рис. 4.1 представляет функциональную схему модуля E14-140, содержащего:

1. Микроконтроллер **AVR AtMega8515**, этот контроллер осуществляет внутреннее управление E14-140
2. USB-device PDIUSB12D, - **низкоуровневый контроллер USB**, - управляется от AVR
3. **Коммутатор**, предназначенный для аналоговой коммутации сигналов с **аналоговых входов** (находящихся на разъеме ANALOG I/O) на вход усилителя под управлением AVR
4. **Усилитель**, имеющий 4 градации коэффициента усиления, управляется от AVR
5. **АЦП LTC1416** - 14 битное АЦП последовательного приближения, с широкими возможностями программной настройки режима старта АЦП: с использованием **входа прерывания** (на разъеме ANALOG I/O) или **входа-выхода синхронизации** (на разъеме DIGITAL I/O)
6. **Буфер АЦП**, хранящий один 14 битный отсчет АЦП в формате 8+8 бит с расширенным знаком дополнительного кода
7. **ОЗУ 32MB**, используемое AVR для буферизации данных АЦП

8. Двухканальный **ЦАП** (опция), записываемый от интерфейса SPI AVR. ЦАП имеет выходы на разъеме ANALOG I/O
9. **Регистр цифровых входов**, параллельно стробирующего 16 линий данных с цифровых входов (на разъеме DIGITAL I/O) и последовательно вдвигающего данные в AVR по интерфейсу SPI
10. Пару байтовых **регистров цифровых выходов**, позволяющих управлять 16-ю выходными цифровыми линиями (на разъеме DIGITAL I/O). *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*
11. **Преобразователь напряжения $\pm 15V$** . Это внутренний источник питания входных аналоговых узлов E14-140, на функциональной схеме он не показан. Источник имеет плавный старт при включении, защиту по току и может быть отключен в режиме низкого энергопотребления. Выходы питания присутствуют на разъеме DIGITAL I/O

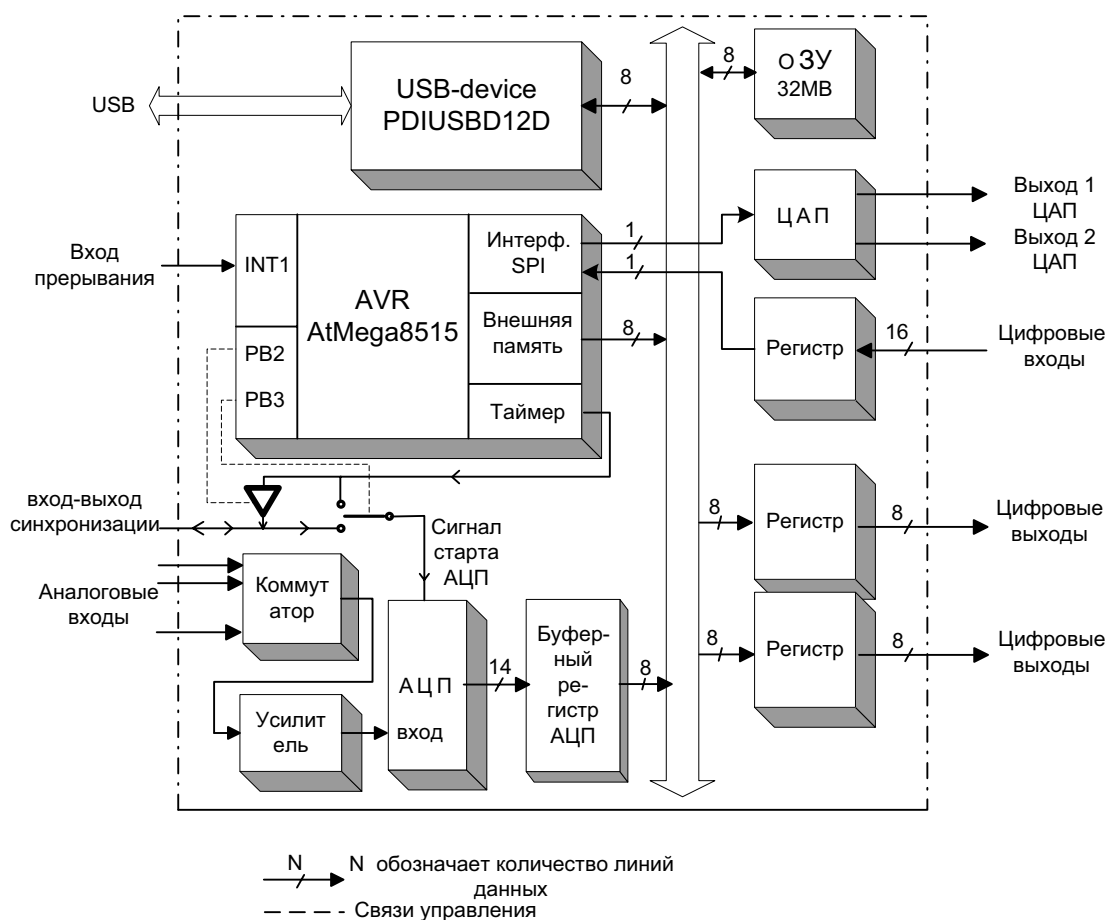


Рис. 4.1: Функциональная схема

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 Е14-140 на необходимый режим входной коммутации, определяемый способом подключения входных сигналов:

- Дифференциальный режим коммутации от 1 до 16 каналов
- Однофазный режим коммутации от 1 до 32 каналов
- Подача внутреннего нуля на вход усилителя¹,

В первом режиме при коммутации более одного канала, согласно классификации, приведенной в [2], аналоговый вход Е14-140 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 Е14-140 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, позволяют учесть² не только смещение нуля, но и ошибки шкалы (коэффициента усиления) аналогового тракта на каждом диапазоне.

Количество опрашиваемых входных 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].

Программно каждому логическому каналу может быть сопоставлен конкретный физический вход, имеющий индивидуальные настройки: режим коммутации, индивидуальный коэффициент передачи аналогового тракта, соответствующий четырем диапазонам входных напряжений Е14-140.

4.2.2 АЦП

Итак, АЦП – это одноканальное 14 битное АЦП последовательного приближения, оцифровывающее каждый отсчет по сигналу старта АЦП. Код оцифрованного отсчета (через время порядка 2 мкс относительно сигнала запуска АЦП) оказывается в буфере АЦП, откуда по возникшему вследствие этого прерыванию³ INT2, считывается AVR.

¹ для измерения его собственного смещения нуля

² в пользовательской программе РС

³ не показано на функциональной схеме 4.1, стр. 12

4.2.2.1 Режимы запуска

Собственно внутренний аппаратный **сигнал старта АЦП** (рис. 4.1, стр. 12) может быть программно скоммутирован на один из двух источников:

1. **На выход таймера AVR** – АЦП запускается по таймеру AVR. Когда линия **вход-выход синхронизации** модуля E14-140 настроена на выход, **сигнал старта АЦП** ретранслируется для запуска внешней системы – возможно, других ведомых модулей E14-140. Задержка ретрансляции **сигнала старта АЦП** на **вход-выход синхронизации** минимальна и занимает время порядка 20 нс. Кроме того, AVR для синхронизации момента начала сбора данных может использовать **вход прерывания** модуля E14-140
2. **На линию вход-выход синхронизации**, программно настроенную на вход. Это чисто аппаратный запуск АЦП от внешней ведущей системы – возможно, от ведущего модуля E14-140

В любом случае, при использовании **входа-выхода синхронизации**, на этой линии моменту запуска АЦП всегда соответствует момент переключения сигнала из низкого логического уровня в высокий, учитывая вышеназванную задержку ретрансляции.

Более подробные сведения о настройках и режимах сбора данных с АЦП приводятся в [1].

4.2.2.2 Особенности

- 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, контроллер модуля производит дополнение 14-ти битных значений до 16-ти битных путем расширения знака; это значение (код -32768... +32767), как отчет АЦП, выдается в РС пользователю [1]
- Модуль АЦП не обеспечивает ни входную аналоговую фильтрацию, ни выходную цифровую⁴
- Существует режим [1] запуска аналогового сбора при обнаружении определенного события на одной из аналоговых линий

4.2.2.3 Корректировка показаний (калибровка)

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

! **Внимание:** Штатное ПО модуля E14-140 *не производит* коррекцию данных АЦП, поэтому вся работа по корректировке должна выполняться в программе пользователя

⁴см. 5.7, стр. 25

4.3 Возможность низкого энергопотребления в режиме Suspend USB-порта

Режим **Suspend** – это экономный режим электропотребления, предусмотренный для USB-устройств. Если USB-порт, к которому подключен модуль E14-140, перешел в состояние SUSPEND, то возможны два случая поведения E14-140:

1. Если режим низкого энергопотребления в E14-140 программно разрешен, то модуль переходит в низкопотребляющий режим путем отключения внутреннего преобразователя напряжения $\pm 15V$ питания аналогового тракта

! **Внимание:** При этом уменьшаются предельно допустимые (см. [5.4](#), стр. 22) входные напряжения модуля E14-140

2. Если режим низкого энергопотребления в E14-140 программно запрещен, то, несмотря на возможное состояние suspend USB-порта, E14-140 не перейдет в низкопотребляющий режим

Глава 5

Подключение сигналов

Эта глава разъясняет назначение входных и выходных сигналов на разъемах *ANALOG I/O*, *DIGITAL I/O* модуля E14-140, 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. 2.3.1, стр. 5. Дополнительно можно приобрести плату клеммников для уменьшения трудозатрат *пробного* монтажа схем при подаче сигналов на входы модуля – см. 2.3.4, стр. 5.

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

! **Внимание:** При отключенном интерфейсе USB (выключенном USB-хабе или самого РС), а также в режиме низкого энергопотребления E14-140 уменьшаются предельно допустимые входные напряжения и выходные токи модуля по сравнению с его обычным рабочим режимом. Предельно допустимые режимы приведены в разделе 5.4, стр. 22.

Соединения, значения уровней токов и напряжений которых превышают предельно допустимые значения, влекут за собой ухудшение параметров модуля E14-140 или выход из строя РС, 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 и помехозащиты при подключении измерительных приборов на примере продукции фирмы L-Card* [2]. Обратите также ваше внимание на следующие литературные источники: [3, 4, 5, 6, 9] и [10, 11, 12, 13, 14].

5.2 Специфика модуля

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

5.2.1 Нагрузочная способность

Следует учитывать, что максимальный ток потребления USB-модуля, в соответствии со стандартом USB [7], не должен превышать 0.5А по цепи +5V. Не рекомендуется снимать с E14-140 более 0.7...1 Вт суммарной мощности по всем выходным цепям E14-140.

5.2.2 Многомодульные соединения

В многомодульных конфигурациях, собранных из E14-140 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 PC или разные USB-хабы от индивидуальных источников питания, то эти PC или USB-хабы должны иметь общее заземление (если цепь заземления предусмотрена), а цепи GND модулей должны быть соединены между собой.
3. При соединении двунаправленных линий разных модулей между собой программно следует исключать противоречивое состояние 'выход на выход', которое может привести к перегрузки E14-140 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, связаны между собой (внутри E14-140), а также с общим проводом USB и корпусом PC. При подключении E14-140 к внешним цепям следует помнить, что наиболее грамотное подключение E14-140 - это то, которое не приводит к протеканию сквозных токов по цепям **GND-AGND**, **GND-корпус PC** или **AGND-GND-корпус PC**.¹

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

Если же такие токи в Вашей системе по какой-либо причине неизбежны, то следует принять меры по его минимизации и подавлению его высокочастотной составляющей. Общие рекомендации по подключению измерительных приборов Вы можете найти в статье [2].

¹Заметьте, что токи снятые с E14-140 по цепям **+5V-GND** и **±15V- 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 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

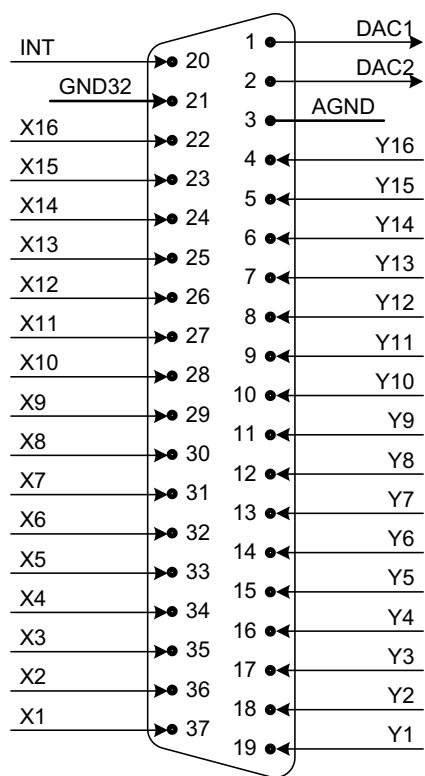


Рис. 5.1: Разъем ANALOG I/O

Тип разъема в модуле E14-140: DRB-37M, кабельная часть разъема - см. 2.3.1, стр. 5.

Таблица 5.1: Назначение сигналов разъема ANALOG I/O

Имя сигнала	Общая точка	Направление	Описание
DAC<1...2> ^{†,‡}	AGND	Выход	Выход канала 1...2 ЦАП: выход напряжения -5...+5V
AGND	—	—	Аналоговая земля

продолжение на следующей странице...

продолжение таблицы 5.1

Имя сигнала	Общая точка	Направление	Описание
GND32	AGND	Вход	- В однофазном режиме: общий инвертирующий вход каналов 1...32 - Для всех режимов должен быть подключен к AGND (в дифференциальном режиме - для увеличения помехозащищенности) - Для всех режимов рабочий диапазон напряжений $\pm 10V$
X<1...16>	AGND	Вход	- Неинвертирующий вход напряжения каналов 1...16 для дифференциального и однофазного режимов - Рабочий диапазон напряжения: $\pm 10V$ - Неиспользуемые входы X<1...16> рекомендуется подключать к AGND
Y<1...16>	AGND	Вход	- Инвертирующий вход напряжения каналов 1...16 для дифференциального режима - Вход каналов 17...32 для однофазного режима - Рабочий диапазон напряжения: $\pm 10V$ - Неиспользуемые входы Y<1...16> рекомендуется подключать к AGND
INT	GND	Вход	Вход прерывания AVR. Служит для синхронизации процесса сбора данных [1] - Совместим с выходным логическим уровнем TTL/CMOS-элементов с напряжением питания +5V

[†]см. 5.2.1, стр. 17

[‡]состояние после включения: 0V

5.3.2 Цифровой вход-выход

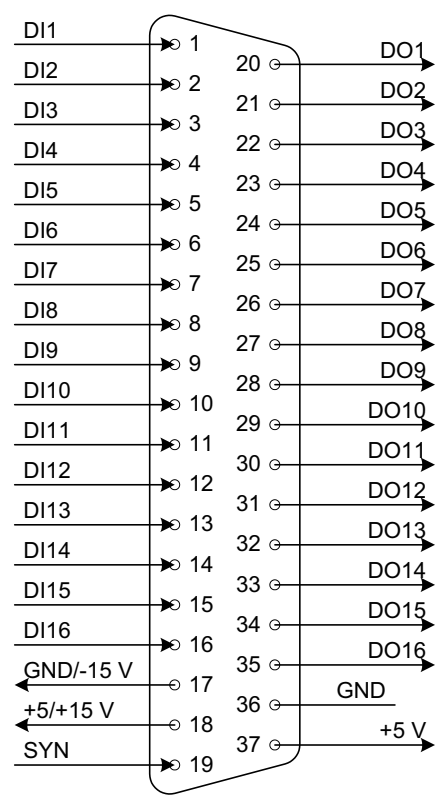


Рис. 5.2: Разъем DIGITAL I/O

Тип разъема в модуле E14-140: DRB-37F, кабельная часть разъема - см. 2.3.1, стр. 5.

Таблица 5.2: Назначение сигналов разъема DIGITAL I/O

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<8...1> [†]	GND	Выход	Z-состояние	Младший байт цифрового выхода: DO8-старший бит (7-ой), DO1-младший бит (0-ой)

продолжение на следующей странице...

продолжение таблицы 5.2

Имя сигнала	Общая точка	Направление	Состояние после включения	Описание
DO<16...9> [†]	GND	Выход	Z-состояние	Старший байт цифрового выхода: DO16-старший бит (15-ый), DO9-младший бит (8-ой)
GND	—	—	—	Цифровая земля E14-140
+5 V [†]	GND	Выход	+4.75...+5.0V	Выход +5V питания внешних цепей
+15 V ^{†,‡}	GND	Выход	Плавное нарастание до +15V	Выход +15V питания внешних цепей
-15 V ^{†,‡}	GND	Выход	Плавное падение до -15V	Выход -15V питания внешних цепей
SYN [†]	GND	Вход-выход	Настроен на вход	Вход-выход синхронизации

[†]см. 5.2.1, стр. 17

[‡]см. 2.3.3, стр. 5 и 3.1, стр. 8

5.4 Характеристики входов и выходов сигнальных линий

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

Фирма-изготовитель не несет гарантийной ответственности при выходе E14-140 из строя по причине превышения предельно-допустимых режимов эксплуатации.

В таблицах настоящего раздела приняты следующие обозначения:

- **AI** - аналоговый вход
- **DI** - цифровой вход
- **DO** - цифровой выход
- **DIO** - цифровой вход-выход
- **AIO** - аналоговый вход-выход
- **Z** - высокоимпедансное, Z-состояние

5.4.1 Рабочий режим

Модуль E14-140, подключенный к USB, имеет следующие характеристики входных и выходных сигнальных линий:

Таблица 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>	AO	—	—	Выходной ток [†] ± 2 мА	—
GND32, X<1...16>, Y<1...16>	AI	- Более 1 МОм для одноканального режима - Сложный резистивно-емкостной для многоканального режима	- $\pm 30V$ относительно AGND - $\pm 40V$ между любыми входами X<1...16>, Y<1...16>, GND32	—	—
INT, DI<1...16>	DI	3.3 кОм	-0.2...+5.2V относительно GND	—	3.3 кОм относительно +5V
DO<1...16>	DOZ	—	—	± 30 мА на каждый выход [†]	—
SYN	DIO	Порядка 1 МОм при настройке на вход	-0.2...+5.2V относительно GND	± 30 мА при настройке на выход [†]	—

[†]см. 5.2.1, стр. 17

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

Типичные значения межканального прохождения синусоидального сигнала 1 кГц в зависимости от диапазона, частоты запуска АЦП и внутреннего сопротивления источников сигналов 50 Ом, 5кОм, 20 кОм приведены в соответствующих разделах *Приложения* – см. стр. 28.

5.4.2 Особые режимы

5.4.2.1 Вариант 1

Модуль E14-140, подключенный к USB, находящейся в режиме низкого электропотребления или в режиме защиты внутреннего источника питания $\pm 15V$, имеет следующие характеристики входных и выходных сигнальных линий:

Таблица 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 [†] ± 0.5 мА	—
GND32, X<1...16>, Y<1...16>	АИ	1 кОм	$\pm 10V$ относительно AGND	—	—
INT, DI<1...16>	ДИ	3.3 кОм	$-0.2...+5.2V$ относительно GND	—	3.3 кОм относительно +5V
DO<1...16>	ДОЗ	—	—	± 30 мА на каждый выход [†]	—
SYN	ДИО	Порядка 1 МОм при настройке на вход	$-0.2...+5.2V$ относительно GND	± 30 мА при настройке на выход [†]	—

[†] см. 5.2.1, стр. 17

В этом режиме источник питания входного аналогового тракта отключен и, как следствие, импеданс входных аналоговых линий мал по сравнению с рабочим режимом.

5.4.2.2 Вариант 2

Если модуль E14-140 отключен от USB или подключен, но USB-хаб аварийно отключил² питание +5V, то в этих случаях E14-140 обеспечивает следующие характеристики входных и выходных сигнальных линий:

Таблица 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 [†] ± 0.5 мА	—
GND32, X<1...16>, Y<1...16>	АИ	1 кОм	$\pm 10V$ относительно AGND	—	—
INT, DI<1...16>	ДИ	Менее 3.3 кОм	$-0.2...+5.2V$ относительно GND, если ток менее 20 мА	—	—

продолжение на следующей странице...

²например из-за превышения нагрузочной способности USB по току

продолжение таблицы 5.5

Сигнал	Тип	Входной импеданс	Предельно допустимые условия на входе	Предельно допустимые условия на выходе	Резисторная подтяжка
DO<1...16>	DOZ	Менее 2 кОм	—	—	—
SYN	DIO	Менее 2 кОм	-0.2...+5.2V относительно GND, если ток менее 20 мА	—	—

[†]см. 5.2.1, стр. 17

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

5.5 Характеристика выходов внешнего питания

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

Таблица 5.6: Характеристики выходов внешнего питания

Источник питания внешних цепей	$\pm 15V$	+5V
Максимальный выходной ток в режиме стабилизированного выходного напряжения [†]	2 · 13 мА	—
Максимальный выходной ток в режиме нестабилизированного выходного напряжения [†]	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 E14-140
Максимальное время нахождения выхода в режиме короткого замыкания	1 минута	—

[†]при снятии по цепи $\pm 15V$ тока более 13 мА возможно ухудшение соотношения сигнал/шум в измерительных каналах АЦП E14-140

5.5.1 $\pm 15V$

При использовании выхода $\pm 15V$ следует учитывать:

- при срабатывании защиты по току источника питания $\pm 15V$ отключается также питание входных аналоговых цепей E14-140, что приводит к блокировке входных сигналов АЦП, при этом цифровая часть (интерфейс USB) продолжит работать
- при срабатывании защиты по току источника питания $\pm 15V$ уменьшаются предельно допустимые значения³ входных напряжений

³см. 5.4, стр. 22

- при потребляемых токах менее 13 мА по каждой из цепей $\pm 15\text{V}$ источник питания E14-140 сохраняет стабилизацию напряжения
- при потребляемых токах более 13 мА по каждой из цепей $\pm 15\text{V}$ источник питания E14-140 становится нестабилизированным с внутренним сопротивлением около 65 Ом. В этом случае броски тока в нагрузочной цепи $\pm 15\text{V}$ (а также на линиях питания USB) могут ухудшить соотношение сигнал/шум в каналах E14-140. Это вызвано тем, что выходная цепь $\pm 15\text{V}$ модуля E14-140 является общей для питания его аналогового тракта, поэтому пропадание стабилизации в этой цепи ухудшает характеристики самого модуля

5.5.2 +5V

Выходная цепь +5V модуля E14-140 является продолжением цепи +5V интерфейса USB. Это накладывает определенные ограничения на использование этой цепи для питания внешних устройств:

- **Внимание!** Ваши внешние подключения должны полностью исключать возможность короткого замыкания цепи +5V с цепью GND и другими цепями, присутствующими на разъемах E14-140. В противном случае, короткие замыкания могут привести к поломке E14-140 и выходу их строя используемого USB-порта.
- Не рекомендуется по цепи +5V снимать ток более 100 мА.
- При использовании выхода +5V учитывать, что это выход напряжения **нельзя считать стабилизированным**. Скорее всего, вы получите с этого выхода напряжение порядка 4.75... 5.0V, а отличие его от 5V – это результат падения напряжения на кабеле USB.

5.6 Примеры подключения входных аналоговых сигналов

Две наиболее типичные схемы подключения входных аналоговых сигналов приведены на рис. 5.3, 5.4 [2]:

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 не имеет гальваноразвязки, поэтому цепь *сигнальной земли* (обозначенная на рис. 5.3, 5.4) имеет внутри E14-140 связь с общим проводом USB и, следовательно, с землей компьютера.

Следует помнить, что для корректной работы входного усилителя E14-140 необходимо, чтобы потенциал каждого входа X и Y относительно земли AGND, – т.н. синфазное напряжение, – не превышал установленного входного диапазона.

- ! **Внимание:** при работе с модулем следует учитывать, что полоса пропускания входного аналогового тракта E14-140 значительно выше максимальной частоты работы АЦП

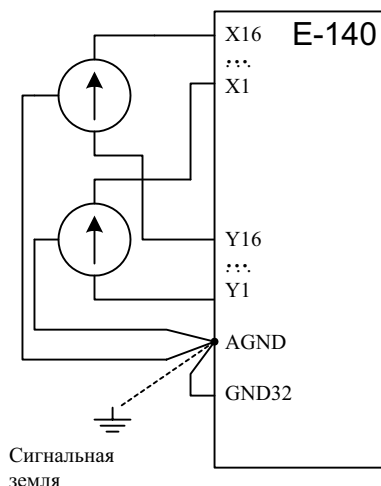


Рис. 5.3: Подключение до 16-ти дифференциальных источников сигналов

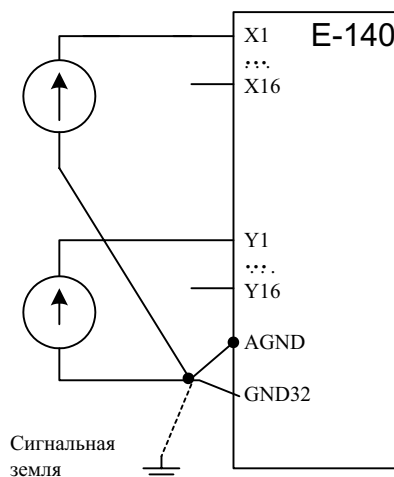


Рис. 5.4: Подключение до 32-х однофазных (с общей землей) источников сигналов

Поэтому для достижения спектральной верности преобразования сигнала Вам следует ограничить полосу входного сигнала в соответствии с критерием Найквиста. Это означает, что необходимо ограничить⁴ высокочастотную составляющую сигнала до приемлемого для Вас уровня шумов начиная с частоты $0.5 \cdot f_s$ ⁵ и выше. 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.



Внимание: 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.⁶

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

Коммутационная ошибка аналогового тракта, вызывающая паразитное межканальное прохождение, не превысит ошибки самого АЦП, если выполняется следующий критерий:⁷

$$R_1 \cdot C_{in} \leq 0.1 \cdot \tau_{ADC},$$

где:

- $R_1 = R_s + R_z$, R_s - выходное сопротивление источника сигнала, $R_z = 1$ кОм - сопротивление защиты модуля

⁴например, применить фильтр низкой частоты с требуемыми параметрами

⁵ f_s - частота дискретизации АЦП

⁶Рекомендуется всегда заземлять аналоговые входы в целях повышения помехозащищенности.

⁷Для 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.

- τ_{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, 5кОм, 20 кОм приведены в *Приложении* - см. стр. 28.

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 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 кординальной мерой является установка (непосредственно на кабельной части разъема ANALOG I/O) низкоомных (50-1000 Ом) нагрузочных резисторов используемых источников сигналов, если конечно эти источники сигналов допускают такую нагрузку.

Приложение А

Спецификации

Данное приложение представляет собой перечень характеристик модуля Е14-140, приводимых при температуре 20°С и нормальном атмосферном давлении; прочие условия внешней среды оговариваются особо. Если модуль Е14-140 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 Е14-140 соответствуют подключению к стандартному USB порту посредством штатного кабеля, входящего в комплект поставки.

! **Внимание:** При работе с модулем Е14-140 необходимо выполнять общие правила работы с электрическими приборами

В приводимых ниже спецификациях указаны основные параметры Е14-140 по назначению для рабочего режима работы. Предельные характеристики модуля Е14-140, а также дополнительные характеристики сигнальных линий приводятся в главе 5.4, стр. 22.

А.1 АЦП

Параметр	Значение
Число каналов	16 дифференциальных или 32 с общей землей (однофазных)
Диапазоны входного сигнала	±10V, ±2.5V, ±0.625V, ±0.156V
Напряжение синфазного сигнала	±10V (не зависит от диапазона)
Разрядность АЦП	14 бит
Разрядность, рассчитанная по отношению сигнал/шум на заземленном входе при частоте АЦП 100 кГц	В диапазоне: — ±10V: 13.8 бит — ±2.5V: 13.8 бит — ±0.625V: 13.5 бит — ±0.156V: 13.0 бит

продолжение на следующей странице...

продолжение таблицы А.1

Параметр	Значение
Разрядность, рассчитанная по отношению сигнал/(шум+гармоники) полученная при оцифровке синусоидального сигнала частотой 1 кГц с амплитудой 2.5В при частоте запуска АЦП 100 кГц	Диапазон 2.5В: 13.2 бит
Максимальная частота преобразования	100.0 кГц
Входное сопротивление при одноканальном вводе	см. †
Защита входов	см. †
Интегральная нелинейность преобразования	Макс. ± 1.5 МЗР Макс. -1 до +1.5 МЗР
Дифференциальная нелинейность преобразования	
Смещение нуля без калибровки	± 4 МЗР в диапазонах $\pm 10V$ $\pm 2.5V$, $\pm 0.625V$ ± 5 МЗР в диапазоне $\pm 0.156V$
Возможность коррекции (использование калибровочных коэффициентов)	Есть (в РС, в пользовательской программе)
Межканальное прохождение [‡] синусоидального сигнала 1 кГц на диапазоне $\pm 10V$, при частоте запуска АЦП 100.0 кГц и внутреннем сопротивлении источников сигналов 50 Ом	-92 дБ
Коэффициент подавления синфазного сигнала 1 кГц в 16-канальном дифференциальном режиме	69...72 дБ

† см. 5.4, стр. 22

‡ о характеристиках межканального прохождения см. А.1.1

А.1.1 Межканальное прохождение

Типичные значения межканального прохождения синусоидального сигнала 1 кГц в зависимости от диапазона, частоты запуска 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
50	20	50 Ом	В диапазоне: – $\pm 10V$: < -100 дБ – $\pm 2.5V$: < -100 дБ – $\pm 0.625V$: -93 дБ – $\pm 0.156V$: -90 дБ
100.0	8.38	50 Ом	В диапазоне: – $\pm 10V$: -92 дБ – $\pm 2.5V$: -92 дБ – $\pm 0.625V$: -90 дБ – $\pm 0.156V$: -60 дБ

продолжение на следующей странице...

продолжение таблицы А.1.1

Частота преобразования АЦП, кГц	Время опроса канала, мкс	Сопротивление источника сигнала	Межканальное прохождение (типичные значения), синусоидальный сигнал 1 кГц
50	20	5 кОм	В диапазоне: – $\pm 10V$: -88 дБ – $\pm 2.5V$: -88 дБ – $\pm 0.625V$: -88 дБ – $\pm 0.156V$: -87 дБ
100.0	8.38	5 кОм	В диапазоне: – $\pm 10V$: -77 дБ – $\pm 2.5V$: -77 дБ – $\pm 0.625V$: -76 дБ – $\pm 0.156V$: -53 дБ
50	20	20 кОм	В диапазоне: – $\pm 10V$: -60 дБ – $\pm 2.5V$: -60 дБ – $\pm 0.625V$: -60 дБ – $\pm 0.156V$: -58 дБ
100.0	8.38	20 кОм	В диапазоне: – $\pm 10V$: -25 дБ – $\pm 2.5V$: -25 дБ – $\pm 0.625V$: -23 дБ – $\pm 0.156V$: -22 дБ

А.2 ЦАП

Параметр	Значение
Количество каналов	2
Разрядность	12 бит
Максимальная частота преобразования	125 кГц
Время установления	8 мкс
Выходной диапазон	$\pm 5V$

А.3 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

[†]совместимо с TTL/CMOS

[‡]двунаправленная

А.4 Выходы питания

См. 5.5, стр. 24 и 5.2.1, стр. 17.

А.5 Питание

Параметр	Значение
Потребляемый ток от USB по цепи +5V	— В активном режиме при ненагруженных выходах и цифровых выходах в Z состоянии: до 260 мА — В режиме низкого электропотребления: до 95 мА

А.6 Физические свойства

Параметр	Значение
Габарит корпуса (без выступающих частей разъемов)	129x95x26 мм
Масса	250 г
Тип разъема 'Analog I/O'	DB-37M
Тип разъема 'Digital I/O'	DB-37F
Тип разъема USB	DUSB-BRA42-T11
Наработка на отказ	Не менее 40000 часов
Срок службы	10 лет

А.7 Условия окружающей среды

Модуль E14-140 предназначен для использования в условиях закрытых помещений в соответствии с требованиями ГОСТ 22261 (группа 1). Модуль может располагаться в любом помещении, либо полевых условиях¹, обеспечивающих рабочие условия применения. Модуль не должен располагаться вблизи источников сильных электромагнитных помех, а также в помещениях, насыщенных взрывоопасными и едкими химическими соединениями.

Параметр	Значение
Нормальные условия	
Температура окружающего воздуха	$+20 \pm 5^{\circ}\text{C}$
Относительная влажность воздуха	30...80%
Атмосферное давление	630...800 мм рт. ст.
Рабочие условия	
Температура окружающего воздуха	$+5... + 40^{\circ}\text{C}$
Относительная влажность воздуха	До 90% при температуре $+25^{\circ}\text{C}$
Условия хранения	
Температура окружающего воздуха	$+5... + 40^{\circ}\text{C}$
Относительная влажность воздуха	До 80% при температуре $+25^{\circ}\text{C}$ без конденсации влаги
Прочие	Отсутствие в воздухе пыли, паров кислот, щелочей, а также газов, вызывающих коррозию

продолжение на следующей странице...

¹при условии того, что изделие не подвергается резким ударам и воздействию атмосферных осадков

продолжение таблицы A.7

Параметр	Значение
Условия транспортирования	
Температура окружающего воздуха	−20... + 60°С
Относительная влажность воздуха	Не более 95% при температуре +25°С
Прочие	Все виды транспорта при условии защиты от прямого попадания атмосферных осадков

Литература

- [1] Кодоркин А. В. [E14-140. Руководство программиста](#). - М.: L-Card, 2003
- [2] Гарманов А. В. [Решение вопросов электросовместимости и помехозащиты при подключении измерительных приборов на примере продукции фирмы L-Card](#). - М.: L-Card, 2002
- [3] Шевкопляс Б. В. [Микропроцессорные структуры. Инженерные решения, гл. 4](#). - М.: Радио, 1990
- [4] National Semiconductor². [A Practical Guide To Cable Selection](#). - Application Note 916
- [5] National Instruments³. [Field Wiring and Noise Considerations for Analog Signals](#). - Application Note 25
- [6] National Instruments. [Signal Conditioning Fundamentals for PC-Based Data Acquisition Systems](#). - Application Note 48
- [7] [Universal Serial Bus Specification](#). - Rev. 1.0, Jan. 1996
- [8] Фролов А. В. Б-ка системного программиста. Программирование модемов, т. 4. - М.: Диалог-МИФИ, 1994
- [9] Денисенко В., Халявко А. [Защита от помех датчиков и соединительных проводов систем промышленной автоматизации](#). - М.: Журнал СТА, 1/2001, стр. 68-75
- [10] Клаасон К. Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике. - М.: Постмаркет, 2000
- [11] Харт Х. Введение в измерительную технику. - М.: Мир, 1999
- [12] Ред.- Новицкий П. В. Электрические измерения неэлектрических величин. - Ленинград: Энергия, 1975
- [13] Тиль Р. Электрические измерения неэлектрических величин. - М.: Энергоатомиздат, 1987
- [14] Олссон Г., Пиани Д. Цифровые системы автоматизации и управления. - Санкт-Петербург, 2001
- [15] Фролов А. В., Фролов Г.В. Б-ка системного программиста, т. 26. Программирование для Windows-NT. - М.: Диалог МИФИ, 1996

²www.national.com

³www.ni.com

-
- [16] Гордеев А. В., Молчанов А. Ю. Системное программное обеспечение. - Санкт-Петербург, 2001
- [17] Джонс М. Х. Электроника - практический курс. - М.: Постмаркет, 2000
- [18] Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов.- Санкт-Петербург, 2002
- [19] National Instruments. [Data Acquisition Specifications - a Glossary](#), by R. House. - Application Note 092

Список таблиц

2.1	Состав поставки ПО на CD-ROM	6
5.1	Назначение сигналов разъема ANALOG I/O	18
5.2	Назначение сигналов разъема DIGITAL I/O	20
5.3	Характеристики входов и выходов сигнальных линий, рабочий режим	22
5.4	Характеристики входов и выходов сигнальных линий, особый режим (1) . . .	23
5.5	Характеристики входов и выходов сигнальных линий, особый режим (2) . . .	23
5.6	Характеристики выходов внешнего питания	24

Список иллюстраций

2.1	Внешний вид печатной платы	4
3.1	Сеть из нескольких E14-140	10
4.1	Функциональная схема	12
5.1	Разъем ANALOG I/O	18
5.2	Разъем DIGITAL I/O	20
5.3	Подключение до 16-ти дифференциальных источников сигналов	26
5.4	Подключение до 32-х однофазных (с общей землей) источников сигналов	26

Оглавление

1	О чем этот документ	1
1.1	Дополнительная документация	1
1.2	Соглашения, принятые в руководстве	2
1.3	Ссылки на дополнительную документацию	2
2	Общее знакомство	3
2.1	Назначение устройства	3
2.2	Внешний вид	4
2.3	Комплектация модуля	5
2.3.1	Базовый комплект поставки	5
2.3.2	Опциональное оборудование	5
2.3.3	Специальная конфигурация	5
2.3.4	Дополнительное оборудование	5
2.4	Поставка ПО	6
2.4.1	Дополнительное программное обеспечение	6
3	Инсталляция и настройка	8
3.1	Аппаратная настройка	8
3.1.1	Подключение к компьютеру	8
3.2	Установка программного обеспечения	9
3.2.1	Драйвер	9
3.2.2	DLL библиотека	9
3.2.3	Прочие компоненты	10
3.3	Диагностика работоспособности	10
3.4	Организация сети	10
4	Обзор аппаратной части и принципы работы	11
4.1	Функциональная схема	11
4.2	Узлы модуля	13
4.2.1	Входной аналоговый тракт	13
4.2.2	АЦП	13
4.2.2.1	Режимы запуска	14
4.2.2.2	Особенности	14
4.2.2.3	Корректировка показаний (калибровка)	14
4.3	Возможность низкого энергопотребления в режиме Suspend USB-порта	15
5	Подключение сигналов	16
5.1	Общие сведения	16
5.2	Специфика модуля	17

5.2.1	Нагрузочная способность	17
5.2.2	Многомодульные соединения	17
5.2.3	О правильном использовании цепей GND и AGND	17
5.3	Внешние разъемы	18
5.3.1	Аналоговый вход-выход	18
5.3.2	Цифровой вход-выход	20
5.4	Характеристики входов и выходов сигнальных линий	22
5.4.1	Рабочий режим	22
5.4.2	Особые режимы	23
5.4.2.1	Вариант 1	23
5.4.2.2	Вариант 2	23
5.5	Характеристика выходов внешнего питания	24
5.5.1	$\pm 15V$	24
5.5.2	$+5V$	25
5.6	Примеры подключения входных аналоговых сигналов	25
5.7	Советы	25
A	Спецификации	28
A.1	АЦП	28
A.1.1	Межканальное прохождение	29
A.2	ЦАП	30
A.3	Цифровые линии	30
A.4	Выходы питания	31
A.5	Питание	31
A.6	Физические свойства	31
A.7	Условия окружающей среды	31
	Литература	33
	Список таблиц	35
	Список иллюстраций	36