

ПАО «Институт Электронных Управляющих Машин им. И.С. Брука»

Утвержден
ЛЯЮИ.468154.010РЭ-ЛУ

Модуль аналогового ввода

МAB17

Руководство по эксплуатации

Версия 1.10

ЛЯЮИ.468154.010РЭ

на 40 страницах

Перв. применяемость
ЛЯЮИ.468154.010

Литера О₁

2019 год

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

Данное руководство по эксплуатации распространяется на Модуль аналогового ввода МАВ17 ЛЯЮИ.468154.010 (в дальнейшем – МАВ).

Контактная информация

Изготовитель ПАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука»:

Почтовый адрес: Российская Федерация, 119334, Москва, ул. Вавилова, 24

Телефон: 8(499) 135-3321

Факс: 8(499) 135-8949

Электронная почта: sales@ineum.ru

Для получения информации о других продуктах, выпускаемых ПАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука», посетите наш Интернет-сайт по адресу: <http://www.ineum.ru>

Техническая поддержка ПАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука»: (495) 796-9451

Электронная почта технической поддержки: support@ineum.ru

Авторское право

Это Руководство не может быть скопировано, воспроизведено, переведено или конвертировано в любую электронную или машиночитаемую форму без предварительного письменного разрешения ПАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука».

Содержание

Общие правила использования изделия:	4
1 Общие сведения о МАВ	6
2 Комплектность МАВ	7
3 Основные технические характеристики МАВ	8
3.1 Климатические условия	8
3.2 Механические воздействия	8
3.3 Параметры электромагнитной совместимости	8
3.4 Общие технические характеристики	8
4 Функциональное описание	9
4.1 Принцип работы	9
4.2 Аналого-цифровой преобразователь	10
4.3 Микроконтроллер	11
4.4 Индикация	11
4.5 Программное обеспечение	11
4.6 Конструкция МАВ	20
5 Установка	21
5.1 Требования безопасности	21
5.2 Порядок установки:	21
5.3 Порядок демонтажа:	21
5.4 «Горячая замена»	21
6 Конфигурация и работа	23
6.1 Основные положения (режимы) конфигурации	23
6.2 Конфигурация посредством САПР «Beremiz»	23
6.3 Описание каналов ввода с установлением связи с переменными Beremiz и настройкой градуировок	24
6.4 Конфигурация модуля с использованием тестового ПО.	28
6.5 Калибровка	32
6.6 Поверка	34
7 Транспортирование, распаковка и хранение	39
7.1 Транспортирование	39
7.2 Распаковка	39
7.3 Хранение	39

Общие правила использования изделия:

– Для сохранения гарантии продукт не должен подвергаться никаким переделкам и изменениям. Любые несанкционированные изменения и усовершенствования, кроме приведенных в настоящем Руководстве или полученных от службы технической поддержки ПАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука» в виде набора инструкций по их выполнению, аннулируют гарантию.

– Это устройство должно устанавливаться и подключаться только к системам, отвечающим всем необходимым техническим и климатическим требованиям. Это относится и к диапазону рабочих температур конкретной версии исполнения изделия. Также следует учитывать температурные ограничения батарей, установленных в изделии.

– Выполняя все необходимые операции по установке и настройке, следуйте инструкциям только данного Руководства.

– К работе с МАВ допускаются лица, имеющие группу допуска по электробезопасности не ниже третьей, изучившие настоящее руководство по эксплуатации.

– Сохраняйте оригинальную упаковку для хранения изделия в будущем или для транспортировки в гарантийном случае. В случае необходимости транспортировать или хранить МАВ упакуйте его так же, как он был упакован при получении.

– Проявляйте особую осторожность при обращении с изделием и при распаковке. Действуйте в соответствии с инструкциями раздела 5.

Гарантийные обязательства

Изготовитель гарантирует, что в поставляемых им изделиях не проявятся дефекты изготовления и применённых материалов при соблюдении норм эксплуатации и обслуживания в течение установленного на данный момент гарантийного срока. Обязательство Изготовителя по этой гарантии состоит в бесплатном ремонте или замене любого дефектного электронного компонента, входящего в состав возвращённого изделия. Изделия, вышедшие из строя по вине Изготовителя в течение гарантийного срока, будут отремонтированы бесплатно. В иных случаях Потребителю будет выставлен счёт из расчёта текущих ставок оплаты труда и стоимости расходных материалов.

Право ограничения ответственности

Изготовитель не несет ответственности за ущерб, причиненный имуществу Потребителя вследствие отказа изделия в процессе его использования.

Гарантийный срок

Гарантийный срок на изделия фирмы изготовителя составляет 36 месяцев с даты продажи (если иное не предусмотрено договором поставки).

Ограничение гарантийных обязательств

Вышеобъявленные гарантийные обязательства не распространяются:

– на изделия (включая ПО), которые ремонтировались или в которые были внесены изменения персоналом, не представляющим Изготовителя. Исключение составляют случаи, когда Потребитель произвёл ремонт или внёс изменения в изделия строго в соответствии с инструкциями, предварительно согласованными и утверждёнными Изготовителем в письменной форме;

–на изделия, вышедшие из строя из-за недопустимого изменения (на противоположный) знака полярности источника питания, неправильной эксплуатации, транспортирования, хранения, установки, монтажа или несчастного случая.

Порядок возврата изделий для проведения ремонта

Последовательность действий при возврате изделий для проведения ремонта:

- обратиться к Поставщику изделия за разрешением на возврат изделия;
- приложить к возвращаемому изделию акт установления неисправности по форме, принятой у Потребителя, с указанием перечня обстоятельств и признаков неисправности;
- поместить изделие в потребительскую тару Изготовителя (антистатическую упаковку (пакет) и картонную упаковку (коробку), в которой изделие находилось при поставке Потребителю. При отсутствии антистатической упаковки Потребитель лишается права на гарантийное обслуживание в одностороннем порядке;
- все расходы по доставке изделия Поставщику возлагаются на Потребителя.

Требования безопасности

–Эксплуатация МАВ должна производиться в соответствии с "Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей".

–МАВ соответствует требованиям безопасности ГОСТ IEC 60950-1-2014, ГОСТ 12.2.003-91, ГОСТ 12.2.007.0-75.

–По способу защиты от поражения электрическим током МАВ соответствует классу I по ГОСТ IEC 60950-1-2014.

–Запрещается эксплуатация МАВ без подключенного защитного заземления.

–Запрещается эксплуатировать МАВ со снятыми или имеющими повреждения корпусными деталями.

–МАВ не предназначен для использования во взрывоопасной зоне.

–Запрещается эксплуатировать МАВ в помещениях с химически агрессивной средой.

–Все работы в процессе эксплуатации необходимо проводить с применением мер защиты от статического электричества, не допуская ударов и приложения больших усилий при стыковке разъемов.

1 Общие сведения о МАВ

1.1 Модуль аналогового ввода МАВ предназначен для работы в составе контролирующих пунктов промышленных распределенных систем контроля и управления, осуществляющих непосредственное взаимодействие с датчиками и исполнительными устройствами системы с помощью модулей связи с объектом контроля и управления (УСО).

1.2 МАВ обеспечивает непрерывный необслуживаемый режим работы в условиях естественной вентиляции.

МАВ предназначен для измерения напряжения постоянного тока и постоянного тока в составе Программируемого логического контроллера ПЛК-1.

1.3 Сведения о сертификации приводятся на электронном носителе.

Внешний вид изделия показан на рисунке 1.1.

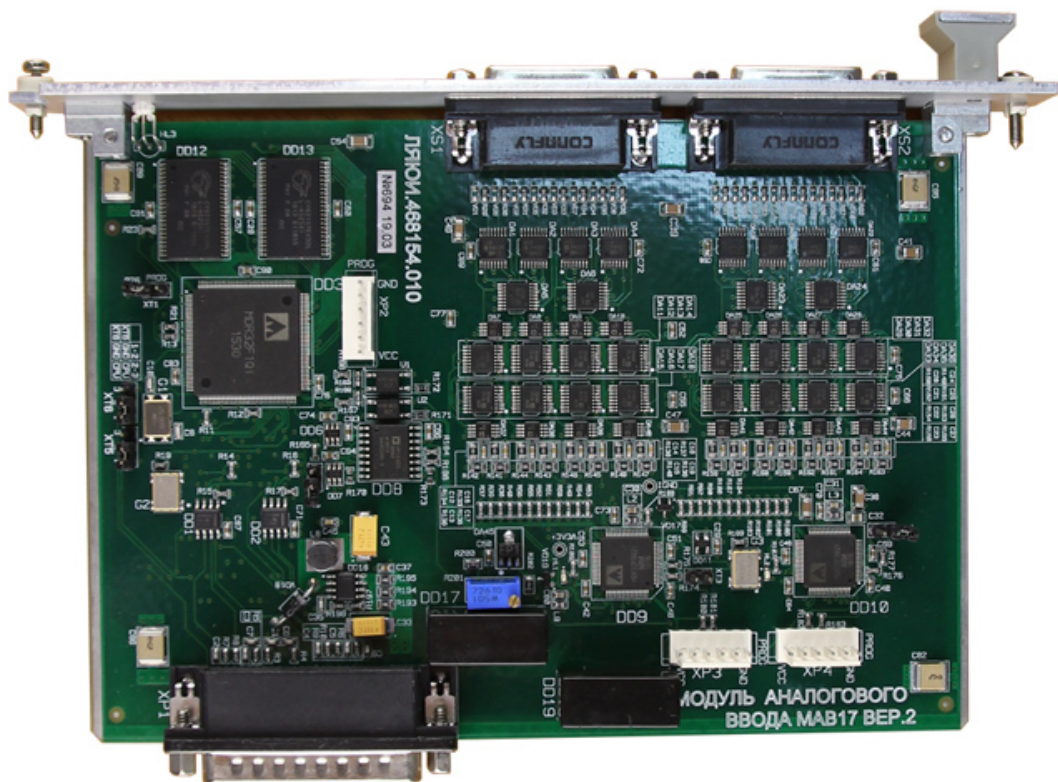


Рисунок 1.1 - Внешний вид изделия.

2 Комплектность МАВ

2.1 Комплект поставки МАВ приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Комплект поставки МАВ

Наименование		Количество
Модуль аналогового ввода МАВ17	ЛЯЮИ.468154.010	1
Документация		
Этикетка	ЛЯЮИ.468154.010ЭТ	1
Руководство по эксплуатации	ЛЯЮИ.468154.010РЭ	1

3 Основные технические характеристики МАВ

3.1 Климатические условия

3.1.1 МАВ предназначен для работы в следующих климатических условиях:

- минимальная температура окружающей среды – минус 40 °С;
- максимальная температура окружающей среды – плюс 50 °С;
- относительная влажность воздуха – до 80% без конденсации;
- атмосферное давление – от 80 до 110 кПа (от 600 до 825 мм рт.ст.).

3.2 Механические воздействия

3.2.1 МАВ устойчив к следующим механическим воздействиям:

- синусоидальной вибрации ускорением 1g в диапазоне частот от 5 до 500 Гц.

3.3 Параметры электромагнитной совместимости

3.3.1 МАВ удовлетворяет нормам промышленных радиопомех, установленным для оборудования класса «А» по ГОСТ 30805.22-2013.

3.4 Общие технические характеристики

3.4.1 Общие технические характеристики МАВ приведены в таблице 3.1

Таблица 3.1 - Общие технические характеристики МАВ

Параметр	Значение
Диапазон измерения напряжения постоянного тока, В	от 0 до 5 от 0 до 10
Диапазон измерения постоянного тока, мА	от 0 до 20
Входное сопротивление в режиме измерения: – напряжения постоянного тока, Мом, не менее – постоянного тока, Ом	1 200
Основная приведённая погрешность преобразования, %, не более	±0,1
Дополнительная температурная приведённая погрешность преобразования при изменении температуры на 10 °С, %, не более	±0,05
Напряжение групповой гальванической изоляции между входными каналами и корпусом, В, не менее	1500 В в течение 1 минуты
Потребляемая мощность, Вт, не более	7
Количество каналов	16
Среднее время наработки на отказ, ч, не менее (расчетное значение)	247580 (28,3лет)
Время готовности к работе, с, не более	10

4 Функциональное описание

4.1 Принцип работы

4.1.1. Структурная схема модуля аналогового ввода приведена на рисунке 4.1.

Модуль аналогового ввода состоит из следующих узлов:

ЗИ – защита импульсная;

АРЧ – аттенюатор РЧ;

БФ – буфер;

УП – усилитель программируемый;

ФНЧ – фильтр НЧ (антиалайзинговый фильтр);

МК – микроконтроллер с АЦП;

Инд. – индикатор состояния модуля;

ППЗУ – перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство;

УСАПП – универсальный сдвоенный асинхронный приёмопередатчик;

ГР – гальваническая развязка (цифровых сигналов);

ПТ/ПТ – гальванически изолирующий импульсный преобразователь постоянного тока;

ИСПГ – источник специализированного питания гальванически изолированный;

ИОН – источник опорного напряжения

ПП – приёмопередатчик (цифровых последовательных данных).

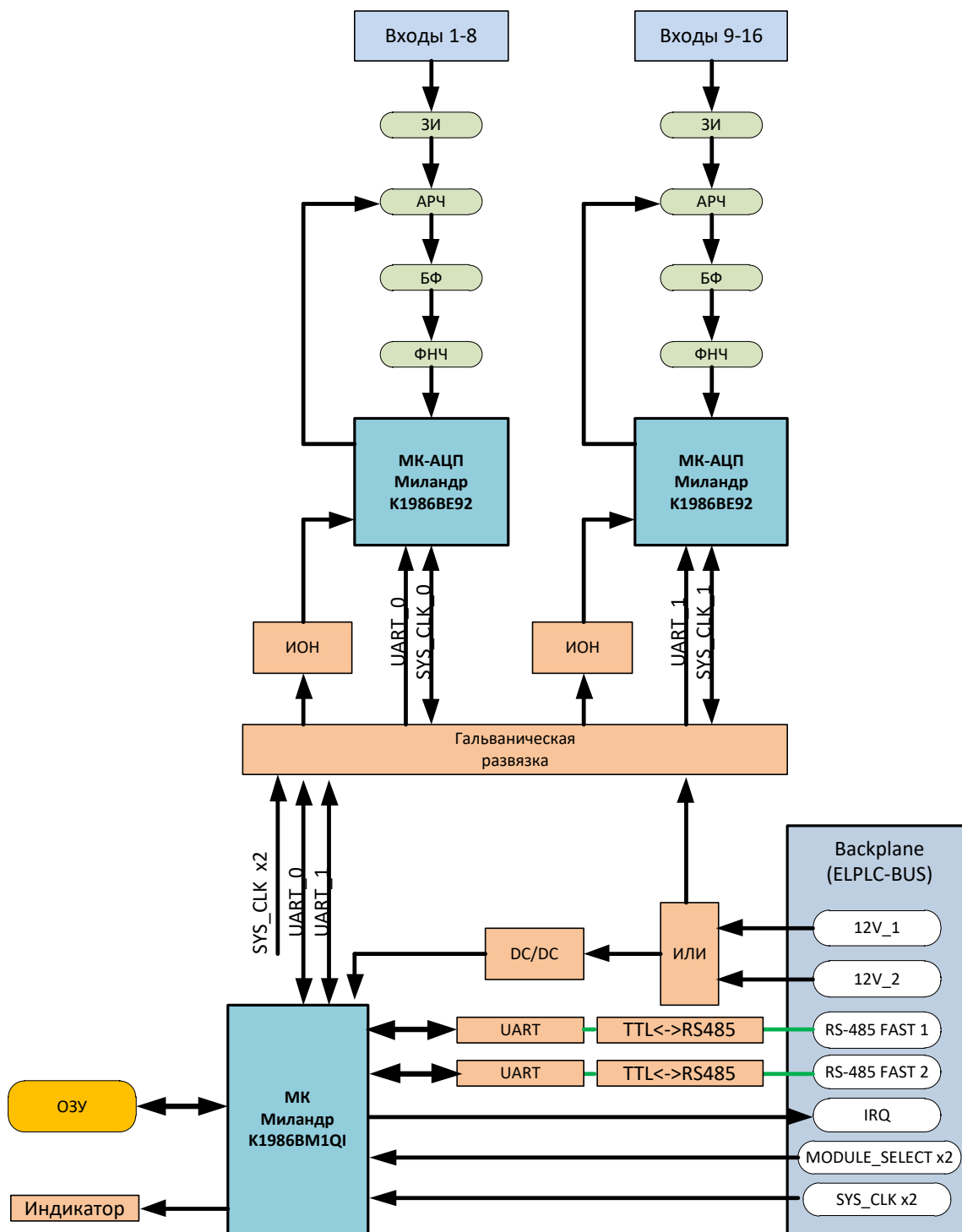


Рисунок 4.1 - Структурная схема МАВ

4.2 Аналого-цифровой преобразователь

4.2.1 АЦП предназначен для преобразования величины входного непрерывного сигнала по 8 гальванически связанным входам в двоичный код. АЦП может состоять из одной или из двух групп по 8 сигналов.

Результат преобразования передается в виде последовательного двоичного кода на микроконтроллер (МК).

4.3 Микроконтроллер

4.3.1 Микроконтроллер выполняет следующие функции:

- формирование команд управления АЦП, считывание результатов преобразования;
- обмен информацией с центральным процессором по шине контроллера ПЛК-1;
- диагностику работоспособности и формирование сигналов индикации.

Измеренное значение входного сигнала в формате чисел с плавающей точкой по шине ПЛК передается в модуль центрального процессора.

4.4 Индикация

4.4.1 Индикация МАВ состоит из светодиода зеленого и красного цветов свечения.

Соответствие состояния индикации и режимов работы МАВ приведено в таблице 4.1

Таблица 4.1 - Соответствие состояния индикации и режимов работы МАВ.

Состояние индикации	Режим работы модуля
Мигает зеленый, две длинные вспышки	Нормальная работа, модуль не инициализирован по каналам связи.
Мигает зеленый, одна короткая вспышка, одна длинная или на оборот	Нормальная работа, модуль используется по одному из каналов связи.
Мигает зеленый, две короткие вспышки	Нормальная работа, модуль используется по двум каналам связи.
Горит или мигает красный, непрерывно горит зеленый	Ошибка в работе модуля

4.5 Программное обеспечение

4.5.1 Программное обеспечение модуля размещается во встроенной Flash-памяти микроконтроллеров. Модуль МАВ-17 содержит три микроконтроллера: два микроконтроллера АЦП, каждый из которых обслуживает по 8 каналов аналогового ввода и один микроконтроллер, обеспечивающий взаимодействие по системному интерфейсу.

4.5.2 Так же программное обеспечение отвечает за обмен информацией по шине ПЛК ELPLC-BUS с процессорными модулями в составе ПЛК. С точки зрения прикладного программного обеспечения, исполняемого на процессорном модуле, модуль МАВ имеет адресное пространство, доступ к которому обеспечивается через службу шины или библиотеку доступа к шине ELPLC-BUS. Регистры модуля представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Адресное пространство модуля МАВ.

Адрес	Наименование	Длина (байт)	Чт./Зап.	Описание
0x0000	VENDOR_ID	2	R	Идентификатор производителя. Для изделий ИНЭУМ всегда: 0x0000
0x0002	DEVICE_ID	2	R	Идентификатор устройства. Для МАВ: 0x0003
0x0004	COMMAND	2	R	Для отладки код команды
0x0006	COMMAND STATUS	2	R	Статус команды (для отладки)
0x0008	REVISION_ID	1	R	Версия устройства
0x0009	FIRMWARE_VER	2	R	Версия прошивки устройства
0x000B	CLASS_CODE	1	R	Класс устройства
0x000C	PROTOCOL_VER	1	R	Версия поддерживаемого протокола
0x000D	MAX BAUD RATE	1	R	Максимально поддерживаемая скорость пе-

				редачи данных. 1 – 1 Мбит/с 2 – 2 Мбит/с 4 – 4 Мбит/с 8 – 8 Мбит/с 12 – 12 Мбит/с 16 – 16 Мбит/с
0x000E	CURR_BAUDRATE_1	1	R	Текущая скорость обмена по интерфейсу (в соответствии с таблицей для MAX_BAUD_RATE) по каналу 1 0 – ошибки при инициализации UART
0x000F	CURR_BAUDRATE_2	1	R	Текущая скорость обмена по интерфейсу (в соответствии с таблицей для MAX_BAUD_RATE) по каналу 2 0 – ошибки при инициализации UART
0x0010	UPTIME_SEC	4	R	Время работы после запуска в секундах
0x0014	BOOTS_COUNT	4	R	Счетчик запусков
0x0018	DEVICE_STATUS	4	R	Текущий статус устройства
0x001C	INT_STATUS	4	R	Статус прерываний
Статистика соединения по каналу 1				
0x0020	INTS	4	R	Количество прерываний по приему
0x0024	PACKETS_RECEIVE	4	R	Принято корректных пакетов
0x0028	PACKETS_SENT	4	R	Отправлено пакетов
0x002C	FOR-EIGN_ADDRESS	4	R	Принято чужих пакетов
0x0030	CRC_ERRORS	4	R	Ошибок контрольной суммы
0x0034	FRAME_ERRORS	4	R	Ошибок кадра UART
0x0038	SPI_IRQ	4	R	Прерываний SPI. (При адекватной работе DMA прерываний быть не должно)
0x003C	DMA_ERRORS	4	R	Ошибок DMA
0x0040	PROTO-COL_ERRORS	4	R	Ошибок протокола (формата пакета)
Статистика соединения по каналу 2				
0x0044	INTS	4	R	Количество прерываний по приему
0x0048	PACKETS_RECEIVE	4	R	Принято корректных пакетов
0x004C	PACKETS_SENT	4	R	Отправлено пакетов
0x0050	FOR-EIGN_ADDRESS	4	R	Принято чужих пакетов
0x0054	CRC_ERRORS	4	R	Ошибок контрольной суммы
0x0058	FRAME_ERRORS	4	R	Ошибок кадра UART
0x005C	SPI_IRQ	4	R	Прерываний SPI. (При адекватной работе DMA прерываний быть не должно)
0x0060	DMA_ERRORS	4	R	Ошибок DMA
0x0064	PROTO-COL_ERRORS	4	R	Ошибок протокола (формата пакета)
Зарезервировано				
0x0068		24	R/W	Зарезервировано
Адресное пространство, специфичное для модуля МАВ				
Результаты аналого-цифрового преобразования				
0x0080	rx_time	4	R	Время получения результатов преобразования каналов 1-8, мксек. Внутреннее несинхронизированное время модуля
0x0084	data	16	R	Результат преобразования каналов 1-8 - массив из 8 16-разрядных целых чисел (short). Первым расположен результат канала 1.

0x0094	quality	1	R	Состояние каналов преобразования. Каждый бит поля показывает состояние соответствующего канала 0 – нет ошибок 1 – данные преобразования недостоверны
0x0095	status	1	R	Состояние микропроцессора, выполняющего преобразование: 0 – нет ошибок x – код ошибки
0x0096	резерв	2		
0x0098	rx_time	4	R	Время получения результатов преобразования каналов 9-16, мксек. Внутреннее несинхронизированное время модуля
0x009C	data	16	R	Результат преобразования каналов 9-16 - массив из 8 16-разрядных целых чисел (short). Первым расположен результат канала 9.
0x00AC	quality	1	R	Состояние каналов преобразования. Каждый бит показывает состояние соответствующего канала 0 – нет ошибок 1 – данные преобразования недостоверны
0x00AD	status	1	R	Состояние микропроцессора, выполняющего преобразование: 0 – нет ошибок x – код ошибки
0x00AE	резерв	2		
Команды контроллера АЦП				
0x00B0	rx_time	4	R	Время получения результатов выполнения команды для каналов 1-8, мксек. Внутреннее несинхронизированное время модуля
0x00B4	cmd	4	R/W	W - Команда для каналов 1-8 / R - Состояние выполнения команды: 0 – команда не существует 0x80 – тайм-аут выполнения команды Бит 7=0 – команда выполняется Бит 7=1 – команда выполнена
0x00B8	data	16	R/W	W - Параметры команды для каналов 1-8/ R - Результат выполнения команды для каналов 1-8 - массив из 8 16-разрядных целых чисел (short). Первым расположен результат канала 1.
0x00C8	quality	1	R	Состояние каналов преобразования. Каждый бит показывает состояние соответствующего канала 0 – данные достоверны 1 – данные недостоверны
0x00C9	status	1	R	Состояние микропроцессора, выполняющего АЦП: 0 – нет ошибок x – код ошибки
0x00CA	Crc error	4	R	Количество CRC ошибок при приеме данных от микропроцессора
0x00CE	резерв	2	R	
0x00D0	rx_time	4	R	Время получения результатов выполнения

				команды для каналов 9-16, мксек. Внутреннее несинхронизированное время модуля
0x00D4	cmd	4	R/W	W - Команда для каналов 9-16 R - Состояние выполнения команды: 0 – команда не существует 0x80 – тайм-аут выполнения команды Бит 7=0 – команда выполняется Бит 7=1 – команда выполнена
0x00D8	data	16	R/W	W - Параметры команды для каналов 9-16 R - Результат выполнения команды для каналов 9-18 - массив из 8 16-разрядных целых чисел (short). Первым расположен результат канала 9.
0x00E8	quality	1	R	Состояние каналов преобразования. Каждый бит показывает состояние соответствующего канала 0 – данные достоверны 1 – данные недостоверны
0x00E9	status	1	R	Состояние микропроцессора, выполняющего АЦП: 0 – нет ошибок x – код ошибки
0x00EA	Crc error	4	R	Количество CRC ошибок при приеме данных от микропроцессора
0x00EE	резерв	2	R	
Конфигурационное пространство контроллера АЦП для каналов 1-8 модуля МАВ				
0x0100	used_channels	1	R/W	Количество используемых каналов АЦП 1-й группы
0x0101	adc_rate	1	R/W	Количество измерений для усреднения 1-й группы
0x0102	mode_1_4	1	R/W	Режим для каналов 1-4 1-й группы
0x0103	mode_5_8	1	R/W	Режим для каналов 5-8 1-й группы
0x0104	crc	4	R/W	Контрольная сумма области конфигурационных данных для каналов 1-8.
0x0108	used_channels	1	R/W	Количество используемых каналов АЦП 2-й группы
0x0100	adc_rate	1	R/W	Количество измерений для усреднения 2-й группы
0x010A	mode_1_4	1	R/W	Режим для каналов 1-4 2-й группы
0x010B	mode_5_8	1	R/W	Режим для каналов 5-8 2-й группы
0x010C	crc	4	R/W	Контрольная сумма области конфигурационных данных для каналов 9-16

Измеренные модулем данные могут быть прочитаны через системный интерфейс из регистров по адресу 0x84 для каналов 1 - 8 (16 байт, т.е. 8 регистров по 2 байта) и по адресу 0x9C для каналов 9-16. Совместно с блоками данных формируются регистры качества данных. По адресу 0x94 формируется 1 байт, соответствующий качеству данных по 1 – 8 каналам и по адресу 0xAC 1 байт для каналов 9 – 16. Каждый бит указывает на достоверность данных в соответствующем канале. Т.е. 0-й бит регистра 0x94 содержит ин-

формацию о достоверности измерений в 1-м канале, а 1-й бит того же регистра – о достоверности измерений 2-го канала модуля, где значение 0 соответствует достоверным данным, а 1 – недостоверным. Кроме того, в каждом блоке имеется регистр статуса АЦП (status), предоставляющий дополнительную информацию об устройстве. 0 в этом регистре также говорит о том, что модуль исправен и данные достоверны. Другие значения говорят о наличии ошибок.

Данные измерений передаются через регистры data. По каждому каналу формируется 12-битный цифровой код в 16-и разрядном слове. Таким образом, значение измерения в каждом канале может лежать в пределах от 0 до 4095, всего 4096 кодов. Далее, эти данные следует пересчитывать исходя из выбранных настроек модуля (выбранного делителя, опорного напряжения, нагрузочного резистора для режима от 0 до 20 мА) по формуле:

$$V = \frac{q * V_{max} * div}{q_{max}} \quad (4.1)$$

где:

- q – 12-битный код, полученный от АЦП;
- V_{max} – опорное напряжение АЦП;
- div - делитель, выбранный в соответствии с режимом измерения канала;
- q_{max} – максимальное количество квантов (4096);

При этом следует использовать константы в соответствии с таблицей 4.3.

Таблица 4.3 - Константы

Наименование	Константы
Опорное напряжение АЦП, В	3,3
Делитель для режима от 0 до 5 В	1,6
Делитель для режима от 0 до 10 В	3,2
Номинал нагрузочного резистора для режима от 0 до 20 мА, Ом	240
Делитель для режима от 0 до 20 мА	1,6
Минимальное значение цифрового кода	0
Максимальное значение цифрового кода	4095
Полярность	Однополярный

4.5.3 Модуль МАВ предусматривает также командный режим работы через системный интерфейс. Командный режим предназначен для получения конфигурационной информации, а также для инициализации и настройки модуля. Реализуется командный интерфейс через соответствующие регистры адресного пространства модуля (в соответствии с разделом «Команды контроллера АЦП в таблице регистров»). По адресу 0xB0 находится адресное пространство для МК АЦП каналов 1 - 8, а по адресу 0xD0 для каналов 9 - 16. Здесь в регистр cmd записывается код команды, в регистр data данные, соответствующие коду команды. При этом регистр data на запись имеет размер в 3 16-разрядных слова, а на чтение в 8 16-разрядных слов. Исполнение команды производится по факту записи команды. Допускается запись команды и данных одной операцией. Поле status содержит информацию об исполнении команды на стороне модуля. Часть команд выполняется непосредственно по факту получения, а часть асинхронно, с отложенным исполнением.

Каналы АЦП разделены на 2 группы: из каналов с 1 по 8 и из каналов с 9 по 16.

В командах контроллера АЦП для каждой группы нумерация каналов производится с 1 по 8.

Область конфигурационных данных каждой группы из 8 каналов описывается структурой:

```
typedef struct
{
    unsigned char used_channels;    // количество используемых каналов АЦП (1-8, по
    умолчанию 8)

    unsigned char adc_rate;        // количество измерений для усреднения (1 - 10)

    unsigned char mode_1_4;        // режим для каналов 1-4

    unsigned char mode_5_8;        // режим для каналов 5-8
} t_adc_channels_config;
```

Режим определен в команде CMD_ADC_MCU_SET_MODE.

Количество измерений определено в команде CMD_ADC_MCU_SET_ADC_RATE.

Контрольная сумма конфигурационных данных каждого АЦП считается по структуре *t_adc_channels_config*

Поля области конфигурационных данных заполняются модулем, запись в эти поля не оказывает влияние на работу модуля.

Доступ к конфигурационным данным выполняется командами SB_READ_MEMORY и SB_WRITE_MEMORY.

Конфигурационные данные обновляются модулем после выполнения команд CMD_ADC_MCU_START, CMD_ADC_MCU_SAVE_SETTINGS, CMD_ADC_MCU_RESET, CMD_ADC_MCU_DEFAULTS

Команды контроллера АЦП:

- Остановить передачу результатов АЦП

CMD_ADC_MCU_STOP **0x02**

- Начать передачу результатов АЦП

CMD_ADC_MCU_START **0x03**

По этой команде применяются все выполненные ранее настройки и начинается трансляция данных АЦП в интерфейсный микроконтроллер.

- Начать калибровку нуля

В случае калибровки в режиме напряжения, все каналы (1 – 8) должны быть подключены к источнику калибровочного напряжения нуля.

CMD_ADC_MCU_CALIBRATE_ZERO **0x04**

Команда выполняется асинхронно. Факт выполнения команды означает лишь запуск процедуры калибровки. Сама процедура длится около 1 с и выполняется после ответа на команду.

- Запросить значения калибровки нуля

Возвращает значения калибровки нуля в блоке данных data[]

CMD_ADC_MCU_GET_CAL_ZERO **0x09**

- Запросить значения коэффициентов калибровки шкалы

Возвращает значения коэффициентов калибровки шкалы в блоке данных data[]

CMD_ADC_MCU_GET_CAL_SCALE **0x0A**

- Задать скорость измерения

Параметр: количество измерений для усреднения (1 - 10) в data[0]

CMD_ADC_MCU_SET_ADC_RATE **0x0B**

- Запросить скорость измерения

Возвращает количество измерений для усреднения (1 - 10) в data[0]

CMD_ADC_MCU_GET_ADC_RATE **0x0C**

- Записать параметры настройки в eeprom

CMD_ADC_MCU_SAVE_SETTINGS **0x0D**

Команда выполняется асинхронно. В связи с тем, что длительность записи внутренней памяти EEPROM значительно превышает допустимый таймаут ответа на команду, факт выполнения команды говорит о том, что модуль принял ее к исполнению. Фактическое исполнение займет порядка 300 мс.

- Перезапустить контроллер АЦП

CMD_ADC_MCU_RESET **0x0E**

- Загрузить стандартные параметры настройки

CMD_ADC_MCU_DEFAULTS **0x0F**

- Начать калибровку шкалы

Все каналы (1 – 8) должны быть подключены к источнику калибровочного напряжения шкалы

CMD_ADC_MCU_CALIBRATE_SCALE **0x10**

- Запросить версию firmware АЦП

Возвращает версию в data[0]

CMD_ADC_MCU_GET_FW_VER **0x11**

- Запросить константы АЦП модуля

CMD_ADC_MCU_GET_ADC_CONST **0x15**

Возвращает константы АЦП модуля в соответствии с таблицей 4.4.

Таблица 4.4 - Константы АЦП модуля

Позиция в массиве данных	Параметр
Data[0] (16 бит)	Опорное напряжение АЦП. Значение опорного напряжения АЦП в вольтах, умноженное на 100. Т.е. для опорного напряжения 3.37 В в 2-х байтном слове data[0] будет возвращаться 337.
Data[1] (16 бит)	Номинал нагрузочного резистора для измерения тока, в омах. Т.е. Data[1] следует рассматривать как 2-х байтное беззнаковое целое число. Пример: Data[1] = 240. Это означает, что установлен резистор номиналом 240 Ом.
Data[2] (16 бит)	Значение для калибровки нуля для режимов измерения напряжения (для диапазонов 0-5 В и 0-10 В) умноженное на 100. Т.е. при заданном значении калибровки нуля 0,1 В в data[2] будет читаться 10.
Data[3] (16 бит)	Значение для калибровки нуля для режима измерения тока в мА умноженное на 100. Т.е. для значения 0,1 мА из регистра будет читаться 10.
Data[4] (16 бит)	Значение для калибровки шкалы для режима измерения напряжения в диапазоне 0-5 В умноженное на 100. Т.е. для напряжения 4.9 В будет читаться 490.
Data[5] (16 бит)	Значение для калибровки шкалы для режима измерения напряжения в диапазоне 0-10 В умноженное на 100. Т.е. для напряжения 9.5 В будет читаться 950.
Data[6] (16 бит)	Значение для калибровки шкалы для режима измерения тока 0-20 мА умноженное на 100. Т.е. для тока 21 мА будет читаться 2100.

Data[6] (16 бит)	Зарезервировано
------------------	-----------------

- Запросить константы делителей АЦП модуля

CMD_ADC_MCU_GET_ADC_DIVISORS

0x16

Возвращает константы делителей АЦП модуля в соответствии с таблицей 4.5.

Таблица 4.5 - Константы делителей АЦП модуля

Позиция в массиве данных	Параметр
Data[0] (16 бит)	Делитель для режима тока 0-20 мА умноженный на 100
Data[1] (16 бит)	Делитель для режима напряжения 0-5 В умноженный на 100
Data[2] (16 бит)	Делитель для режима напряжения 0-10 В умноженный на 100
Data[3] (16 бит)	Зарезервировано
Data[4] (16 бит)	Зарезервировано
Data[5] (16 бит)	Зарезервировано
Data[6] (16 бит)	Зарезервировано
Data[6] (16 бит)	Зарезервировано

- Задать режим работы группы каналов

CMD_ADC_MCU_SET_MODE

0x17

Параметры: режим для каналов 1 - 4 в data[0], режим для каналов 5 - 8 в data[1]

Измерение тока 0

Измерение напряжения в диапазоне 0 -5 В 1

Измерение напряжения в диапазоне 0 -10 В 2

- Запросить режим работы группы каналов

CMD_ADC_MCU_GET_MODE

0x18

Возвращает тип для каналов 1 - 4 в data[0], тип для каналов 5 - 8 в data[1]

- Установить значения калибровки канала

CMD_ADC_MCU_SET_CALIBRATION_VALUES

0x19

Устанавливает значения калибровочных коэффициентов для указанного канала и указанного режима.

Номер канала и режим передается в 16-и разрядном регистре data[0], при этом старший байт содержит номер режима (0 – ток, 1 – 0-5 В, 2 – 0-10 В), а младший байт содержит номер канала (от 0 до 7).

16-и разрядный регистр data[1] содержит значение калибровки нуля.

16-и разрядный регистр data[2] содержит значение калибровки шкалы.

Результат выполнения команды может быть проконтролирован по возвращаемым данным. В случае успеха после выполнения команды в data[0] будет доступно значение 0xA0A0. В случае ошибки в data[0] будет записано 0xF0F0.

- Установить канал для калибровки в режиме тока

CMD_ADC_MCU_SET_CALIBRATION_CH

0x1A

Устанавливает номер канала АЦП для последующей калибровки в режиме тока. Номер канала передается в data[0], нумерация от 0 до 7. В ответ на команду будет принят в data[0] этот же номер канала в случае успеха или 0x00FF в случае ошибки.

- Прочитать ранее установленный номер канла калибровки

CMD_ADC_MCU_GET_CALIBRATION_CH **0x1B**

Возвращает установленный командой CMD_ADC_MCU_SET_CALIBRATION_CH номер канала для калибровки. Данные возвращаются в data[0].

4.6 Конструкция МАВ

4.6.1 Внешний вид МАВ изображен на рисунке 1.1

Конструкция модуля унифицирована и состоит из печатной платы и лицевой панели. Для фиксации модуля в монтажном каркасе в лицевой панели модуля установлены невыпадающие винты.

На лицевой панели модуля расположены разъемы для подсоединения входных цепей в соответствии с рисунком 4.2, а также индикатор режимов работы и состояния модулей. Разъём для подсоединения входных цепей типа DS1037-01-15FNAKSI74 (2 шт.), ответная часть – DCS-015.

На задней части модуля расположен разъем для подключения к объединительной панели в каркасе.

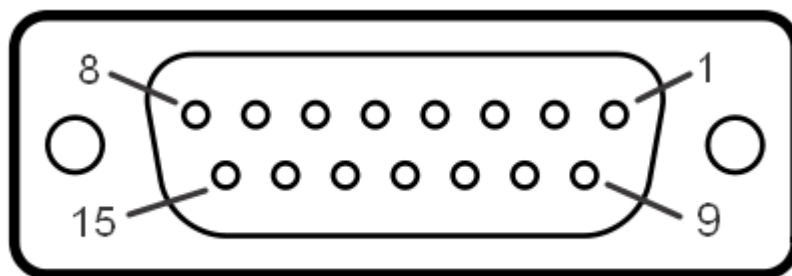


Рисунок 4.2 - Входные разъемы МАВ (вид со стороны подключения)

Для подключения входных сигналов к модулю рекомендуется использовать кроссовый модуль МКAB17 ЛЯЮИ.469545.106 (поставляется по отдельному заказу).

5 Установка

5.1 Требования безопасности

5.1.1 При обращении с МАВ следуйте требованиям безопасности, описанным в данном разделе. ПАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука» не несет ответственности за любые повреждения, возникшие в результате несоблюдения этих требований.

5.1.2 МАВ не предназначен для работы во взрывоопасной зоне!

Не допускается эксплуатация МАВ без защитного заземления, со снятыми или поврежденными корпусными деталями. Винты крепления модуля в контроллере должны быть затянуты.

МАВ должен эксплуатироваться в условиях окружающей среды, указанных в п. 3.1.1.

Не допускается воздействие на МАВ или его составные части жидкостей, агрессивных химических веществ и их паров.

При установке модулей в монтажный каркас не допускаются удары и значительные усилия во избежание повреждения разъемов и модулей.

МАВ поддерживает «горячую замену» модулей. Модули необходимо вставлять в монтажный каркас ровно, без перекосов, одним быстрым, плавным движением без приложения значительных усилий.

5.2 Порядок установки:

–установить модуль в монтажный каркас в соответствии с необходимой конфигурацией.

–зафиксировать модуль в каркасе винтами на лицевой панели модуля.

–подключение МАВ к аналоговым датчикам тока и/или напряжения производят в соответствии с рисунком 5.1. Подключение должно быть выполнено витой парой с соблюдением полярности подключения: AIN “+”, IGND – общий. Если кабель имеет экран, то он подключается к IGND. Для подключения к МАВ магистральных кабелей от датчика может быть использован кроссовый модуль, приобретаемый отдельно (Модуль кроссовый аналогового ввода МКAB17, ЛЯЮИ.469546.106). В этом случае подключение кабелей от датчиков необходимо производить в соответствии с надписями на плате кроссового модуля.

–Сделать отметку в формуляре на МАВ о начале эксплуатации.

5.3 Порядок демонтажа:

–отключить кабели соединения МАВ с объектом от разъемов на лицевой панели модуля.

–открутить крепежные винты модуля и вынуть его из монтажного каркаса.

5.4 «Горячая замена»

5.4.1 При осуществлении «горячей замены» модулей МАВ соблюдать следующий порядок действий:

–отключить кабели, соединенные с разъемами на лицевой панели модуля, который необходимо заменить.

–открутить крепежные винты модуля и вынуть его из каркаса.

–вставить новый модуль на место заменяемого и закрепить его винтами на лицевой панели.

–подключить кабели к разъемам на лицевой панели модуля.

Контакт	Назначение	
	XS1	XS2
1	AIN1	AIN9
2	AIN2	AIN10
3	AIN3	AIN11
4	AIN4	AIN12
5	AIN5	AIN13
6	AIN6	AIN14
7	AIN7	AIN15
8	AIN8	AIN16
9	IGND	IGND
10	IGND	IGND
11	IGND	IGND
12	IGND	IGND
13	IGND	IGND
14	IGND	IGND
15	IGND	IGND

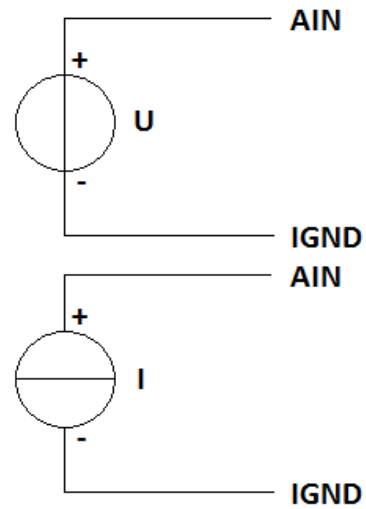


Рисунок 5.1 - Подключение сигналов к МАВ

6 Конфигурация и работа

6.1 Основные положения (режимы) конфигурации

6.1.1 Модуль МАВ может функционировать в различных режимах и иметь ряд настроек для четырех групп каналов. Это выбор типа сигнала, выбор времени преобразования и т.д. Конфигурация модуля может быть задана с помощью тестового программного обеспечения, а также в системе программирования (САПР Beremiz). С помощью тестового программного обеспечения конфигурация может быть также сохранена в модуле. После чего, при последующих запусках, повторная конфигурация изделия не потребуется.

6.2 Конфигурация посредством САПР «Beremiz»

6.2.1 Измерение значения входного сигнала, его преобразование в цифровой код производится автоматически по заложенной в модуле программе. Параметры работы модуля (режимы работы и измерения для входных каналов) задаются процессорным модулем при инициализации МАВ.

Выходные данные модуля передаются в процессорный модуль по интерфейсу контроллера. Значения измеренной величины выдается в формате с плавающей точкой. Единицы измерения: напряжения – Вольт, для тока – миллиампер.

Конфигурация модуля обеспечивается посредством САПР «Beremiz», путем добавления соответствующего модуля МАВ в программу.

Плагин МАВ обеспечивает функционирование 16 каналов измерения и реализует следующие функции:

- настройку режима ввода и диапазон измерений
- настройку градуировок и обеспечение связи с переменными САПР «Beremiz»
- установку сигналов качества каналов и обеспечение связи с переменными САПР «Beremiz»

На вкладке «Общие настройки» пользователь задает сетевой адрес (слот) модуля в корзине контроллера, а также конфигурирует режимы работы групп каналов модуля в соответствии с рисунком 6.1.

Рисунок 6.1 - Общие настройки модуля ввода аналоговых сигналов

Модуль МАВ имеет в своем составе два микроконтроллера АЦП, для каждого из микроконтроллеров функционирует две группы каналов, в каждой группе содержится четыре канала аналогового ввода. Каждая группа может быть настроена на соответствующий режим ввода.

Для каждого из 8 каналов можно установить время преобразования и работу программного фильтра. Микроконтроллер АЦП модуля выполняет преобразования каждый 1 мес. Плагин допускает установку множителя от 1 до 10 для определения параметров работы программного фильтра. При указании значения 10 модуль будет выполнять 10 преобразований, по результатам будет производить усреднение данных с отбросом крайних значений и результат передавать процессорному устройству. В этом случае, обновление данных будет происходить один раз в 10 мес. При указании значения 1 новые данные будут каждую 1 мес.

Модуль поддерживает два режима ввода аналоговых сигналов: ток и напряжение. Поддерживаемый диапазон напряжения: от 0 до 5 В, от 0 до 10 В. Для режима тока вычисления выполняются исходя из применения нагрузочного резистора номиналом 240 Ом при опорном напряжении 3.3 В.

Режим отладки позволяет выводить диагностическую информацию в консоль среды исполнения.

6.3 Описание каналов ввода с установлением связи с переменными Beremiz и настройкой градуировок

6.3.1 Вкладка "Настройка сигналов" отображает полный список каналов аналогового ввода. Щелчок на канале выводит текущие настройки сигнала на панели справа в соответствии с рисунком 6.2.

#	Имя	Класс	Тип	Режим	Измеряема
0	MAV_value_1	input	LREAL	Ток	0..20mA
1	MAV_value_2	input	LREAL	Ток	0..20mA
2	MAV_value_3	input	LREAL	Ток	0..20mA
3	MAV_value_4	input	LREAL	Ток	0..20mA
4	MAV_value_5	input	LREAL	Напряжение	0..10V
5	MAV_value_6	input	LREAL	Напряжение	0..10V
6	MAV_value_7	input	LREAL	Напряжение	0..10V
7	MAV_value_8	input	LREAL	Напряжение	0..10V
8	MAV_value_9	input	LREAL	Напряжение	0..10V
9	MAV_value_10	input	LREAL	Напряжение	0..10V
10	MAV_value_11	input	LREAL	Напряжение	0..10V
11	MAV_value_12	input	LREAL	Напряжение	0..10V
12	MAV_value_13	input	LREAL	Ток	0..20mA
13	MAV_value_14	input	LREAL	Ток	0..20mA
14	MAV_value_15	input	LREAL	Ток	0..20mA
15	MAV_value_16	input	LREAL	Ток	0..20mA

Свойства сигнала	
Имя:	MAV_value_6
Адрес:	%ILO.0.11
Физ. адрес состояния:	%IDO.0.12
Фильтрация шумов (%):	0.01000
Мин. знач. ошибки:	0.00000
Макс. знач. ошибки:	65535.00000
☐ Расчёт коэффициента	
Множитель:	1.0000000000
Слагаемое:	0.0000000000
Нагрузочный резистор:	240.00000
Измеряемая величина:	V
Измерения (min):	0.00000
Измерения (max):	10.00000
Значение (min):	14.00000
Значение (max):	100.00000

Рисунок 6.2 - Вкладка «Настройка каналов»

Каждому каналу аналогового ввода по умолчанию присваиваются автоматически сгенерированное имя, которое может быть изменено пользователем. Тип данных сигнала аналогового ввода - LREAL. Каждому каналу соответствует дополнительный сигнал качества, отражающий текущий статус переменной аналогового ввода. Тип данных сигнала качества - UINT.

Преобразование цифрового кода, полученного с АЦП, к физической величине выполняется по следующей формуле:

$$V = \frac{q * V_{max} * div}{q_{max}}, \quad (6.1)$$

где:

- q – измеренные кванты;
- V_{max} – опорное напряжение АЦП;
- div - делитель, выбранный в соответствии с режимом измерения канала (таблица 4.3);
- q_{max} – максимальное количество квантов (4096);

Поскольку модуль оснащен 12-разрядным АЦП, то диапазон выдаваемых цифровых кодов получается от 0 до 4095 квантов, итого 4096.

Получение токовых значений выполняется посредством формулы

$$I = \frac{V}{R} \quad (6.2)$$

где:

V – напряжение

R – нагрузочный резистор

Например. С АПЦ поступает 1000 квантов. Необходимо вычислить получаемое значение тока.

Расчет. Поскольку, для режима тока вычисления выполняются исходя из применения нагрузочного резистора номиналом 240 Ом при напряжении 3.3 В и делителе 1,6 на 20 мА воспользуемся формулой (6.1), и вычислим напряжение:

$$V = \frac{q * V_{max} * div}{q_{max}} = \frac{1000 * 3.3 * 1.6}{4096} = 1,289 \text{ В} \quad (6.3)$$

По формуле (2) вычислим значение тока:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1,289}{240} = 5,371 \text{ мА} \quad (6.4)$$

Получим значение тока 5,371 мА.

Градуировки канала настраиваются индивидуально по следующей форме в соответствии с рисунком 6.3.

Рисунок 6.3 - Диалог настройки сигнала аналогового ввода

Форма настройки сигнала вызывается по двойному щелчку на канале в списке сигналов. Множитель и слагаемое используются для нормирования шкалы датчика. Пользователь может самостоятельно задать коэффициент множителя и слагаемого или предоставить расчет этих коэффициентов САПР «Beremiz».

Нормирование сигнала производится по следующей формуле:

$$y = kx + b, \text{ где} \quad (6.5)$$

- y – значение, получаемое по шкале датчика устройства, которое необходимо найти
- x – физическое значение сигнала, полученное на модуле аналогового ввода
- k – множитель
- b – слагаемое

Поскольку, мы имеем координаты точек линейного уравнения, то можем восстановить формулу самого уравнения. Мы имеем 2 набора координат (X_{minMAV} , Y_{minVal}), (X_{maxMAV} , Y_{maxVal}). Строим систему уравнений:

$$\begin{cases} K * X_{minMAV} + B = Y_{minVal} \\ K * X_{maxMAV} + B = Y_{maxVal} \end{cases} \quad (6.6)$$

Путем решения системы уравнений находим коэффициенты множителя и слагаемого:

$$K = \frac{Y_{maxVal} - Y_{minVal}}{X_{maxMAV} - X_{minMAV}} \quad (6.7)$$

$$B = \frac{Y_{minVal} * X_{maxMAV} - Y_{maxVal} * X_{minMAV}}{X_{maxMAV} - X_{minMAV}} \text{ или}$$

$$B = -1 * \frac{Y_{maxVal} * X_{minMAV} - Y_{maxVal} X_{minMAV}}{X_{maxMAV} - X_{minMAV}} \quad (6.8)$$

Таким образом, нормирование сигнала происходит с помощью следующего выражения:

$$Y = \frac{Y_{maxVal} - Y_{minVal}}{X_{maxMAV} - X_{minMAV}} * X - \frac{Y_{maxVal} * X_{minMAV} - Y_{maxVal} X_{minMAV}}{X_{maxMAV} - X_{minMAV}} \quad (6.9)$$

Если пользователь отмечает чекбокс "расчет коэффициентов", то поля «Измеряемая величина» и «Значения» становятся активны.

Поля, находящиеся в области «Измеряемая величина» относятся к модулю аналогового ввода и недоступны для редактирования и просто информируют пользователя о границах выбранного сигнала. Тип измерений соответствует типу модуля. Область «Значения» предназначена для введения границ измерений датчиков. Для области значений тип измерений не устанавливается.

В нижней части формы в секции "Фильтры и границы измерений" пользователь задает минимальное и максимальное значение ошибки, а также фильтрацию шумов.

Сохранение результатов осуществляется по нажатию кнопки "Ок".

Для отладки и взаимодействия с сигналами аналогового ввода, а также получения статусных сигналов необходимо добавить сигналы в программный модуль среды разработки «Beremiz».

Подробнее о работе с САПР «Beremiz» описано в руководстве программиста (ЛЯЮИ.00540-01 33 01).

6.4 Конфигурация модуля с использованием тестового ПО.

6.4.1 Конфигурация и использование модуля также возможно с использованием тестового программного обеспечения `mp17test`.

Для функционирования данной утилиты необходимо установить и запустить следующие программные продукты:

- `elplcd` – служба шины ELPLC-BUS
установка и настройка описаны в документации (ЛЯЮИ.00637 01 33 01);
- `mp17test` – тестовое программное обеспечение
установка и настройка описаны в документации (ЛЯЮИ.00626 01 46 01);

Для корректной работы программы необходимо удостовериться в функционировании зависимостей. Посмотреть статус работы службы шины ELPLC-BUS можно следующей командой:

```
service elplcd status,
```

при этом результат выполнения команды должен быть вида

```
elplcd is running with Process ID(s) 5136.
```

Данное программное обеспечение позволяет работать в двух режимах: автоматическом и интерактивном.

Запуск в интерактивном режиме:

```
./mp17test cli
```

Запуск в автоматическом режиме:

```
./mp17test auto
```

Автоматический режим предназначен для проверки модуля в автоматическом режиме и расчёта погрешности. Детально работа в данном режиме описана в разделе «Проверка».

Выполнение большинства команд происходит в интерактивном режиме работы программы. Для запуска теста следует перейти в директорию с программой, командой

```
cd /opt/ineum/elplc
```

и запустить тест в необходимом режиме.

В случае работы в интерактивном режиме следует выбрать модуль аналогового ввода, выполнением команды `mod`, указав номер слота, в который установлен модуль.

Для подключения к модулю список выполняемых команд пользователем будет следующий:

- запуск теста

```
./mp17test cli
```

- после запуска программы пользователю будет выведена таблица следующего вида в соответствии с рисунком 6.4.

Slot	Addr	Device	Additional information
1	1	MAO-17	VEN=0x00 DEV=0x04 status=0x05 (OK)
2	n/a	-	<empty>
3	3	MAI-17	VEN=0x00 DEV=0x03 status=0x01 (OK)
4	n/a	-	<empty>
5	5	MAI-17	VEN=0x00 DEV=0x03 status=0x05 (OK)
6	n/a	-	<empty>
7	n/a	-	<empty>
8	8	MDI-17	VEN=0x00 DEV=0x01 status=0x01 (OK)
9	9	MDO-17	VEN=0x00 DEV=0x02 status=0x01 (OK)
10	n/a	-	<empty>

Рисунок 6.4 - Таблица после запуска программы.

- выбор необходимого модуля (для примера модуль стоит в 3 слоте)

mod

3

При этом откроется меню, с специфичными для модуля аналогового ввода командами. После запуска и инициализации модуля, доступны команды управления состоянием модуля, а именно (Код команды: действие):

- 1 : Остановить передачу результатов АЦП.
- 2 : Начать передачу результатов АЦП.
- 3 : Задать режим работы для каналов 1-8 (0 АЦП).
- 4 : Задать режим работы для каналов 9-16 (1 АЦП).
- C: запуск процедуры калибровки модуля
- U: ввод калибровочных значений
- O: изменение количества преобразований для одного измерения
- P : запрос всех настроек модуля для двух АЦП.
- S : Сохранение настроек АЦП во внутреннюю память EEPROM.
- D: Загрузка стандартных настроек модуля из EEPROM.
- R: Сброс настроек модуля к данным, сохраненным в EEPROM.
- M: Запрос значений измерения.
- A: Запрос определенного количества значений измерения.
- F : Поверка модуля согласно ЛЯЮИ.469535.143ТУ

Для использования команды необходимо выбрать необходимую команду в столбце справа и ввести аббревиатуру в командную оболочку программы. Запустится соответствующий сценарий работы программы. Некоторые команды требуют дополнительного ввода данных от пользователя, например истинного значения, установленного калибратором, количество итераций и другие. По завершении операций, предназначенных для чтения конфигурационного пространства модуля, будут выведены физические величины измерения и некоторая дополнительная информация. При выполнении некоторых команд, не требующих вывод на экран, таких как, например, старт АЦП, будет выведено сообщение о статусе выполнения команды.

Так как модуль МАВ содержит 2 независимых АЦП, то для части команд необходимо выбрать используемый АЦП (0 или 1) - для первой группы каналов (1-8) и второй (9-16), соответственно. Некоторые команды, затрагивающие метрологические свойства модуля,

требуют подтверждения. Для применения команды, необходимо ввести Y, для отказа – N. Команды, меняющие критически важные параметры, требуют подтверждения, а также ввода пароля.

Пароль по умолчанию: ineum

6.4.2 Остановка и старт передачи результатов АЦП

После выбора команды для выполнения необходимой операции (1 – остановить передачу результатов АЦП, 2 – начать передачу результатов АЦП) необходимо выбрать необходимый АЦП и подтвердить действие.

Важно! При выполнении ряда команд АЦП автоматически переводятся в режим конфигурирования. Поэтому, для применения изменений, а также для продолжения работы в режиме измерения необходимо выполнить команду запуска АЦП (1).

6.4.3 Изменение режима работы модуля

Для изменения режима измеряемого входного сигнала предусмотрены две команды для каждого АЦП (группы каналов). Необходимо выбрать желаемую группу каналов, выполнить специфичную для нее функцию (3 - первая группа каналов (1-8), 4 - вторая группа каналов (9-16)). Далее в меню следует выбрать желаемое значение из предложенного списка:

- 1 – ток от 0 до 20 мА
- 2 – напряжение в диапазоне от 0 до 5 В
- 3 – напряжение в диапазоне от 0 до 10 В

6.4.4 Калибровка

Выполняется согласно ТУ, описание процедуры описано в настоящем РЭ разделе 6.5

6.4.5 Запрос всех настроек модуля

При выполнении данной команды будет выведена вся информация о выбранном модуле:

- Количество используемых каналов на модуле
- Версия прошивки
- Режим работы для каждой группы каналов
- Скорость измерения каждого АЦП
- Значения калибровки нуля для каждой группы каналов
- Значения калибровки шкалы для каждой группы каналов

6.4.6 Для выполнения следующих команд необходимо ввести номер АЦП и подтвердить выполнение команды:

- Сохранение настроек АЦП во внутреннюю память EEPROM
- Загрузка стандартных настроек модуля из EEPROM
- Сброс настроек модуля к данным, сохраненным в EEPROM

Внимание! При сбросе настроек модуля будут удалены значения калибровочных коэффициентов! Для дальнейшей работы может потребоваться калибровка модуля.

6.4.7 Запрос значений измерения

При выборе данной команды данные будут выводиться в физических величинах и квантах (цифровом коде). По этой команде программа в цикле считывает значения, измеренные модулем, и выводит на экран. Данные будут выводиться в соответствии с заданным режимом работы канал, т.е. в вольтах или миллиамперах и в виде цифрового кода, соответствующего разрядности АЦП. Т.е. в случае 12-битного АЦП значения на выходе будут от 0 до 4096. Запрос определенного количества значений измерения.

6.4.8 Запрос определенного количества значений измерения.

Команда позволяет вывести на экран результаты заданного пользователем количества последовательных операций чтения измерений модуля. При этом необходимо выбрать желаемое количество циклов чтения и время выполнения цикла. Данные представлены в виде csv формата с разделителем, для последующего копирования из терминала и дальнейшей обработки в сторонних программах (например MS Excel)

6.4.9 Расчёт среднего значения по всем измерениям и среднее отклонение от желаемого значения.

Чтение, определенного пользователем раз, значений с датчиков и подсчет среднего значения по измерениям, и отклонение от желаемой величины. Пользователю необходимо выбрать количество итераций чтения и выводимое значение измерения.

6.5 Калибровка

6.5.1 В данном разделе представлено руководство по начальной калибровке модуля. Данная процедура выполняется с использованием программного обеспечения mp17test (ЛЯЮИ.00626-01) в интерактивном режиме.

6.5.2 Калибровка модуля, выполняется при нормальной температуре и влажности, после прогрева модуля. Для прогрева необходимо выдержать модуль включенным не менее 30 мин. Калибровка производится в пошаговом режиме, для каждой группы каналов отдельно (для группы каналов 1-8 и группы 9-16), при этом необходимо строго соблюдать процедуру калибровки.

Подключение к модулю описано в подразделе 6.3. После старта программного обеспечения и подключений к модулю следует запустить функцию калибровки, командой

C

При инициализации процедуры калибровки модуля необходимо ввести пароль, указанный в документации к данному программному обеспечению.

Пароль: ineum

Далее необходимо провести калибровку нуля и шкалы для каждой группы каналов (зависит от текущей конфигурации модуля). Ниже приведены калибровочные точки для каждого режима модуля в соответствии с таблицей 6.1.

Таблица 6.1– Калибровочные точки

Тип входного сигнала	Калибровка нуля	Калибровка шкалы
Ток от 0 до 20 мА	0,1 мА	21 мА
Напряжение от 0 до 5 В	0,1 В	4,9 В
Напряжение от 0 до 10 В	0,1 В	9,5 В

При запуске процедуры модуль ожидает подключения источника истинного сигнала к первой группе каналов.

Важно! Для калибровки в режиме измерения напряжений истинный сигнал следует подключать ко всем каналам группы. В режиме измерения тока истинный сигнал подается на каждый канал отдельно. Программа будет запрашивать выбранный канал. Калибровка производится поканально.

После запуска процедуры калибровки на экран будет выдана следующая информация:

```
Enter password to use this function: *****
```

```
Starting calibration for 0 MCU [1-8 channels]
```

```
Connect module channels to source:0.5 V
```

После подтверждения

```
Confirm action [y/N]: y
```

Запустится непосредственно калибровка нуля, о чем пользователь будет уведомлен

```
Calibrating...
```

```
Command MAI17_CMD_ADC_MCU_CALIBRATE_ZERO[0x04] successfully executed
```

После успешной процедуры калибровки нуля, требуется калибровка шкалы, для этого на каналы подаются новые значения, согласно таблице 6.1. Также необходимое значение будет выведено на экран.

```
Connect module channels to source:4.5 V
```

Необходимо подтвердить выполнение команды.

Далее выполняется калибровка второго АЦП (9-16 каналы)

```
Starting calibration for 1 MCU [9-16 channels]
```

Последовательность действий при калибровке второго АЦП полностью совпадает с проделанной операцией.

Для повышения точности измерений рекомендуется провести полную калибровку устройства дважды.

После завершения процедуры калибровки необходимо выполнить команду сохранения результатов, а также команду запуска АЦП. Без этих команд измененные коэффициенты калибровки не будут сохранены и будут утрачены после перезагрузки.

6.6 Поверка

6.6.1 Поверка модуля выполняется в составе контроллера согласно ЛЯЮИ.469535.143ТУ.

Поверка модуля осуществляется с использованием программного обеспечения mp17test (ЛЯЮИ.00626 01 46 01).

Поверка осуществляется как с использованием автоматического, так и интерактивного режима.

Для работы ПО необходимо убедиться в работоспособности службы шины ELPLC-BUS, описано в подразделе 6.3.

Конфигурация ELPLC-BUS включает в себя установку времени опроса модуля, максимальное время цикла опроса модулей в корзине не должно превышать 5000.

6.7 Работа в автоматическом режиме.

6.7.1 После настройки необходимых компонентов следует запустить исполняемый файл (для автоматического режима).

Перейти в директорию с программой:

```
cd /opt/ineum/elplc
```

Запустить тест:

```
./mp17test auto --addr=X --type=XXX --value=X.X --measure=X
```

Или, если требуется указать необходимые каналы для тестирования:

```
./mp17test auto --addr=X --type=XXX --value=X.X --measure=X  
--channel=XXXX
```

Программа mp17test принимает на вход следующие параметры:

- auto Режим работы программного обеспечения (используется автоматический режим работы программы)
- addr Сетевой адрес/номер слота корзины используемого устройства (1 – 10)
- type Тип модуля (MAI для модуля MAV)
- value Значение (истинное значение сигнала, подаваемое с калибратора)
- measure Тип измерения (Напряжение в диапазоне 0-5 и 0-10В, Ток– 0-20мА)

Важно! Значение параметра `measure` переключает режим работы модуля в заданный тестом.

`-channel` Каналы для тестирования.

По умолчанию при измерении напряжения используются все каналы, при измерении тока – только 1 и 9.

Данный параметр можно не указывать при использовании каналов по умолчанию. В случае, если проверке подлежат другие каналы, то указание требуемых каналов для проверки происходит с использованием битовой маски. Необходимо ввести число, включенные биты которого соответствуют каналам, к которым подключен калибратор. Можно воспользоваться калькулятором и переключить требуемые каналы, на выходе получится шестнадцатеричное число. Например, при использовании 8 и 16 каналов, аргумент будет следующим:

8080

По умолчанию используются следующие значения:

Использование 1 и 9 каналов (режим измерения тока):

0101

Использование всех каналов:

FFFF

Ниже описан пример запуска теста для модуля МАВ, установленного в третий слот, с тестированием в режиме «напряжение», с диапазоном измерения 0 – 5 В с сигналом, равным $\frac{1}{2}$ шкалы измерения

```
./mp17test auto --addr=3 --type=MAI --value=2.5 --measure=v
```

Перед запуском теста необходимо подключить источник истинного напряжения ко всем каналам модуля и задать на нем генерацию напряжения, равного 2,5 В.

При запуске программы с такими аргументами будет выполнено 50 последовательных измерений в соответствии с рисунком 6.5.

Output [50] cycles read values:																
N	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
Loop																
[1]	2.500	2.499	2.500	2.500	2.499	2.500	2.499	2.500	2.500	2.502	2.499	2.500	2.500	2.500	2.502	2.502
[2]	2.500	2.499	2.500	2.502	2.499	2.500	2.499	2.502	2.502	2.502	2.500	2.500	2.498	2.503	2.500	2.502
[3]	2.499	2.502	2.497	2.504	2.499	2.499	2.500	2.499	2.502	2.502	2.499	2.502	2.499	2.502	2.502	2.502
[4]	2.495	2.502	2.500	2.498	2.503	2.497	2.500	2.502	2.503	2.502	2.499	2.502	2.498	2.502	2.502	2.502
[5]	2.500	2.499	2.503	2.498	2.500	2.502	2.497	2.502	2.499	2.503	2.497	2.503	2.499	2.502	2.502	2.499
[6]	2.498	2.502	2.500	2.500	2.502	2.500	2.497	2.502	2.502	2.499	2.500	2.502	2.497	2.502	2.500	2.500
[7]	2.497	2.502	2.499	2.498	2.502	2.498	2.500	2.500	2.502	2.500	2.500	2.500	2.499	2.502	2.502	2.502
[8]	2.500	2.500	2.497	2.504	2.497	2.502	2.499	2.499	2.499	2.503	2.499	2.499	2.502	2.499	2.502	2.503
[9]	2.500	2.498	2.502	2.498	2.500	2.502	2.497	2.502	2.502	2.500	2.500	2.500	2.499	2.502	2.500	2.502
[10]	2.495	2.500	2.500	2.499	2.502	2.498	2.500	2.499	2.503	2.500	2.499	2.503	2.497	2.503	2.500	2.500
[11]	2.503	2.498	2.500	2.502	2.498	2.500	2.500	2.498	2.500	2.502	2.502	2.499	2.499	2.503	2.500	2.502
[12]	2.500	2.498	2.502	2.500	2.499	2.500	2.499	2.502	2.499	2.500	2.500	2.499	2.502	2.500	2.502	2.502
[13]	2.499	2.500	2.500	2.499	2.502	2.499	2.497	2.503	2.497	2.504	2.498	2.503	2.499	2.500	2.503	2.498
[14]	2.499	2.500	2.502	2.498	2.502	2.495	2.503	2.502	2.502	2.500	2.500	2.499	2.500	2.499	2.503	2.499
[15]	2.498	2.499	2.502	2.498	2.502	2.498	2.500	2.502	2.497	2.503	2.499	2.499	2.502	2.498	2.503	2.500
[16]	2.500	2.498	2.500	2.502	2.497	2.502	2.497	2.502	2.500	2.502	2.499	2.503	2.498	2.502	2.502	2.500
[17]	2.502	2.498	2.500	2.502	2.497	2.504	2.497	2.502	2.503	2.500	2.499	2.502	2.498	2.504	2.500	2.502
[18]	2.500	2.497	2.503	2.500	2.499	2.503	2.497	2.502	2.502	2.498	2.502	2.500	2.499	2.505	2.497	2.504
[19]	2.499	2.500	2.500	2.498	2.500	2.497	2.499	2.502	2.497	2.504	2.497	2.500	2.502	2.498	2.504	2.499
[20]	2.500	2.500	2.499	2.500	2.499	2.500	2.499	2.500	2.500	2.502	2.499	2.502	2.500	2.500	2.503	2.502
[21]	2.502	2.500	2.498	2.504	2.495	2.500	2.500	2.497	2.499	2.503	2.498	2.502	2.499	2.500	2.503	2.499
[22]	2.502	2.497	2.503	2.500	2.499	2.500	2.500	2.500	2.500	2.502	2.500	2.499	2.500	2.502	2.503	2.500
[23]	2.502	2.498	2.500	2.502	2.497	2.503	2.498	2.500	2.502	2.500	2.499	2.500	2.499	2.502	2.499	2.503
[24]	2.503	2.497	2.500	2.502	2.497	2.502	2.498	2.500	2.500	2.503	2.499	2.500	2.500	2.502	2.502	2.500
[25]	2.502	2.499	2.499	2.502	2.497	2.503	2.499	2.499	2.500	2.503	2.497	2.502	2.499	2.500	2.503	2.500
[26]	2.499	2.499	2.499	2.502	2.499	2.499	2.500	2.499	2.498	2.502	2.502	2.497	2.503	2.500	2.499	2.507
[27]	2.500	2.499	2.499	2.502	2.499	2.500	2.500	2.499	2.498	2.504	2.498	2.499	2.502	2.500	2.502	2.502
[28]	2.500	2.502	2.498	2.502	2.500	2.498	2.502	2.498	2.500	2.500	2.499	2.500	2.499	2.500	2.504	2.498
[29]	2.499	2.499	2.500	2.500	2.499	2.500	2.499	2.500	2.497	2.503	2.502	2.498	2.503	2.498	2.503	2.500
[30]	2.500	2.500	2.500	2.500	2.502	2.500	2.500	2.500	2.502	2.499	2.503	2.499	2.500	2.502	2.498	2.504
[31]	2.502	2.497	2.502	2.500	2.499	2.502	2.498	2.502	2.500	2.502	2.499	2.500	2.500	2.502	2.502	2.500
[32]	2.497	2.503	2.498	2.502	2.502	2.497	2.503	2.497	2.502	2.499	2.502	2.499	2.500	2.502	2.502	2.500
[33]	2.500	2.499	2.499	2.503	2.497	2.502	2.500	2.499	2.499	2.502	2.499	2.502	2.500	2.502	2.499	2.502
[34]	2.500	2.502	2.497	2.503	2.499	2.499	2.503	2.497	2.500	2.499	2.503	2.497	2.502	2.500	2.500	2.502
[35]	2.502	2.502	2.497	2.503	2.499	2.500	2.502	2.499	2.502	2.498	2.502	2.500	2.498	2.503	2.498	2.503
[36]	2.499	2.502	2.500	2.500	2.499	2.500	2.497	2.502	2.499	2.502	2.500	2.499	2.500	2.500	2.502	2.502
[37]	2.500	2.499	2.499	2.503	2.498	2.502	2.499	2.500	2.497	2.503	2.499	2.500	2.500	2.500	2.503	2.499
[38]	2.500	2.498	2.502	2.500	2.499	2.500	2.499	2.500	2.500	2.498	2.504	2.497	2.500	2.503	2.498	2.504
[39]	2.500	2.499	2.499	2.502	2.499	2.502	2.500	2.497	2.498	2.502	2.502	2.499	2.500	2.503	2.500	2.502
[40]	2.500	2.499	2.500	2.499	2.500	2.500	2.499	2.503	2.500	2.498	2.503	2.498	2.502	2.502	2.499	2.503
[41]	2.499	2.500	2.498	2.503	2.499	2.500	2.499	2.500	2.500	2.499	2.502	2.498	2.500	2.502	2.499	2.504
[42]	2.498	2.502	2.500	2.497	2.503	2.497	2.500	2.500	2.499	2.502	2.499	2.500	2.502	2.499	2.503	2.502
[43]	2.500	2.499	2.502	2.498	2.502	2.499	2.500	2.502	2.499	2.502	2.499	2.502	2.499	2.500	2.502	2.499
[44]	2.497	2.502	2.500	2.499	2.502	2.499	2.500	2.500	2.503	2.498	2.500	2.500	2.498	2.503	2.499	2.502
[45]	2.497	2.502	2.499	2.500	2.502	2.498	2.502	2.499	2.499	2.502	2.500	2.500	2.500	2.500	2.502	2.500
[46]	2.497	2.500	2.502	2.498	2.503	2.498	2.500	2.502	2.500	2.502	2.500	2.500	2.499	2.503	2.500	2.500
[47]	2.500	2.500	2.499	2.503	2.498	2.500	2.500	2.498	2.500	2.500	2.502	2.498	2.500	2.503	2.497	2.505
[48]	2.499	2.500	2.499	2.502	2.499	2.502	2.500	2.499	2.500	2.499	2.500	2.500	2.499	2.503	2.500	2.502
[49]	2.499	2.502	2.500	2.500	2.502	2.497	2.502	2.499	2.500	2.500	2.500	2.500	2.499	2.502	2.498	2.502
[50]	2.500	2.499	2.499	2.503	2.499	2.499	2.499	2.499	2.499	2.504	2.495	2.503	2.499	2.502	2.502	2.500

Рисунок 6.5 - Вывод измерений

Далее вычисляются погрешности измерения, согласно ТУ. Формула расчёта погрешности следующая:

$$\gamma = \frac{A_{\text{макс}} - A_{\text{и}}}{A_{\text{ном}}} * 100\% \quad (6.10)$$

где:

$A_{\text{и}}$ - истинное значение аналогового сигнала, задаваемое образцовым прибором;

$A_{\text{макс}}$ – фактическое значение аналогового сигнала в серии из 50 измерений, имеющего максимальное отклонение от истинного значения;

$A_{\text{ном}}$ – номинальное значение шкалы задаваемого сигнала.

Размерность A зависит от вида испытываемого сигнала (B , мА).

МAB считается выдержавшим испытания, если на всех диапазонах испытываемых сигналов, во всех промежуточных точках измерения на выбранных каналах предел величины γ не превышает значения $\pm 0,1\%$ (ЛЯЮИ.469535.143ТУ п. 4.2.2.28).

После вывода измерений, происходит расчёт погрешности по формуле (10). Также рассчитано среднее значение всех измерений, максимальное отклонение от истинного значения сигнала и среднее значение отклонения в физических величинах. Данные выводятся как для каждого отдельного канала, так и для всего модуля в целом.

После завершения работы программы, выводится статус выполнения тестирования, TEST PASS (модуль прошел тестирование (погрешность меньше 0.1%, при этом программа возвращает код `0`) или TEST FAIL (отклонение больше допустимого, возвращается код `1`) в соответствии с рисунком 6.6.

```
Calculating measuring errors per channel:
N | 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16
ERR |
e_s % 0.092 0.056 0.067 0.032 0.092 0.092 0.007 0.067 0.067 0.042 0.067 0.067 0.067 0.032 0.018 0.042
a_v 2.497 2.501 2.497 2.501 2.498 2.497 2.500 2.497 2.499 2.499 2.499 2.499 2.499 2.500 2.499 2.500
e_m 0.005 0.003 0.003 0.002 0.005 0.005 0.000 0.003 0.003 0.002 0.003 0.003 0.003 0.002 0.001 0.002
e_a 0.004 0.002 0.003 0.001 0.003 0.003 0.000 0.003 0.002 0.001 0.002 0.002 0.002 0.001 0.001 0.001
e_q 0.005 0.002 0.004 0.002 0.004 0.004 0.000 0.004 0.002 0.002 0.002 0.002 0.002 0.001 0.001 0.002

Calculating measuring errors for all channels:
e_s = 0.092%
e_m = 0.005V

Calculating measuring errors, using [LYUI.469535.143tu]
e_s Summary error # (A[max] - A[true]) / A[nom] * 100%
a_v Average value # Sum(all_read_values) / cycles_count
e_m Maximum error # ABS(A[max] - A[true])
e_a Average error # AVG(all_errors) / cycles_count
e_q Systematic error # SQRT(SUM(all_errors^2) / (cycles_count - 1))

TEST PASS: Test successfully finished (maximum error <= 0,1%)
```

Рисунок 6.6 – Статус выполнения тестирования

где:

e_s – результирующее отклонение от истинного значения сигнала в процентах, рассчитывается по формуле (Г.1), приведенной в ЛЯЮИ.469535.143ТУ.

a_v – среднее значение поканально, рассчитывается как сумма всех измерений каждого отдельного канала, делённого на количество циклов

e_m – максимальное отклонение от истинного значения сигнала по модулю

e_a – среднее значение ошибки на всех циклах чтения данных

e_q – систематическая ошибка измерений, рассчитывается по формуле:

$$E = \sqrt{\frac{\sum (A_{\text{макс}} - A_i)}{N-1}} \quad (6.11)$$

N – количество циклов измерений;

$A_{и}$ – истинное значение аналогового сигнала, заданное образцовым прибором;

$A_{\text{макс}}$ – фактическое значение аналогового сигнала в серии из N измерений, имеющего максимальное отклонение от истинного значения.

6.8 Работа в интерактивном режиме

6.8.1 Необходимо запустить программу и подключиться к необходимому модулю.

```
cd /opt/ineum/elplc
```

Запустить тест в интерактивном режиме:

```
./mpl7test cli
```

Выбрать необходимый модуль командой

```
mod
```

Выбрать команду для начала поверки:

```
E
```

На предложение командной оболочки

```
Value (in current PGA dim):
```

указать истинное значение сигнала (подаваемое с калибратора) в текущем режиме работы модуля.

На запрос:

```
Loops count (default 50):
```

Указать количество циклов (50 по ТУ).

На запрос

```
Choose channel: (default = 0x0101):
```

или

```
Choose channel: (default = 0xFFFF):
```

указать маску каналов в 16-ричном виде, для проведения тестирования (алгоритм расчета данного аргумента приведен в разделе «Работа в автоматическом режиме»).

Вывод полностью соответствует работы программы в автоматическом режиме, описанном в разделе «Работа в автоматическом режиме».

7 Транспортирование, распаковка и хранение

7.1 Транспортирование

МAB должны транспортироваться в отдельной упаковке предприятия-изготовителя, состоящей из индивидуального антистатического пакета и картонной коробки в закрытом транспорте (автомобильном, железнодорожном, авиационном в отапливаемом и герметизированном отсеке).

МAB в упаковке должны транспортироваться в соответствии с правилами, перевозки грузов, действующими на каждом виде транспорта.

Во время погрузочно-разгрузочных работ и транспортирования, упакованные МAB не должны подвергаться толчкам, падениям, ударам, воздействию атмосферных осадков.

7.2 Распаковка

Распаковку МAB, находившихся при температуре ниже 0 °С, необходимо производить в отапливаемом помещении, предварительно выдержав их в не распакованном виде в нормальных климатических условиях в течение 24 ч.

Запрещается размещение упакованных МAB вблизи источника тепла.

При распаковке МAB необходимо соблюдать все меры предосторожности, обеспечивающие их сохранность, а также товарный вид потребительской тары предприятия-изготовителя.

При распаковке необходимо проверить МAB на отсутствие внешних механических повреждений после транспортирования.

7.3 Хранение

Хранение МAB должно осуществляться в отапливаемых и не отапливаемых закрытых помещениях в соответствии с ГОСТ В 9.003-80 (место хранения 3, условия хранения 3)

ЛЯЮИ.468154.010РЭ

Лист регистрации изменений

Изм	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в документе	№ документа	Подпись	Дата
	Измененных	Заменимых	Новых	Аннулированных				
3		4			40	ЛЯЮИ.059-20		20.08.20