

# Ла-5

*Автономный регистратор  
аналоговых и цифровых  
сигналов*

## **Руководство пользователя**



## ЗАО «Руднев-Шиляев»

ЗАО "Руднев-Шиляев" сформировалось на базе известного Института радиотехники и электроники Российской Академии наук (ИРЭ РАН) и занимается проблемами аналогово-цифрового преобразования (АЦП) и последующей обработкой сигналов. Научно-технический потенциал специалистов фирмы позволил за короткий срок разработать и представить на Российский рынок платы сбора данных (ПСД) с нормированными метрологическими характеристиками. Широкий спектр плат позволяет пользователю гибко подойти к решению своей задачи. От простых, но высококачественных плат, позволяющих производить мониторинг технологических процессов до высокоточных измерительных плат, являющихся средством измерения. Вся выпускаемая продукция фирмы подвергается тщательной проверке службой технического контроля. ЗАО "Руднев-Шиляев" использует как известные и общепринятые методики, так и оригинальные, разработанные специалистами фирмы для калибровки аналогово-цифровых каналов в реальных условиях его применения по динамическим параметрам: отношение сигнал/шум, коэффициент гармонических искажений, реальный динамический диапазон и число эффективных разрядов в зависимости от частоты входного воздействия на АЦП. Знания этих характеристик позволяют более корректно решать задачу применения АЦП в реальных условиях и дают возможность до эксперимента оценить погрешности, вносимые всем аналогово-цифровым каналом в конечный результат измерения. Таким образом, можно сравнивать изделия ЗАО "Руднев-Шиляев" с аналогичной продукцией других производителей по указанным выше динамическим параметрам.

Компьютеры в наше время становятся не только вычислительными средствами, они превращаются в универсальные виртуальные измерительные приборы. Устройства на основе персонального компьютера (ПК) - заменяют стандартные измерительные приборы: вольтметры, самописцы, осциллографы, генераторы, спектроанализаторы и другие на систему виртуальных приборов. Такая система состоит из компьютера, наличие которого сегодня является необходимым условием качественных и быстрых измерений, и одной или нескольких плат сбора данных (ПСД), причём, программная часть виртуального прибора может эмулировать переднюю управляющую панель стационарного измерительного устройства. Платы ЗАО "Руднев-Шиляев" позволяют превратить Ваш компьютер в универсальную измерительную лабораторию. Параметры такого прибора: динамический и частотный диапазоны, чувствительность, разрешение и другие характеристики определяются выбранными устройствами ЗАО "Руднев-Шиляев". Выпускаемые устройства можно разбить на несколько групп: измерительные платы АЦП и ЦАП, цифровые ТТЛ-совместимые платы и дополнительные согласующие устройства. Большой спектр функционально совместимых устройств, выпускаемых ЗАО "Руднев-Шиляев" позволяет создавать комплексы обработки сигналов на базе персонального компьютера IBM PC.

Такие системы с использованием плат ЗАО "Руднев-Шиляев" используются как метрологические средства измерений для калибровки микросхем АЦП на этапе разработки и при выходном контроле; для калибровки радиоканалов по динамическим параметрам; для анализа сложных быстропротекающих процессов в различных областях научно-производственной деятельности. Нашими заказчиками являются: ЛИИ (г. Жуковский), ЦАГИ, ВНИИФТРИ, ВНИИМС, ИРЭ РАН, НИИИТ, ИГД им. Скочинского, ОКБ МЭИ, ЦИАМ, НИИТП, ВНИИЖТ, МИФИ, МГУ и многие другие не только в нашей стране, а также в ближнем и дальнем зарубежье

## **ВВЕДЕНИЕ**

Настоящее «Руководство пользователя» (РП) включает в себя все технические сведения о регистраторе (далее «прибор»), принципе действия и назначение его составных частей.

В связи с постоянной работой по совершенствованию изделия, повышающей его надежность и улучшающие его эксплуатационные характеристики, в конструкцию прибора могут быть внесены незначительные изменения, не отраженные в настоящем издании РП.

## **НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

Основное назначение прибора – запись аналоговых и цифровых входных сигналов в энергонезависимую память для дальнейшей обработки при помощи ПК. Кроме того, есть возможность передавать измеренные значения в ПК в реальном времени. Основным отличием устройства ЛА-5 является наличие сетевого интерфейса и возможность работы в вычислительных сетях через стандартный набор (стек) протоколов с коммутацией пакетов TCP/IP. Архитектура протоколов TCP/IP предназначена для построения объединенной сети, состоящей из отдельных подсетей. В каждой подсети может применяться своя, специфическая среда передачи данных. Несмотря на это, стандартизация форматов данных и правил взаимодействия между сетевыми устройствами позволяет создавать сети самой разнообразной топологии и масштаба: от простого соединения двух компьютеров до глобальной сети Интернет.

Пониженное энергопотребление и малые габариты в совокупности с высоким разрешением позволяют решать большинство задач мониторинга, контроля и диагностики. Радиоинтерфейс Wi-Fi дает возможность применять устройство ЛА-5 на мобильных или труднодоступных объектах. Стандартный проводной интерфейс 10/100 Base-T позволяет эффективно использовать существующую инфраструктуру локальных сетей.

# ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

## ◆ ВХОДНЫЕ КАНАЛЫ

<b>Число аналоговых входов</b> (Групповая гальваническая развязка 4кВ.)	16 однополюсных или 8 дифференциальных
<b>Число аналоговых выходов</b>	2
<b>Конфигурация аналоговых входов</b>	Однополюсные или дифференциальные
<b>Разъемы</b>	DHR-26 (2 шт.), RJ-45 для базовой модели, оптический соединитель LC для модификации FX, антенный разъем SMA-F 50 Ом для модификации Wi-Fi
<b>Входное сопротивление (импеданс)</b>	>100МОм
<b>Полоса пропускания (-3 дБ)</b>	1 кГц
<b>Диапазоны входного напряжения</b>	±10.0 В; ±5.0 В; ±2.5 В; ±1.0 В; ±0.5 В; ±0.25 В; ±0.1 В; ±0.05 В;
<b>Диапазон выходного напряжения</b>	±10В
<b>Защита по напряжению аналоговых входов</b> (при включенном питании)	±15В
<b>Число цифровых входов</b> (Гальваническая развязка 4кВ.)	16
<b>Уровни цифровых входов</b>	ТТЛ – совместимые
<b>Объем энергонезависимой памяти</b>	8 Мбайт (32 Мбайт опционально)

## ◆ АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

<b>Разрешение</b>	12 бит
<b>Время преобразования</b>	5 мкс
<b>Максимальная частота дискретизации</b>	4 кГц
<b>Запуск АЦП</b>	От внутреннего кварцевого генератора

## ◆ ЦИФРО- АНАЛОГОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

<b>Разрешение</b>	12 бит
<b>Время преобразования</b>	10 мкс
<b>Запуск ЦАП</b>	От внутреннего кварцевого генератора

---

◆ **ОБЩИЕ**

**Интерфейса ПК**

Ethernet 10/100 Мбит/с:

10/100Base-T (витая пара UTP-5) –  
базовая модель

100Base-FX (многомодовое  
оптоволокно, соединитель LC, длина  
волны 1310 нм) –

модификация FX

Радиоинтерфейс Wi-Fi

(IEEE 802.11b, диапазон частот 2412 –  
2472 МГц) –

модификация Wi-Fi

---

**Потребляемая мощность**

+12В; 200 мА

**Габариты**

140×115×35 мм

**Масса**

не более 300 г

# СОСТАВ ИЗДЕЛИЯ

Прибор поставляется в составе, указанном в таблице.

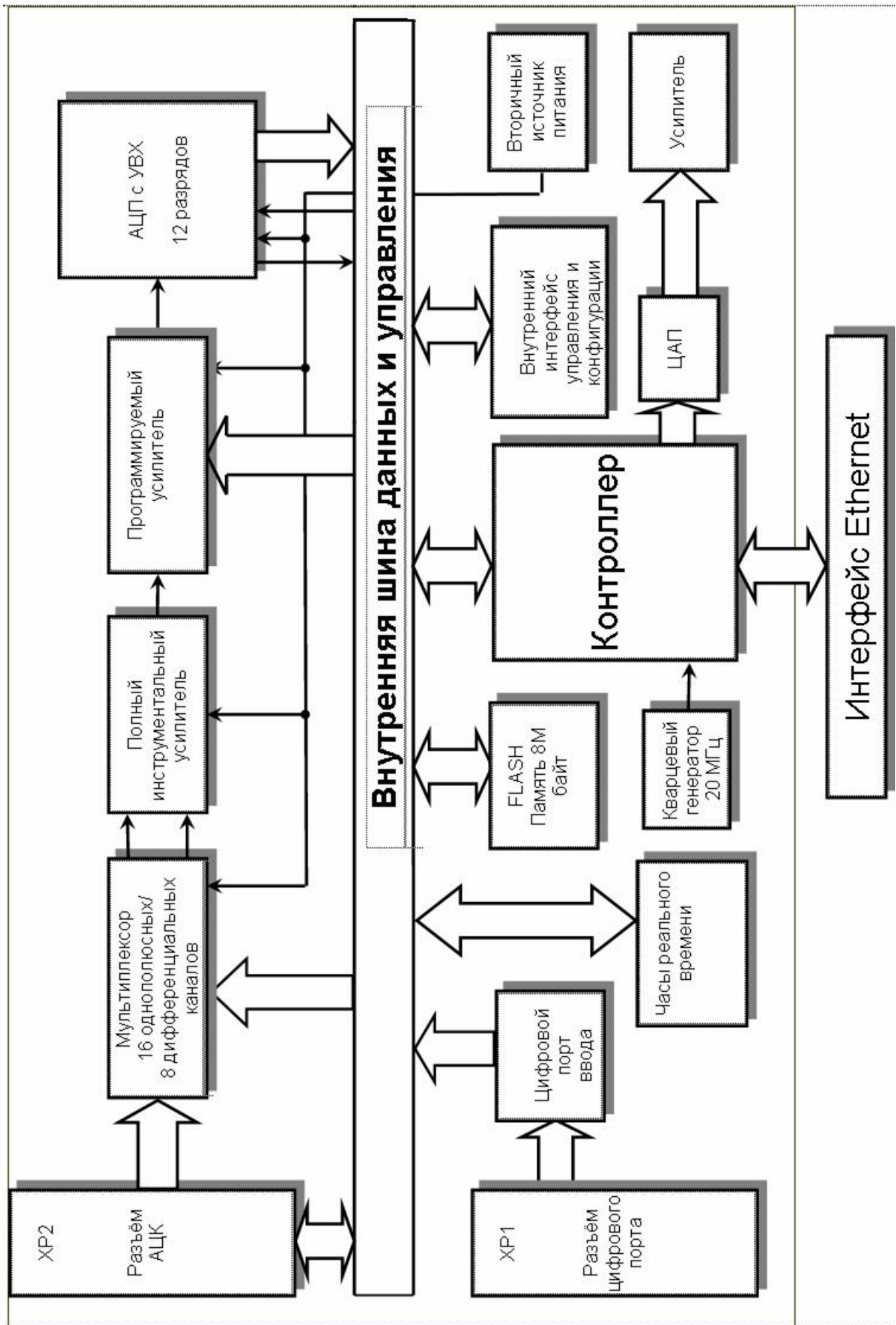
**Таблица 1. Состав изделия**

НАИМЕНОВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО	ПРИМЕЧАНИЕ
Регистратор	1	
Кабель для связи с компьютером	1	
Ответные части внешних разъемов DHR-26	2	
Сетевой блок питания	1	
Руководство пользователя	1	
Комплект программного обеспечения	1	

Ø Примечания: Для модификации Wi-Fi в состав изделия входит ненаправленная штыревая антенна.

## ОПИСАНИЕ ПРИБОРА

Прибор содержит следующие функциональные узлы: аналого-цифровой канал (АЦК), цифровой порт ввода, контроллер, внутреннее энергонезависимое запоминающее устройство (FLASH), часы реального времени и интерфейс ввода/вывода.





## **Аналого-цифровой канал**

Основное назначение АЦК – преобразование исследуемого аналогового сигнала в цифровую форму для его дальнейшей обработки в ПК.

Аналоговый сигнал подается на входы каналов с 1 по 16. Далее сигнал поступает на усилитель, затем через мультиплексор на вход АЦП. АЦП преобразует аналоговый сигнал в цифровую форму (цифровые данные). Цифровые данные с выхода АЦП поступают в ОЗУ контроллера, и далее могут записываться во FLASH память или передаваться в ПК минуя FLASH память.

## **Цифро-аналоговый канал**

Основное назначение ЦАП – выдача аналогового сигнала на выходной разъем прибора.

## **Цифровой порт ввода**

Шестнадцать линий цифрового порта ввода имеют гальваническую развязку 4 кВ. Цифровые каналы с 0 по 3 записываются синхронно с нулевым аналоговым каналом. Причем, в старших 4 битах содержатся данные цифрового порта, а в 12 младших – данные АЦП. Следующие четыре цифровых канала записываются синхронно с первым аналоговым каналом и т.д. Таким образом, для записи всех 16 бит цифрового порта должно быть выбрано не менее четырех аналоговых каналов.

## **Часы реального времени**

Часы реального времени хранят текущее время и дату. Для питания часов используется литиевая батарея. Гарантируемое время работы часов 10 лет.

## **Блок питания**

Блок питания формирует все необходимые для работы прибора напряжения. Нормальная работа прибора возможна если входное напряжение блока питания находится в пределах от 9 В до 16 В.

## Контроллер

Основное назначение многофункционального контроллера – согласование работы АЦП, ЦАП и цифрового порта с внутренним запоминающим устройством (ЗУ) и обеспечение связи с ПК.

## Flash память

Основное назначение FLASH памяти - хранение полученных данных. Память разбита на отдельные кластеры по 8 Кбайт каждый. В одном кластере содержится 4096 слов. Одно слово состоит из 16 бит. В младшие 12 бит записываются аналоговые каналы, в старшие 4 бита записываются цифровые каналы.

Инициировать процесс записи данных в Flash память можно программно по Ethernet каналу или аппаратно. Доступны два способа аппаратной инициализации – по цифровому порту и по будильнику часов реального времени. При совпадении данных цифрового порта с заданной маской, контроллер начинает процесс записи в текущий файл. Если условие совпадения нарушается, контроллер дописывает еще N точек (число N программируется), повторно проверяет условие совпадения и, если совпадения по-прежнему нет, завершает запись файла. Инициировать процесс записи можно и по будильнику часов реального времени. В этом случае программируется дата и время старта, а также дата, время останова.

Вся память может быть сконфигурирована как линейный массив или как циклический массив. Если память сконфигурирована как линейный массив, то запись остановиться при переполнении всей памяти, и начинает часто мигать светодиод «Готов». Если память сконфигурирована как циклический массив, то после переполнения памяти самые «старые» данные будут заменяться новыми. Кроме того, существует возможность указать условие, при выполнении которого файл будет помечен как не стираемый. В этом случае такой файл не сотрется, даже если память была сконфигурирована как циклический массив. Файл будет помечен как не стираемый, если выбранный аналоговый канал попадет в заданную зону или при совпадении данных цифрового порта с заданной маской.

Для автономной работы прибора, во FLASH памяти предусмотрена служебная область, в которой хранятся настройки параметров измерения: частота дискретизации, количество каналов измерения и условие для инициализации записи данных и т.д. Параметры измерения и данные часов реального времени

---

считываются контроллером непосредственно перед записью и хранятся в заголовке файла.

## Интерфейс ввода/вывода

Сетевой интерфейс предназначен для организации обмена данными между компьютером и устройства ЛА-5. С помощью него можно изменять параметры измерения, задать параметры для инициализации записи, считывать измеренные данные, изменять состояние ЦАПа, изменять сетевые настройки и другие параметры прибора для работы в составе системы.

Как и любой обычный компьютер, работающий в сети по протоколам TCP/IP, каждое устройство ЛА-5 имеет уникальный MAC адрес, IP адрес, маску сети, адрес шлюза. IP адрес это уникальный адрес компьютера в сети, имеющий длину 4 байта. Маска сети, как и IP адрес, имеет длину 4 байта и предназначена для условного разделения IP адреса на две части: адрес подсети и адрес устройства в этой подсети. Результат побитовой операции «И» IP адреса и маски сети дает адрес подсети. Остальная часть IP адреса считается адресом устройства в этой подсети. В том случае, если необходимо отправить пакет устройству, находящемуся в другой подсети, этот пакет направляется в шлюз – точку выхода из подсети. Все эти сетевые настройки можно изменять с помощью программы La5Conf. Адрес MAC – это шестибайтный адрес протокола нижнего уровня, который уникален для каждого устройства и не может быть изменен.

По умолчанию ЛА-5 имеет следующие сетевые настройки:

IP адрес	192.168.11.5
Маска сети	255.255.255.0
IP адрес шлюза	192.168.11.1

Устройство работает в режиме сервера через порт 4096. В каждый момент времени поддерживается не более одного соединения. При отсутствии соединения светодиод «Готов» начинает редко мигать. После установления соединения светодиод «Готов» горит постоянно.

Передача данных на физическом уровне может осуществляться с помощью одного из трех интерфейсов, в зависимости от модификации устройства: 10/100Base-TX, 100Base-FX или IEEE 802.11b.

### **10/100Base-TX**

Интерфейс физического уровня 10/100Base-TX позволяет передавать данные по медным проводам тип «витая пара» (UTP-5) со скоростью в пакете 10 Мбит/с или 100 Мбит/с. Этот интерфейс входит в состав базовой модели и удобен для создания распределенных измерительных систем, использующих существующую инфраструктуру локальных сетей. Для подключения кабеля используется стандартный разъем RJ-45 (рис.1). Цоколевка разъема приведена в таблице 1.

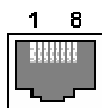


Рис.1. Внешний вид разъема RJ-45.

Таблица 1. Цоколевка разъема RJ-45.

Номер контакта	Название сигнала	Описание
1	TX+	Дифференциальный неинвертирующий выход передатчика
2	TX-	Дифференциальный инвертирующий выход передатчика
3	RX+	Дифференциальный неинвертирующий вход приемника
4	NC	Не подключен
5	NC	Не подключен
6	RX-	Дифференциальный инвертирующий вход приемника
7	NC	Не подключен
8	NC	Не подключен

Считается, что нормальная передача данных обеспечивается при длине кабеля между активными сетевыми устройствами не более 100м.

В качестве простейшей топологии сети можно предложить обычное решение с использованием концентратора (Hub) или коммутатора (рис. 2).

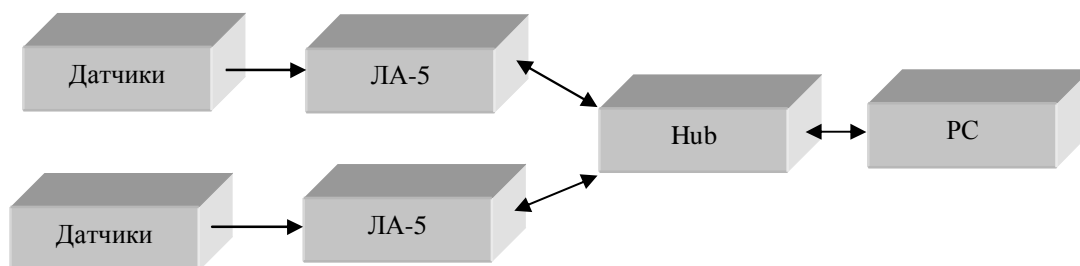


Рис.2. Схема измерительно-вычислительной сети с использованием регистраторов ЛА-5.

Видно, что применение сетевых технологий дает не только такие преимущества как масштабируемость, использование существующей инфраструктуры ЛВС и удобные стандартные интерфейсы передачи данных. Теперь появляется возможность устанавливать АЦП в непосредственной близости от датчиков, а уже цифровые данные передавать на

значительные расстояния. Уменьшение длины соединительных кабелей между датчиками и устройствами сбора данных может привести к существенному улучшению соотношения сигнал-шум и помехозащищенности системы в целом.

Если надо подключить одно устройство ЛА-5 непосредственно к компьютеру, а концентратора и локальной сети нет, то можно воспользоваться специальным кросс - кабелем (табл. 2)

Таблица 2. Соединение двух активных сетевых устройств без помощи концентратора.

Номер контакта на устройстве 1	Название сигнала на устройстве 1	Номер контакта на устройстве 2	Название сигнала на устройстве 2
1	TX+	3	RX+
2	TX-	6	RX-
3	RX+	1	TX+
4	NC	4	NC
5	NC	5	NC
6	RX-	2	TX-
7	NC	7	NC
8	NC	8	NC

Этим кабелем можно напрямую подключить ЛА-5 к сетевой плате компьютера.

### **100Base-FX**

Часто возникает задача передачи данных на значительные расстояния, больше 100 м, или в условиях сильных электромагнитных помех. В этих случаях одним из решений является применение волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). При использовании ВОЛС информация передается по оптическим диэлектрическим волноводам, известным под названием "оптическое волокно". Оптическое волокно в настоящее время считается самой совершенной физической средой для передачи информации, а также самой перспективной средой для передачи больших потоков информации на значительные расстояния.

Для передачи сигналов применяются два вида волокна: одномодовое и многомодовое (рис.3). Свое название волокна получили от способа распространения излучения в них.

Волокно состоит из сердцевины и оболочки с разными показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$ . В одномодовом волокне диаметр световодной жилы порядка 8-10 мкм, то есть, сравним с длиной световой волны. При такой геометрии в волокне может распространяться только один луч (одна мода). В многомодовом волокне размер световодной жилы порядка 50-60 мкм, что делает возможным распространение большого числа лучей (много мод).

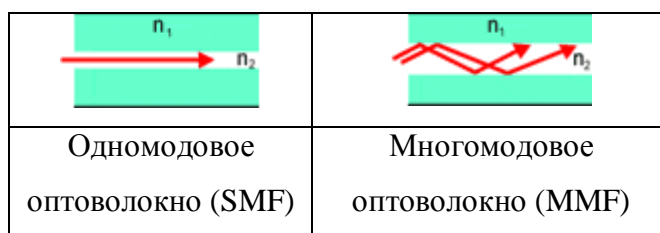


Рис. 3. Два типа оптического волокна: SMF и MMF.

Для подключения оптоволоконных линий к сетевым устройствам применяются различные типы оптических соединителей (рис. 4). На устройстве ЛА-5 используется соединитель типа LC, хотя по желанию заказчика возможна установка и других соединителей.

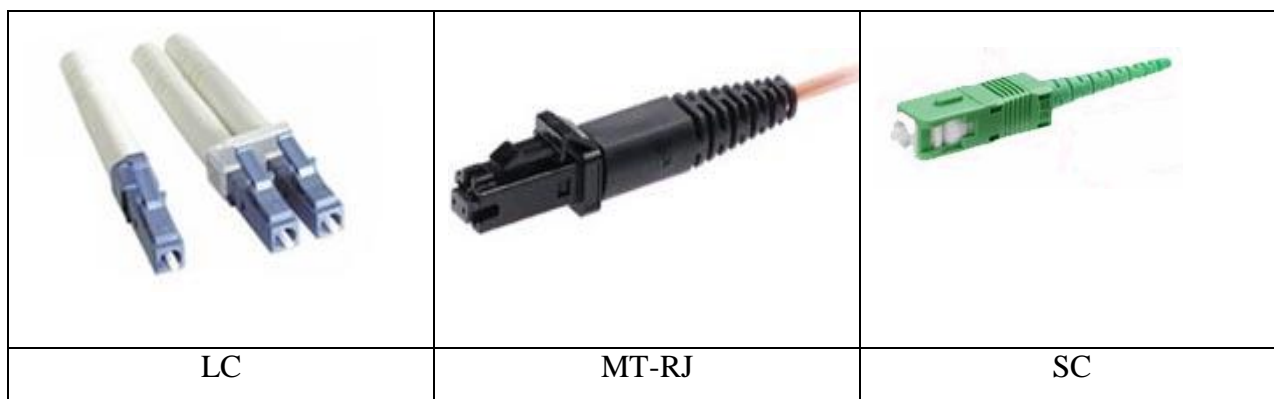


Рис. 4. Основные типы оптических соединителей.

Кроме того, существуют различные типы оптических интерфейсов, отличающихся длиной волны излучения и максимальной дальностью передачи данных (табл.3). В регистраторе ЛА-5 используется интерфейс 100Base-FX для многомодового оптоволокна. Рабочая длина волны равна 1310 нм, а максимальная дальность связи достигает 2 км.

Таблица 3. Характеристики оптических интерфейсов.

Название интерфейса	Тип оптоволокна	Длина волны, нм	Дальность связи, км
10Base-FL	MMF	850	2
10Base-FL	SMF	1310	15
<b>100Base-FX</b>	<b>MMF</b>	<b>1310</b>	<b>2</b>
100Base-SX	MMF	850	0.3
100Base-FX	SMF	1310	15 – 75
100Base-FX	SMF	1550	100

1000Base-SX	MMF	850	0.22 – 0.55
1000Base-LX	SMF	1310	10 – 20
1000Base-LX	SMF	1550	50 – 70

### IEEE802.11b

Радиоинтерфейс IEEE 802.11b (Wi-Fi) дает возможность применять устройство ЛА-5 на мобильных объектах или в труднодоступных местах. Структурная схема модификации ЛА-5 с радиоинтерфейсом представлена на рис.5.

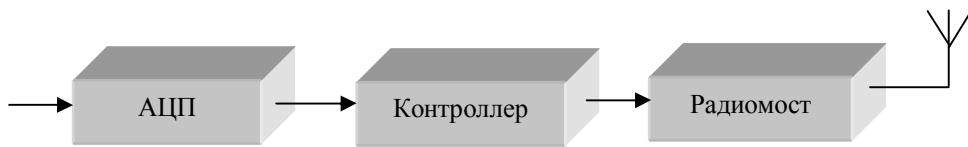


Рис.5 Структурная схема ЛА-5 в модификации Wi-Fi.

В отличие от других модификаций, здесь с устройством связано два IP адреса: один с контроллером (по умолчанию 192.168.11.5) и один с радиомостом (по умолчанию 192.168.11.30). Для передачи данных и команд, как и в других модификациях, необходимо обращаться к IP адресу контроллера.

Радиомост имеет свой графический интерфейс для настройки. Для доступа к нему достаточно набрать IP адрес радиомоста в веб браузере. Используя веб интерфейс радиомоста, можно просматривать сведения о состоянии устройства (уровень сигнала, идентификатор сети, адреса устройств, находящихся на связи), а также изменять рабочий частотный канал, идентификатор сети, режим доступа и т.п. Есть возможность включить функцию шифрования данных WEP (рис.6).



Kryptonite		IEEE 802.11b 11Mbps Wireless LAN
		<a href="#">Info</a>   <a href="#">Wireless</a>   <a href="#">IP Addr</a>   <a href="#">Stations</a>   <a href="#">Admin</a>
<b>Wireless Configuration</b>		On this page you can configure the 802.11b wireless settings. Any new settings will not take effect until the bridge is rebooted. NOTE: You may have to re-load this page to see the current settings..
Operating Mode:	<input checked="" type="radio"/> Ad-Hoc <input type="radio"/> Infrastructure	
The SSID:	<input type="text" value="LA5NET"/>	(Leave field blank to use any SSID)
Channel:	<input type="text" value="6"/>	(used only with Ad-Hoc mode)
Transmission Rate:	<input type="text" value="Automatic"/>	(Mbits/s)
Access Point Density:	<input type="text" value="High"/>	(used only for Infrastructure mode)
WEP enabled:	<input type="checkbox"/>	
	For proper use of WEP, also select "Deny Unencrypted Data" and set Authentication to "Shared Key" when WEP is enabled	
WEP Key Length:	<input type="text" value="128 bit"/>	
	For 64 bit keys you must enter 10 hex digits into the key fields, for 128 bit keys you must enter 26 hex digits. If you leave the key field blank this means a key of all zeros.	

Рис.6. Интерфейс конфигурации радиомоста.

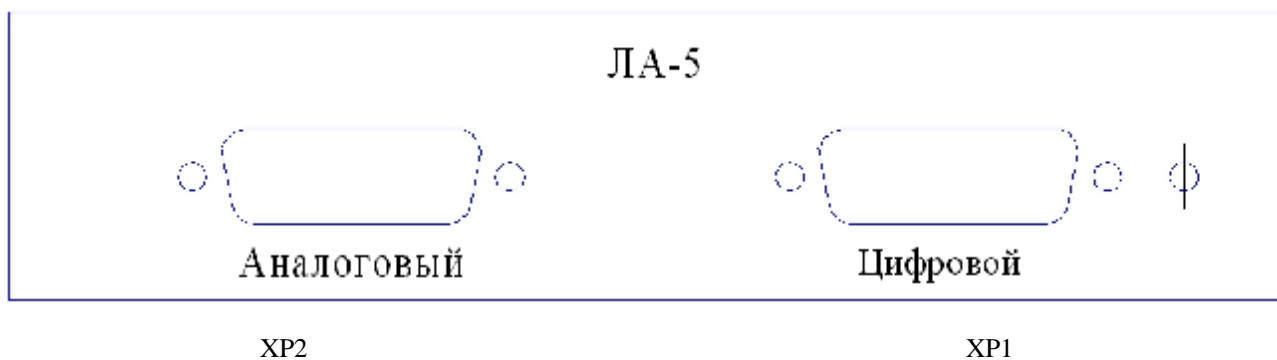
Передатчик радиомоста работает в диапазоне частот 2412 – 2472 МГц и имеет выходную мощность от 40 до 100 мВт. Чувствительность приемника составляет -84 дБм. Радиомост может работать как при фиксированной скорости обмена (11, 5.5, 2 или 1 Мбит/с), так и в режиме автоматического выбора скорости.

В зоне прямой видимости с использованием штатной ненаправленной антенны связь возможна на расстоянии до 200 м. Для обеспечения большей дальности связи могут быть использованы внешние усилители и направленные антенны. Устройство снабжено стандартным антенным 50-омным интерфейсом с разъемом SMA-F.

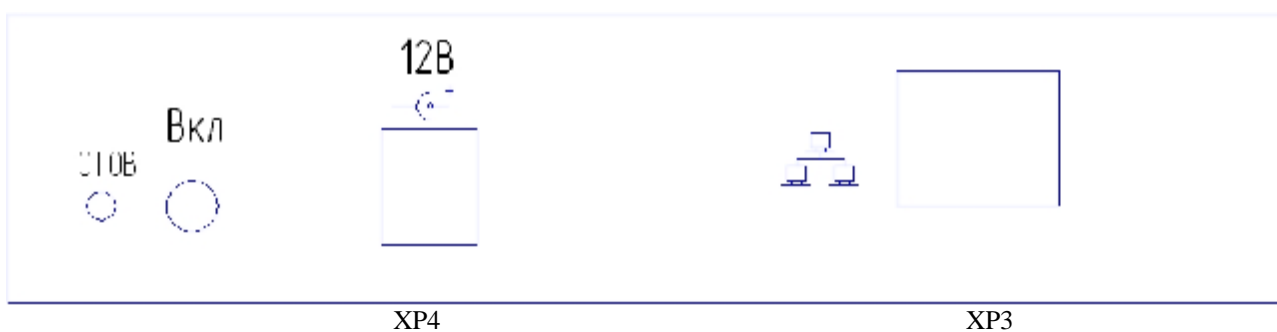
**Таблица 1**

Параметры сигналов, подаваемых на разъемы платы ЛА-5

Разъем	Описание сигнала
XP1	ТТЛ-совместимый сигнал.
XP2	Максимальная амплитуда входного сигнала, подаваемых на аналоговые входы (AIN<0...15>) не более $0 \pm 12\text{В}$ .
XP3	Интерфейс 10/100Base-T (базовая модификация).
XP4	Входное напряжение питания +12 В



**Рис. 1. Передняя панель прибора.**



**Рис. 2. Задняя панель прибора (базовая модификация).**

Назначение контактов разъема цифрового порта ввода/вывода XP1 (Рис. 3) приведено в таблице 2.

### Разъем XP1 (вид спереди)

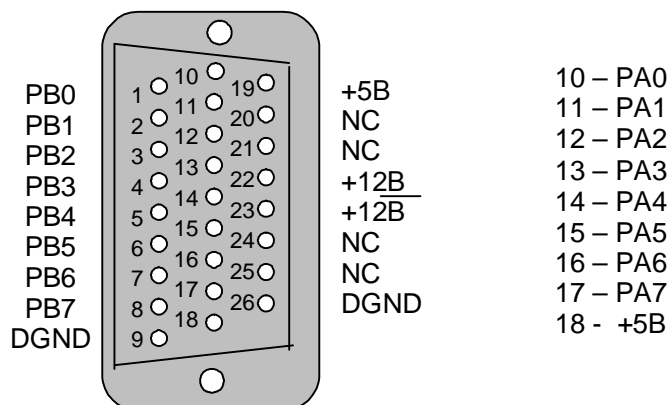


Рис. 3

Таблица 2

Назначение контактов разъема цифрового порта ввода/вывода XP1

Номер контакта	Обозначение	Назначение
<1...8>	PB<0...7>	Порт ввода В, цифровые входы
9	DGND	Цифровая земля
<10...17>	PA<0...7>	Порт ввода А, цифровые входы
18, 19	+5В	Выход +5В (относительно AGND)
20, 21, 24, 25	NC	Не подсоединены
22, 23	+12 В	Входное напряжение питания +12 В относительно DGND (дублируется отдельный разъем питания на задней панели XP4)

Ø *Примечание*

*Для сигналов, подаваемых на контакты разъема XP1 цифрового порта ввода/вывода необходимо использовать цифровую землю DGND.*

**Назначение контактов разъема аналогового входа XP2 (Рис. 4) приведено в таблице 1.**

### Разъем XP2 (вид спереди)

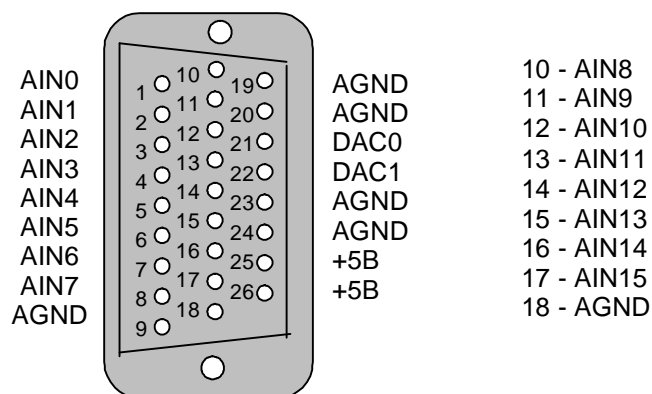


Рис. 4

Таблица 1

Назначение контактов разъема аналогового входа XP2

Номер контакта	Обозначение	Назначение
<1...8> <10...17>	AIN<0...15>	Аналоговые входы каналов 1÷16 для синфазного режима. В дифференциальном режиме контакты 1÷8 – инвертирующие входы, контакты 10÷17 – неинвертирующие входы. Пример для канала 6: вход «-» – контакт 6 (AIN5); вход «+» - контакт 15 (AIN13).
9, 18, 19, 20, 23, 24	AGND	Аналоговая земля
25, 26	+5B	Выход +5В (относительно AGND)
21	DAC0	Выход ЦАП, канал «0»
22	DAC1	Выход ЦАП, канал «1»

Ø Примечания

- 1) Для сигналов, подаваемых на контакты <1...8>, <10...17> и 21, 22 необходимо использовать аналоговую землю AGND.

## Управление прибором

Управление прибором осуществляется по протоколу TCP с помощью обмена различными пакетами. Устройство работает в режиме сервера через порт 4096. В каждый момент времени поддерживается не более одного соединения. Описание управляющих пакетов и пакетов состояния приведено в таблице 4 и 5.

**Таблица 4**

Описание управляющих пакетов (16 байт)

Все пакеты начинаются с преамбулы "LA5NETRS" (8 байт), потом идут 8 байт информации. Из этих 8 байт первым идет номер пакета + 0x80.

Номер (см. PacketConst.h)	Описание семи остальных байт
PACKET_START_STOP	<p>Если 1 байт равен 1 немедленный старт АЦП; 2 – старт АЦП по будильнику, 3 – старт АЦП по состоянию цифрового порта.</p> <p>При этом если байт 2 равен 0, включается однополюсный режим, иначе дифференциальный.</p> <p>Байт 3 определяет, что делать с данными:</p> <p>0-й бит – передавать данные в реальном времени, 1-й бит – сохранять данные в FLASH.</p> <p>Два этих бита можно объединять по ИЛИ.</p> <p>4 байт ст.байт маски цифрового порта; 5 байт мл. байт маски цифрового порта; 6 байт ст. байт состояния цифрового порта; 7 байт мл. байт состояния цифрового порта.</p> <p>Значение порта объединяется по И с маской и сравнивается с байтом состояния. При совпадении происходит запуск, при несовпадении – остановка.</p> <p>Если байт 1 равен 0, стоп АЦП, прекращение передачи и записи во FLASH.</p>
PACKET_FREQ	<p>Установка начального значения счетчика таймера 2 (частота дискретизации):</p> <p>1 байт – старший байт счетчика таймера; 2 байт – младший байт счетчика таймера.</p>

PACKET_RESET	<p>1 байт: 0 – й бит сброс счетчика каналов.</p> <p>1 – й бит стирание FLASH.</p> <p>2 – й бит перезагрузка сетевого модуля после закрытия текущего соединения.</p> <p>3 – й бит сброс FLASH.</p> <p>4 – й бит стирание 1 блока всей FLASH данных. Номер блока передается в 6 (старший) и 7 (младший) байтах. После этой команды посылается пакет статуса, состоящий из всех нулей, кроме первых двух байт. В этих байтах посылается номер стертого блока.</p> <p>Эти биты можно объединять по ИЛИ.</p>
PACKET_GAIN_CHAN	<p>1 байт – номер канала;</p> <p>2 байт – код коэффициента усиления.</p>
PACKET_GET_DATA	<p>Начало передачи данных, записанных во FLASH. Если АЦП был запущен, то он останавливается.</p> <p>1 байт – ст.байт начального номера страницы;</p> <p>2 байт – мл. байт начального номера страницы;</p> <p>3 байт – ст.байт числа страниц;</p> <p>4 байт – мл. байт числа страниц;</p> <p>5 байт – если не 0, то считывается вся служебная область.</p>
PACKET_CHAN_USE	<p>1 байт – количество каналов.</p>
PACKET_DAC_OUT	<p>Запись в ЦАП (12 бит).</p> <p>1 байт – биты 1 и 2 определяют номер ЦАПа (0,1). Эти биты можно объединять по ИЛИ для синхронной записи в 2 ЦАПа.</p> <p>2 байт – младший байт ЦАПа 0.</p> <p>3 байт – старший байт ЦАПа 0.</p> <p>4 байт – младший байт ЦАПа 1.</p> <p>5 байт – старший байт ЦАПа 1.</p>
PACKET_NASTR_WRITE_EE	<p>Запись 4 байт во FLASH контроллера.</p> <p>1 байт – ст. байт номера страницы;</p> <p>2 байт – мл. байт номера страницы;</p> <p>3 байт – первый записываемый байт;</p> <p>4 байт – первый записываемый байт;</p> <p>5 байт – первый записываемый байт;</p> <p>6 байт – первый записываемый байт.</p>

PACKET_NASTR_READ_EE	<p>Чтение 4 байт из FLASH контроллера.</p> <p>1 байт – ст. байт номера страницы; 2 – мл. байт номера страницы. Прочитанные 4 байта передаются в пакете статуса.</p>
PACKET_TIMER	<p>Программирование часов реального времени.</p> <p>1 байт – секунды; 2 байт – минуты; 3 байт – часы; 4 байт – день недели; 5 байт – число; 6 байт – месяц; 7 байт – год (2 цифры).</p> <p>Все данные записываются в двоично-десятичном виде, т.е. младшая тетрада обозначает младшую десятичную цифру, а старшая – старшую.</p>
PACKET_TIMER+0x40	<p>Чтение состояния часов реального времени.</p> <p>Информационные 20 байт пакета состояния имеют следующий формат:</p> <p>0 байт – секунды; 1 байт – минуты; 2 байт – часы; 3 байт – день недели; 4 байт – число; 5 байт – месяц; 6 байт – год (2 цифры); 7 байт – секунды будильника; 8 байт – минуты будильника; 9 – часы будильника; 17, 18 – два байта цифрового порта; 19 – состояние АЦП (0 – остановлен, 4-запущен).</p>

PACKET_PREHIST	<p>Программирование времени начала и окончания сбора данных:</p> <p>1 байт – секунды;</p> <p>2 байт – минуты;</p> <p>3 байт – часы;</p> <p>4 байт – число;</p> <p>5 байт – месяц;</p> <p>6 байт – год (2 цифры);</p> <p>7 байт – если 1, то программируется время начала сбора, 0 – окончание.</p>
PACKET_PARAM_CHAN	<p>1 – номер канала для сравнения с порогом;</p> <p>2 – если не 0, то разрешается циклическая запись;</p> <p>3 – ст.байт нижнего порога;</p> <p>4 – мл. байт нижнего порога;</p> <p>5 – ст. байт верхнего порога;</p> <p>6 – мл. байт верхнего порога. Код АЦП с заданного канала сравнивается с порогом. Если код больше нижнего порога и меньше верхнего порога, то ставится метка «не стирать!»</p>
PACKET_CONTROL	<p>1 – если не 0, то разрешается циклическая запись;</p> <p>2 – ст.байт маски цифрового порта;</p> <p>3 – мл. байт маски цифрового порта;</p> <p>4 – ст. байт состояния цифрового порта;</p> <p>5 – мл. байт состояния цифрового порта. Значение порта объединяется по И с маской и сравнивается со словом состояния. При совпадении ставится метка «не стирать!»</p>
PACKET_GET_STATUS	<p>Запрос пакета статуса.</p> <p>1 байт – номер статуса: 1, 2 или 3 (см. табл. 5).</p>

Каждый пакет состояния от контроллера имеет вид: "STATUS="+20 байт, т.е. всего 27 байт. Пакет состояния посылается после прихода пакета PACKET\_GET\_STATUS или пакета с установленным битом 0x40.



Таблица 5

Номер статуса	Формат пакета состояния
1	0 байт – код производителя FLASH (например, 0xEC); 1 байт – код устройства FLASH (например, 0xE6); 2-7 байты – 6 байт MAC адреса; 8-11 байты – 4 байта IP адреса; 12-15 байты – 4 байта IP адреса шлюза; 16-19 байты – 4 байта маски сети.
2	0 байт – состояние АЦП (0 – остановлен, 4- запущен); 1 байт – делитель таймера, ст.байт; 2 байт – делитель таймера, мл.байт; 3 байт – число каналов. 4-19 байты – 16 байт номеров каналов и коэффициентов усиления. Младшая тетрада – номер канала, старшая – код коэффициента усиления.
3	0 – секунды; 1 – минуты; 2 – часы; 3 – день недели; 4 – число; 5 – месяц; 6 – год (2 цифры); 7 – секунды будильника; 8 – минуты будильника; 9 – часы будильника; 10 – если не 0, то FLASH память данных кончилась; 11, 12 – число страниц FLASH памяти данных (1 страница = 528 байт); 13, 14 – – число блоков FLASH памяти данных (1 блок = 16 страниц ); 15 – если не 0, то разрешен режим циклической записи; 16 – всегда 0; 17, 18 – два байта цифрового порта; 19 – состояние АЦП (0 – остановлен, 4- запущен).

Для хранения различных параметров платы используется служебная область энергонезависимой памяти (FLASH). Для доступа к этой памяти используются пакеты `PACKET_NASTR_WRITE_EE` и `PACKET_NASTR_READ_EE`. Карта внутренней служебной FLASH памяти приведена в таблице 6. Память организована в виде 1024 страниц по 4 байта в каждой. Страницы с 0 по 26 используются для хранения параметров платы. Эти параметры используются при инициализации устройства после включения питания. Страницы с 27 по 1023 могут использоваться для хранения пользовательской информации.

Для хранения собранных данных АЦП и цифрового порта используется энергонезависимая память данных (FLASH). Эта память данных состоит из 1024 блоков. Каждый блок содержит 16 страниц. Каждая страница содержит 512 + 16 байт (см. табл. 7). Для доступа к памяти данных используется пакет `PACKET_GET_DATA`.

Данные одного отсчета АЦП хранятся в памяти и передаются в двух байтах, где старшие 4 бита содержат состояние одной из четырех тетрад цифрового порта, а 12 младших – код АЦП. Номер тетрады цифрового порта определяется как остаток от деления на 4 порядкового номера канала АЦП. Таким образом, для записи всех 16 бит цифрового порта должно быть выбрано не менее четырех каналов.

Все данные о времени и дате хранятся в памяти и передаются в двоично-десятичном формате. Т.е. младшая тетрада обозначает младшую десятичную цифру, а старшая – старшую. Например, 12 часов будут кодироваться как шестнадцатеричное число `0x12`.

Все данные о коэффициентах усиления хранятся в памяти и передаются в соответствии с таблицей 8. Значение коэффициента усиления задается с помощью пакета `PACKET_GAIN_CHAN`. Для программирования последовательности каналов и их коэффициентов усиления необходимо послать пакет `PACKET_RESET` с установленным битом сброса счетчика каналов (0-й бит в байте 1). Затем посылаются пакеты `PACKET_GAIN_CHAN`. После последнего пакета `PACKET_GAIN_CHAN` необходимо послать пакет `PACKET_CHAN_USE` для программирования числа каналов. Допустимые значения номеров каналов приведены в таблице 9.

Перед тем как изменять параметры устройства необходимо остановить сбор данных с помощью пакета `PACKET_START_STOP`.

Таблица 6

## Карта внутренней служебной FLASH памяти (1024 страницы по 4 байта)

Страница	Байт 1	Байт 2	Байт 3	Байт 4
0	IP адрес, ст. байт	IP адрес	IP адрес	IP адрес, мл. байт
1	Маска, ст. байт	Маска	Маска	Маска, мл. байт
2	Шлюз, ст. байт	Шлюз	Шлюз	Шлюз, мл. байт
3	MAC адрес 6	MAC адрес 5	MAC адрес 4	MAC адрес 3
4	MAC адрес 2	MAC адрес 1	0	0
5	Делитель таймера, ст.байт	Делитель таймера, мл.байт	0	0
6	0 – не запустить АЦП; 1 – сразу запускать АЦП; 2 – старт по будильнику; 3 – старт по цифровому порту.	Если не 0, диф. режим	Если не 0, данные записываются во FLASH.	Число каналов
7	Канал 0	Усиление 0	0	0
8	Канал 1	Усиление 1	0	0
9	Канал 2	Усиление 2	0	0
10	Канал 3	Усиление 3	0	0
11	Канал 4	Усиление 4	0	0
12	Канал 5	Усиление 5	0	0
13	Канал 6	Усиление 6	0	0
14	Канал 7	Усиление 7	0	0
15	Канал 8	Усиление 8	0	0
16	Канал 9	Усиление 9	0	0
17	Канал 10	Усиление 10	0	0
18	Канал 11	Усиление 11	0	0
19	Канал 12	Усиление 12	0	0
20	Канал 13	Усиление 13	0	0
21	Канал 14	Усиление 14	0	0
22	Канал 15	Усиление 15	0	0
23	Маска порта, ст. байт	Маска порта, мл. байт	Значение порта, ст. байт	Значение порта, мл. байт
24	Время старта, сек.	Время старта, мин.	Время старта, часы	Время старта, число
25	Время старта, месяц	Время старта, год (2 цифры)	Время стопа, сек.	Время стопа, мин.
26	Время стопа, часы	Время стопа, число	Время стопа, месяц	Время стопа, год (2 цифры)

Таблица 7

Организация FLASH памяти данных.

0 – 511	512	513	514	515	516	517	518	519
Данные с АЦП. 2 байта на 1 отсчет.	Номер файла 0 – 1023. Каждый файл занимает целое число блоков (0 - 1024). Если 0xFFFF, то эта страница свободна.		Делитель таймера.		Число каналов	Если не 0xFF, то плохой блок.	Каналы (от 0 до 16 стр.)	Коэфф. усил. (от 0 до 16 стр.)
	520	521	522	523	524	525	526	527
	Сек.	Мин.	Часы	День недели	Число	Месяц	Год (2 цифры)	Если 1, то диф. режим, иначе 0.

Таблица 8

Код коэффициента усиления	Значение коэффициента усиления
0	1
1	2
2	4
3	10
4	20
5	40
6	100
7	200

Значение частоты дискретизации АЦП  $f_s$  определяется двухбайтным делителем таймера  $DEL$  в соответствии с формулой

$$f_s = \frac{20 \cdot 10^6}{65536 - DEL} \text{ (Гц)}.$$

Значение делителя таймера задается с помощью пакета PACKET\_FREQ. При этом величина  $f_s$  не должно превышать 4 кГц.

Частота опроса каждого канала равна  $\frac{f_s}{N_{ch}}$ , где  $N_{ch}$  – число каналов.

**Таблица 9**

Код канала	Значение
0 – 15	Аналоговые входы 0 – 15. В диф. режиме 0 – 7.
16	Температура кристалла контроллера. Частота опроса этого канала не должна превышать 1 кГц
17	Выход ЦАП 0.
18	Выход ЦАП 1.
19	Аналоговая земля.
20	Опорное напряжение.

## Программное обеспечение для работы с ЛА-5

Как и другие платы сбора данных, устройство ЛА-5 может работать со стандартными программами ADCLab (осциллограф) и Saver2 (самописец), входящими в комплект поставки. Для задания IP адресов устройств используется текстовый файл La5Net.cfg. Этот файл обычно располагается в каталоге ... \Program Files\vt\drivers, там же где и драйвер La5Net.dll. В файле La5Net.cfg IP адрес в первой строке соответствует базовому адресу 1, IP адрес во второй строке соответствует базовому адресу 2 и т.д. При работе с программами ADCLab и Saver2 данные передаются через сеть в реальном времени, энергонезависимая память не используется.

Для изменения сетевых настроек устройства (IP адрес, маска сети и адрес шлюза) используется программа La5Conf (рис.7). Эта программа также позволяет получить доступ к таким функциям ЛА-5, которые не реализованы в стандартных программах самописца и осциллографа. К этим функциям относятся: задание условий начала и остановки сбора данных (по команде с компьютера, по таймеру, по состоянию цифрового порта) управление часами реального времени, работа с энергонезависимой памятью (форматирование, считывание списка файлов и самих данных), управление напряжением на выходе ЦАПов и задание условия записи данных в нестираемую область энергонезависимой памяти.

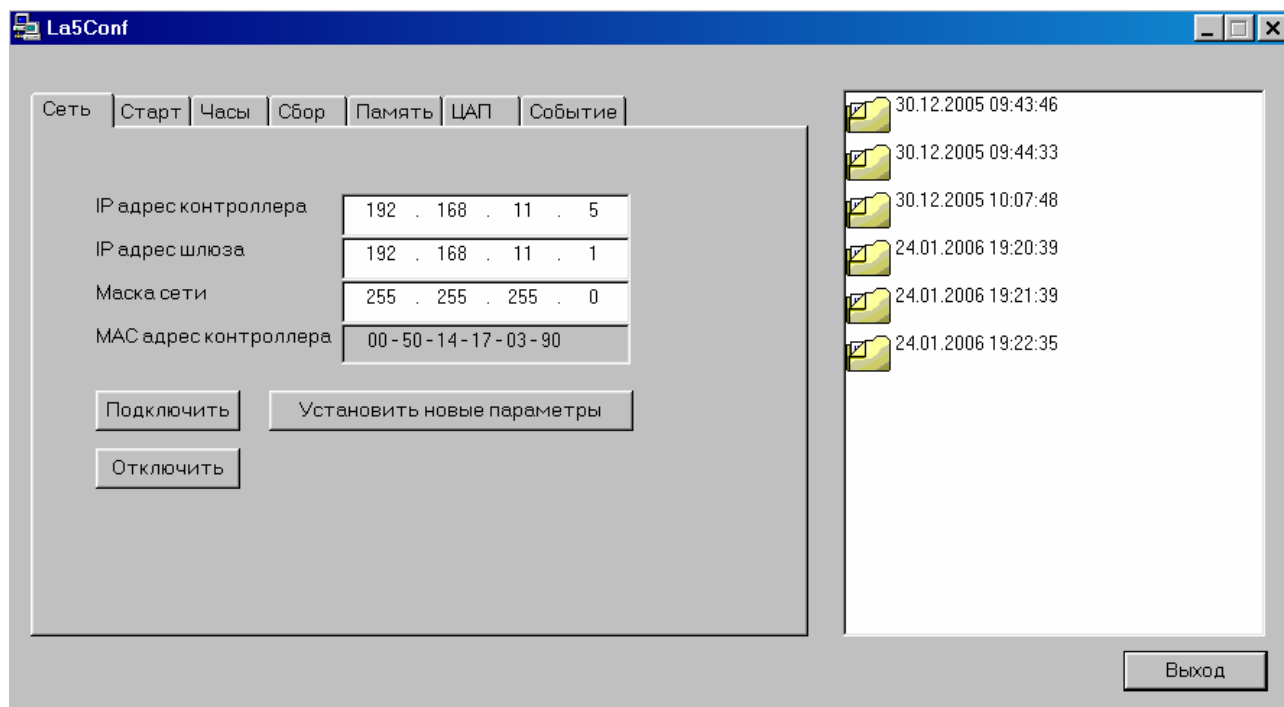


Рис.7. Интерфейс программы La5Conf, вкладка «Сеть».

Вкладка **Сеть** позволяет изменять IP адрес контроллера, IP адрес шлюза и маску сети. Для этого в поле **IP адрес контроллера** надо ввести текущий IP адрес контроллера и нажать

кнопку **Подключить**. После этого, в случае успешного подключения, в поле **MAC адрес контроллера** отображается уникальный MAC адрес устройства ЛА-5 – 6 байт в шестнадцатеричном формате. Теперь можно внести необходимые изменения в поля **IP адрес контроллера, IP адрес шлюза, Маска сети**. Для записи новых сетевых настроек в ЛА-5 надо нажать кнопку **Установить новые параметры**. После этого происходит завершение связи, и для повторного соединения надо снова нажать кнопку **Подключить**.

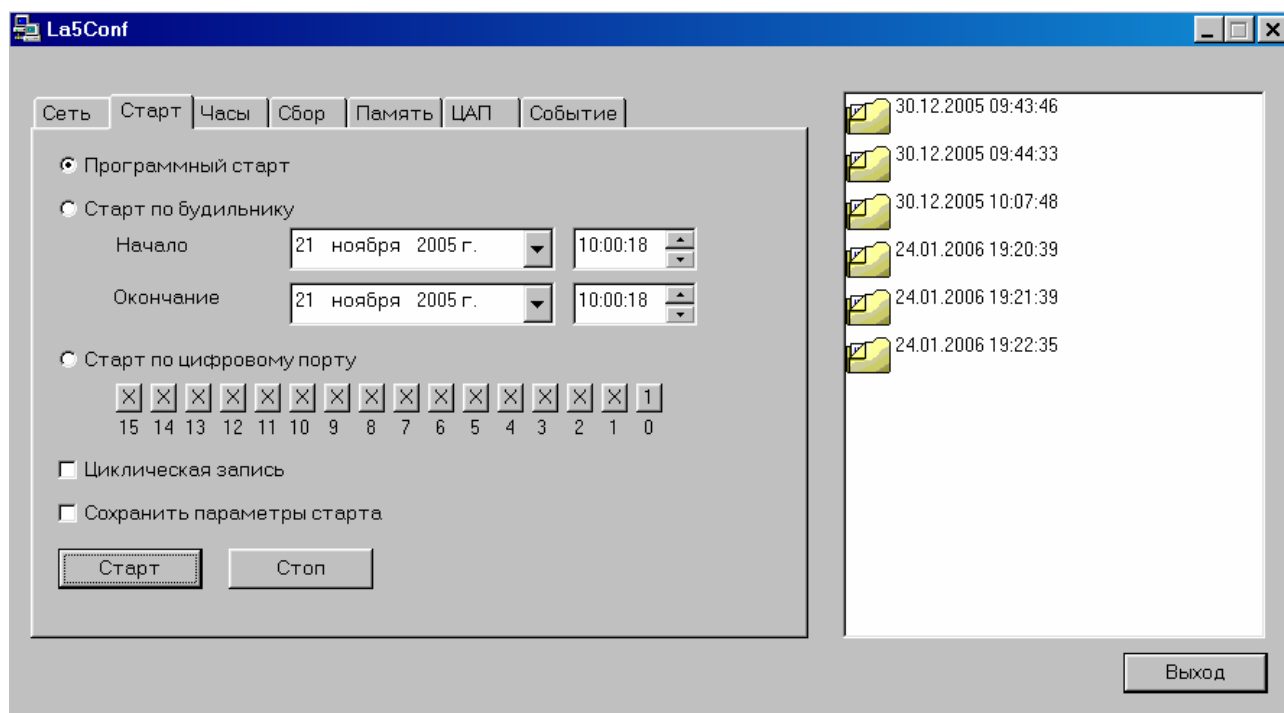


Рис.8. Интерфейс программы La5Conf, вкладка «Старт».

Вкладка **Старт** (рис.8) позволяет программировать условия начала сбора данных: программный старт, старт по будильнику или старт по состоянию цифрового порта. Если надо начинать сбор данных по команде с компьютера, надо выбрать опцию **Программный старт** и нажать кнопку **Старт**. Опция **Старт по будильнику** позволяет запрограммировать дату и время начала и окончания сбора данных. После установки даты и времени надо нажать кнопку **Старт**. Для программирования условия старта по состоянию цифрового порта надо выбрать опцию **Старт по цифровому порту**. После этого можно задать условие старта побитно с помощью кнопок 0 – 15. При нажатии на каждую кнопку ее состояние изменяется на **X**, **0** или **1**. Символ **X** означает, что состояние этого бита не важно. Для подтверждения настроек надо нажать кнопку **Старт**. При совпадении состояния цифрового порта с заданным числом (кроме битов **X**) начинается сбор данных, при несовпадении сбор данных прекращается.

Данные АЦП и с цифрового порта записываются в энергонезависимую память в виде файлов (см. табл.7). Каждое новое событие начала сбора приводит к созданию нового файла. Если установлен флаг **Циклическая запись**, то после заполнения всей памяти самые старые данные будут стираться, а на их место записываться новые. Если этот флаг не установлен, то после заполнения всей памяти сбор данных прекращается.

Для сохранения условий старта в энергонезависимой памяти ЛА-5 надо установить флаг **Сохранить параметры старта**, а затем нажать кнопку **Старт**. После отключения питания устройства и последующего включения условия старта останутся в силе (см. табл.б).

Кнопка **Стоп** прекращает сбор данных.

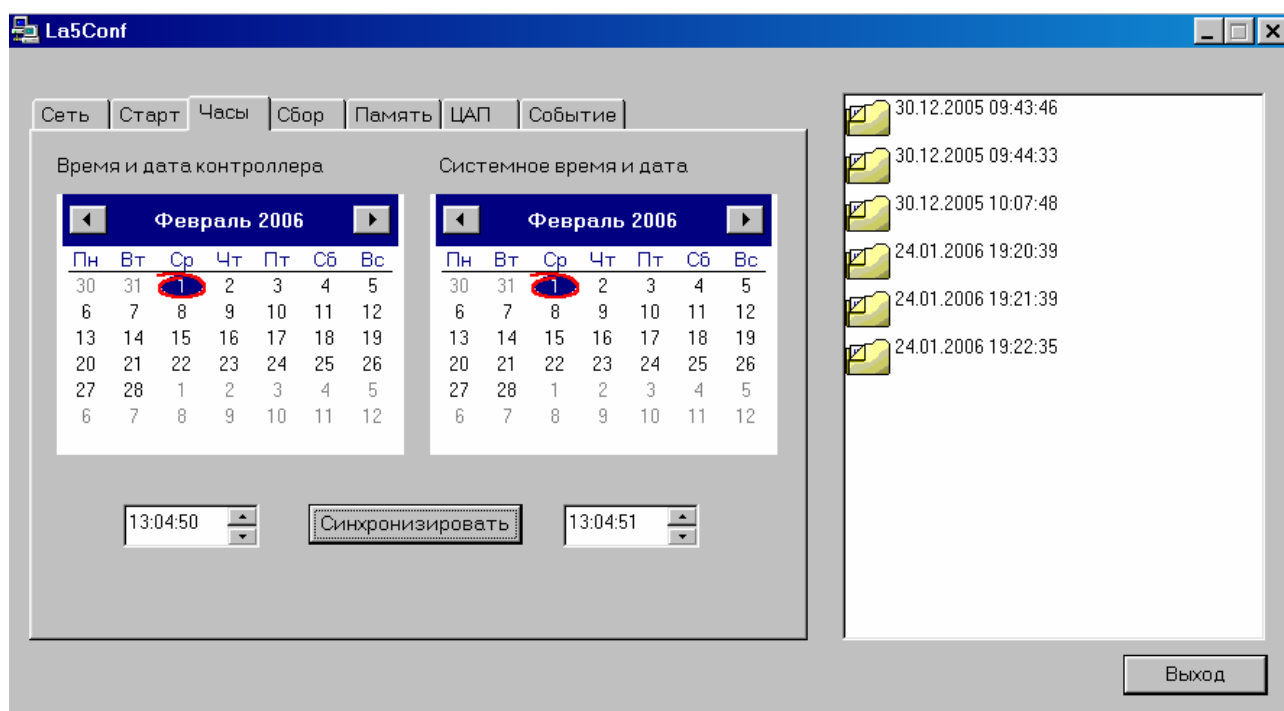


Рис.9. Интерфейс программы La5Conf, вкладка «Часы».

На вкладке **Часы** (рис.9) отображается системная дата и время, а также дата и время внутренних часов ЛА-5. Нажатие на кнопку **Синхронизировать** приводит к синхронизации часов ЛА-5 с системным временем компьютера.

На вкладке **Сбор** (рис.10) можно изменять параметры сбора данных для аналогового канала: номера используемых каналов (кнопки **Канал 0** – **Канал 15**), коэффициенты усиления (1, 2, 4, 10, 20, 40, 100, 200), частоту дискретизации АЦП  $f_s$  и тип аналоговых входов (дифференциальный/однополюсный). Следует учитывать, что частота опроса каждого канала равна  $f_s / N_{ch}$ , где  $N_{ch}$  – число каналов. Частота дискретизации  $f_s$  не должна превышать 4 кГц.



Параметры сбора вступают в силу после нажатия кнопки **Старт** на вкладке **Старт**. Все заданные параметры сохраняются в энергонезависимой памяти ЛА-5, если на вкладке **Старт** установлен флаг **Сохранить параметры старта**.

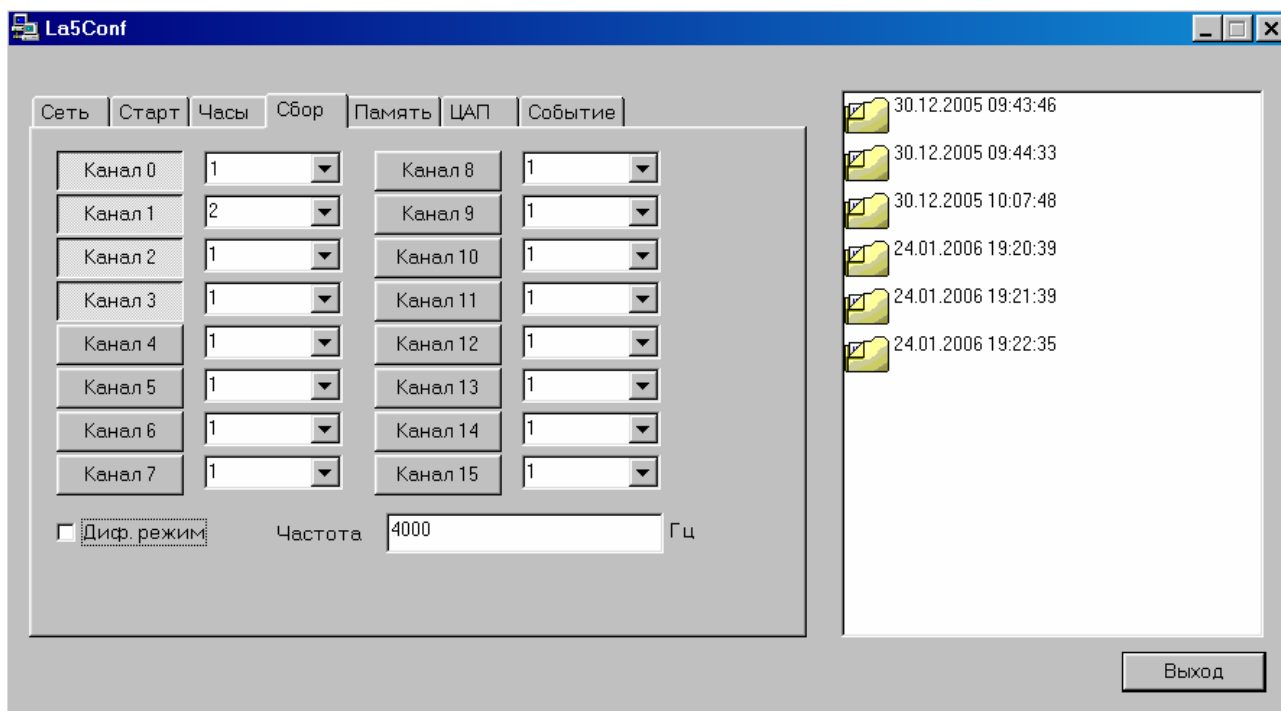


Рис.10. Интерфейс программы La5Conf, вкладка «Сбор».

Вкладка **Память** позволяет работать с содержимым энергонезависимой памяти данных ЛА-5. (рис.11).

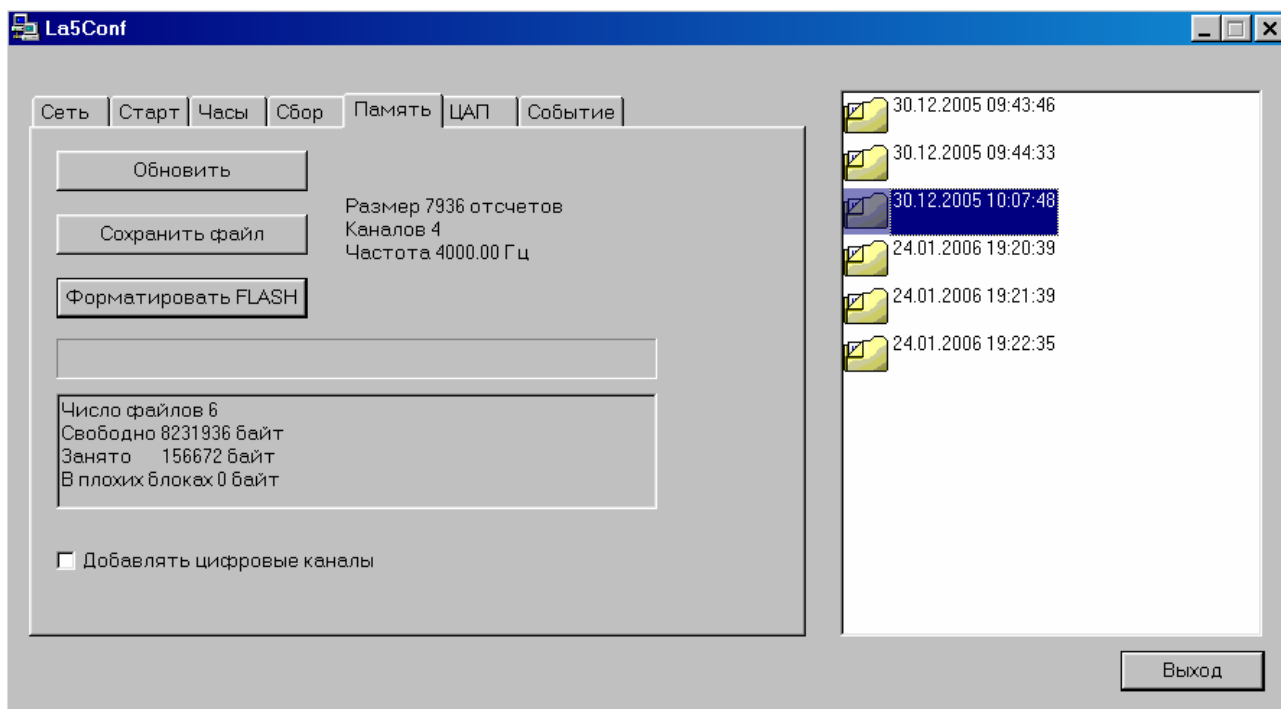


Рис.11. Интерфейс программы La5Conf, вкладка «Память».

Для загрузки списка существующих файлов надо нажать кнопку **Обновить**. После этого в правом окне появляется список файлов, а текущий сбор данных прекращается. Каждый файл отображается в виде папки с указанием даты и времени начала записи. Если выбрать один файл мышкой, то отображается краткая информация об этом файле: размер в отсчетах АЦП, число каналов, частота дискретизации. Выбранный файл можно считать из энергонезависимой памяти ЛА-5 и записать на диск компьютера. Для этого надо нажать кнопку **Сохранить файл**. Если при этом будет установлен флаг **Добавлять цифровые каналы**, то в сохраненном файле к аналоговым каналам будут добавлены 16 цифровых. Это позволяет легко просматривать состояние цифровых входов с помощью программы Viewer.

Кнопка **Форматировать FLASH** позволяет стирать все файлы в энергонезависимой памяти данных ЛА-5.

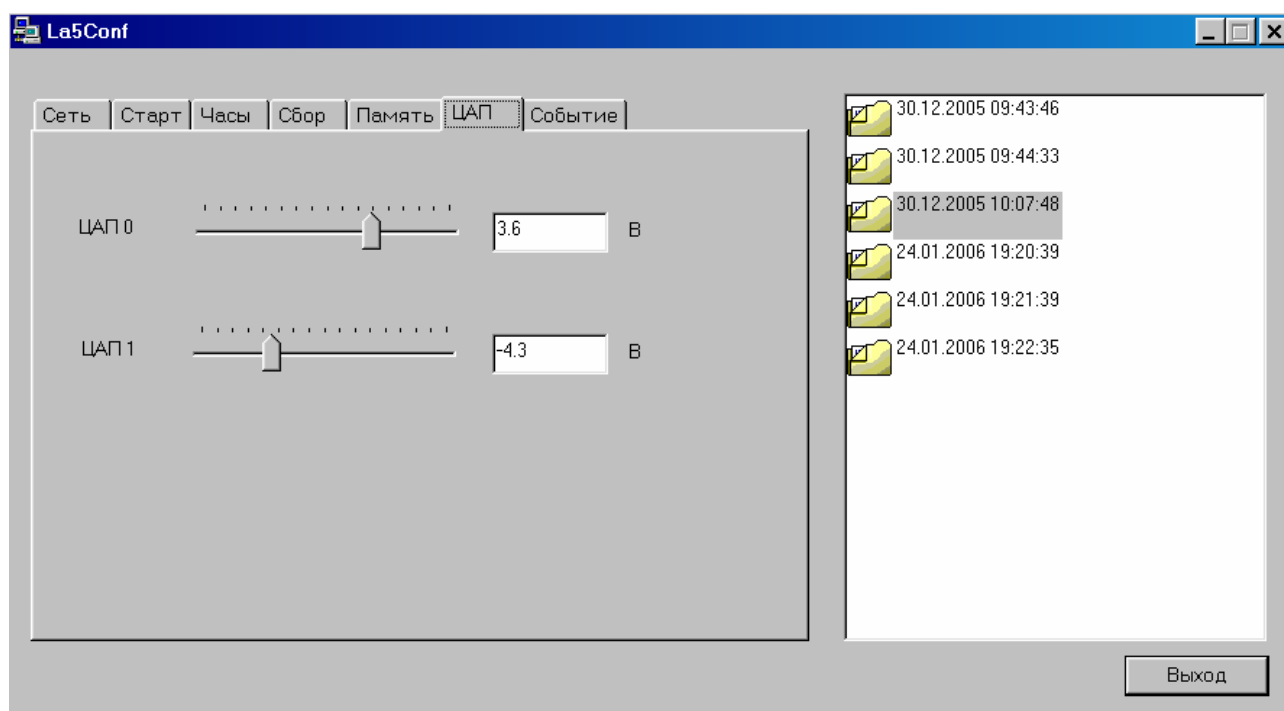


Рис.12. Интерфейс программы La5Conf, вкладка «ЦАП».

На вкладке **ЦАП** можно управлять напряжениями на выходах цифро-аналоговых преобразователей ЦАП 0 и ЦАП 1 (рис.12). Центральное положение движков соответствует напряжению 0 В. Справа от движков отображаются напряжения ЦАП 0 и ЦАП 1 соответственно.

Вкладка **Событие** (рис.13) позволяет задавать условия, при выполнении которых текущие записи данных помечаются как «нестираемые». Это имеет смысл, когда включен режим циклической записи (см. вкладку **Старт**). В режиме циклической записи нестираемые данные сохраняются в любом случае, когда как обычные файлы могут быть заменены на

более новые. Стереть нестираемые данные можно только кнопкой **Форматировать FLASH** на вкладке **Память**.

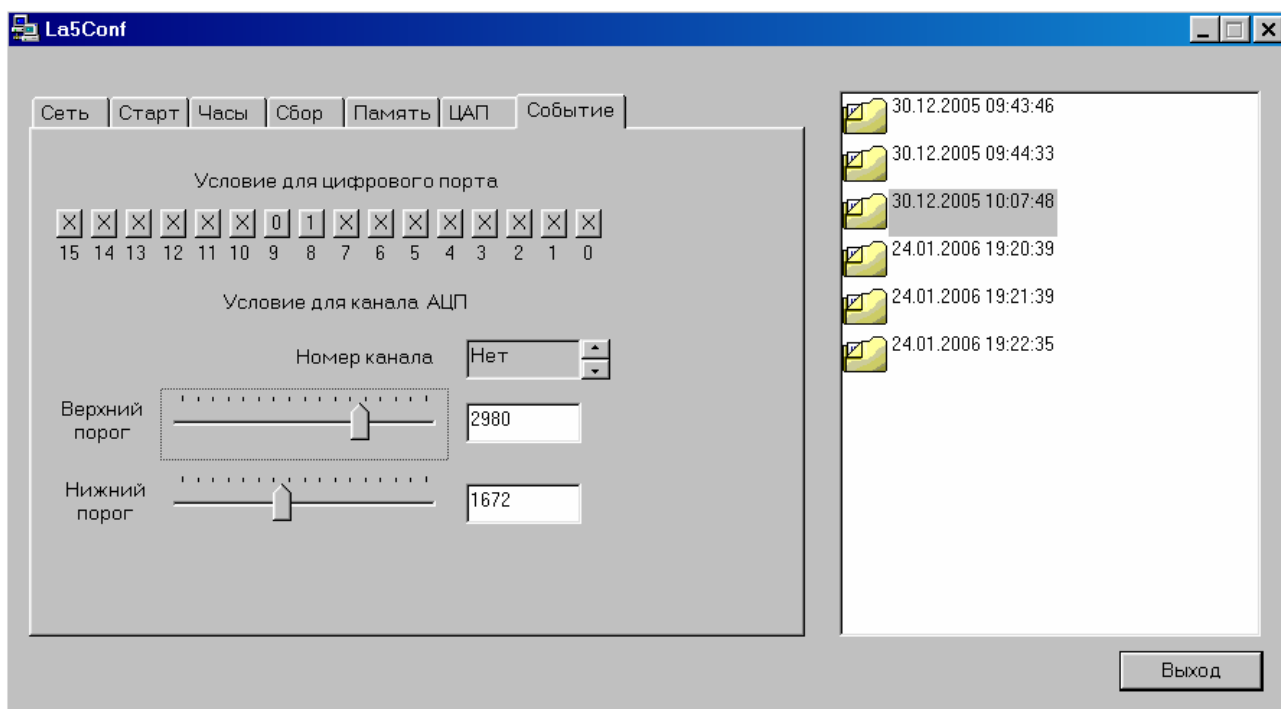


Рис.13. Интерфейс программы La5Conf, вкладка «Событие».

Условие для цифрового порта устанавливается побитно с помощью кнопок 0 – 15. При нажатии на каждую кнопку ее состояние изменяется на **X**, **0** или **1**. Символ **X** означает, что состояние этого бита не важно. При совпадении состояния цифрового порта с заданным числом (кроме битов **X**) записываемые данные помечаются как «нестираемые».

Можно задать аналогичное условие и для одного из аналоговых каналов. Для этого надо выбрать номер канала (0 – 15) в поле **Номер канала**. В том случае, если код АЦП больше, чем **Верхний порог**, или меньше, чем **Нижний порог**, то записываемые данные помечаются как «нестираемые».

Условия отметки данных как «нестираемые» вступают в силу после нажатия кнопки **Старт** на вкладке **Старт**. Все заданные параметры сохраняются в энергонезависимой памяти ЛА-5, если на вкладке **Старт** установлен флаг **Сохранить параметры старта**.