

1. МОДУЛЬ ИЗМЕРЕНИЯ УСКОРЕНИЙ.....	2
1.1. Назначение.....	2
1.2. Технические характеристики	2
1.3. Аппаратные установки	2
1.3.1. Расположение разъемов.....	2
1.4. Протокол команд.....	5
1.4.1. Формат команд.....	5
1.4.2. Спецификация команд.....	5
1.5. Конфигурация и выполнение измерений.....	11
1.5.1. Подключение модуля.....	11
1.5.2. Конфигурация интерфейса	11
1.5.3. Включение питания	11
1.5.4. Проверка работы интерфейса	11
1.5.5. Считывание результатов измерений	11
1.5.6. Калибровка и интерпретация результатов измерений.....	11
2. РЕДАКТОР КОМАНД	13
2.1. Общее устройство	13
2.2. Установка и настройка программы	14
2.2.1. Настройка подключения.....	14
2.2.2. Настройка периода повторения команд.....	14
2.2.3. Ввод и редактирование команд.....	15
3. ОБОРУДОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	16
3.1. Состав первого передаваемого комплекта аппаратуры и ПО	16
3.2. Контроллер MODBUS	16
3.3. Сборка модулей.....	17
3.4. Тестовый жгут	17
3.5. Сборка датчика ускорения.....	18
3.6. Подключение проводов жгута к клеммникам	18
3.7. Подключение датчика деформации.....	18
3.8. Установка программатора AVREAL	18
3.9. Программирование микроконтроллера.....	18
3.10. Установка программатора Altera	18
3.11. Программирование ПЛИС Altera.....	20
4. МЕТОДИКА ПРОВЕРКИ	21
4.1. Проверка измерителя ускорения.....	21
4.1.1. Подключение модуля.....	21
4.1.2. Программирование микроконтроллера.....	21
4.1.3. Проверка интерфейса RS-485	21
4.1.4. Проверка считывания результатов измерений ускорения и температуры.....	22
4.1.5. Проверка установки настроек	22
4.1.6. Проверка установки смещения	22
4.1.7. Проверка работы с памятью.....	22

1. Модуль измерения ускорений.

1.1. Назначение

Модуль предназначен для измерения ускорения пространственного перемещения в трех взаимно перпендикулярных плоскостях в составе комплексной системы мониторинга.

1.2. Технические характеристики

Диапазон измеряемых ускорений	$\pm 3g$
Количество измерительных каналов	3
Частота взятия отсчетов ускорений	Не более 1000 Гц
Разрядность квантования	16 бит
Динамический диапазон	Не менее 90 дБ
Управление коэффициентом усиления измерительного канала	Ступенчатое из ряда 1,2,5,10
Магистральный интерфейс	RS485-MODBUS
Скорость передачи данных	19200 Бит\сек
Тип интерфейса связи	Полудуплекс
Тип выхода интерфейсной части	Изолированный с опторазвязкой
Напряжения питания	+ (9..30)В, - (9..30)В, +5В (опционально для интерфейсной части)
Максимальный ток потребления	100 мА
Диапазон рабочих температур	-40..+85°C

1.3. Аппаратные установки

1.3.1. Расположение разъемов

1.3.1.1. Расположение разъемов и клеммников на плате измерительной приведено на рисунке 1:



Рисунок 1 Расположение разъемов

1.3.1.2. Назначение разъемов приведено в таблице 1:

Таблица 1. Назначение разъемов

Обозначение разъема	Назначение
X1	Датчик ускорения по координате X
X2	Датчик ускорения по координате Y
X3	Датчик ускорения по координате Z
X8	Межплатный соединительный разъем

1.3.1.3. Расположение разъемов и клеммников на плате интерфейсной приведено на рисунке 2:

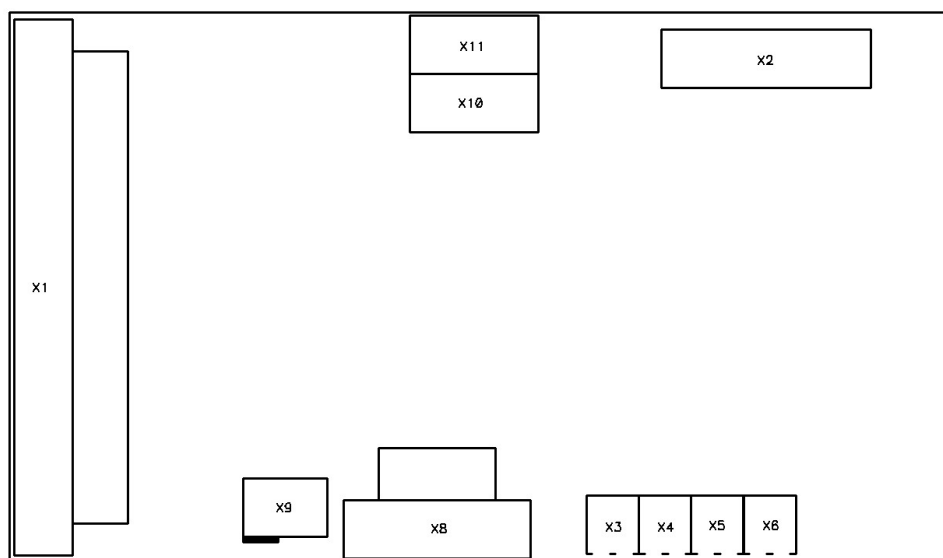


Рисунок 2 Расположение разъемов

1.3.1.4. Назначение разъемов приведено в таблице 2:

Таблица 2. Назначение разъемов

Обозначение разъема	Назначение
X1	Межплатный соединительный разъем
X2	Разъем для джамперов конфигурации магистрального интерфейса
X3	Напряжение питания + 9...30В
X4	Напряжение питания - 9...30В
X5	Напряжение питания интерфейсной части + 9...30В
X6	Сигналы магистрали RS-485
X8	Разъем для подключения программатора JTAG
X9	Разъем для подключения программатора ISP
X10	Разъем для подключения датчика температуры
X11	Разъем для подключения джамперов установки адреса модуля

1.3.1.5. Нумерация контактов штыревых разъемов соответствует следующей схеме:

1	3	5	...	N-1
2	4	6	...	N

Первый контакт маркируется на плате краской и имеет квадратную контактную площадку.

1.3.1.6. Адрес модуля на магистрали задается двоичным кодом LADR, формируемым установкой джамперов между смежными контактами разъема X11 на плате интерфейсной ПИ-1. Соответствие разрядов кода позиционным обозначениям джамперов показано в таблице ниже. Установленному джамперу соответствует логический 0, снятому джамперу – 1.

Разряд кода LADR	Контакты разъема X11
0	1-2
1	3-4
2	5-6
3	7-8

1.3.1.7. Адреса модуля устанавливаются в диапазоне от 1 до 15, при этом установленный адрес должен быть уникальным в системе и не может использоваться другим модулем. Адрес 0 предназначен для широковещательных запросов.

1.3.1.8. Конфигурация магистрального интерфейса осуществляется установкой джамперов между соответствующими контактами разъема X2 платы интерфейсной ПИ-1.

1.3.1.9. Возможные режимы работы интерфейса и конфигурации джамперов приведены в таблице 3:

Таблица 3. Конфигурация интерфейса

Режим работы интерфейса	Контакты разъема X2, между которыми должны быть установлены джамперы
Без гальванической развязки с питанием интерфейсной части от стабилизатора питания +5В платы ПИ-1	1-2 5-6 7-8 9-10
С гальванической развязкой с питанием интерфейсной части от конвертера 5В-5В, который запитывается от стабилизатора питания +5В платы ПИ-1.	3-4 7-8 9-10 13-14
С гальванической развязкой с питанием интерфейсной части от отдельного стабилизатора +5В.	7-8 9-10 15-16

1.3.1.10. Назначение контактов разъемов подключения питания и интерфейса показано на рисунке 3:

X3		X4		X5		X6	
1	2	1	2	1	2	1	2
+Упит.	GND	GND	-Упит.	+Уинт.	GNDI	D+	D-

Рисунок 3. Назначение контактов

Первый контакт клеммников расположен с левой стороны при рассмотрении клеммника со стороны установки проводов (лицевой стороны).

1.4. Протокол команд

1.4.1. Формат команд.

1.4.1.1. В соответствии со спецификацией MODBUS передача команд и данных осуществляется посылками следующего содержания:

1 байт	Байты команды	Контрольная сумма	
Адрес модуля на магистрали	Байты в соответствии со спецификацией команд	Младший байт	Старший байт

1.4.1.2. Поддерживаемые режимы передачи интерфейса:

- Скорость – 19200 кБит/сек
- Формат посылки 1 старт-бит, 8 бит данных, 1 стоп-бит, без паритета и без проверки на четность

1.4.2. Спецификация команд.

1.4.2.1. Идентификация модуля. (GetModuleID)

Запрашивает информацию о модуле. Данные идентификации передаются в ответной посылке.

Номер байта	Значение (hex)	Описание
Команда		
1	2B	Read Device Identification
2	0E	Subcode
3	01	Get basic device identification
4	0x00	Object ID
Ответ		
1	0x2B	Read Device Identification
2	0x0E	Subcode
3	0x01	Get basic device identification
4	0x01	
5	0x00	
6	0x00	
7	0x03	Number of objects
8	0x00	1-st Object ID
9	0xXX	1-st.Object length
10	Байты	1-st string
11	0x01	2-nd Object ID
12	0xXX	2-nd.Object length
13	Байты	2-nd string
14	0x02	3-d Object ID
15	0xXX	3-d.Object length
16	Байты	3-d string
Ошибка		
1	AB	Код ошибки
2	Ex.code	Код исключения (0x01, 0x02, 0x03, 0x04)

1.4.2.2. Прочитать состояние записи (GetWriteStatus).

Номер байта	Значение (hex)	Описание
Команда		
1	03	Read Holding Registers
2	00	Старший байт адреса
3	09	Младший байт адреса
4	00	Кол-во слов для чтения, старший байт
5	03	Кол-во слов для чтения, младший байт
Ответ		
1	0x03	Read Holding Registers
2	0x06	Количество передаваемых байтов
3	0xXX	Адрес начала записи, младший байт
4	0xXX	Байт управления Бит 1 – состояние записи 1 – Запись разрешена 0 – Запись запрещена
5	0xXX	Адрес начала записи, самый старший байт
6	0xXX	Адрес начала записи, старший байт
7	0xXX	Период взятия выборок (в миллисекундах)
8	0xXX	Зарезервирован
Ошибка		
1	83	Код ошибки
2	Ex.code	Код исключения (0x01, 0x02, 0x03, 0x04)

1.4.2.3. Записать конфигурацию (Config_request)

Номер байта	Значение (hex)	Описание
Команда		
1	10	Write Multiple Registers
2	00	Старший байт адреса
3	0F	Младший байт адреса
4	00	Кол-во слов для записи, старший байт
5	01	Кол-во слов для записи, младший байт
6	02	Кол-во байтов для записи
7	0x00	
8	Запрос	Байт конфигурации модуля Биты 7,6 – Усиление канала X 00 – 1 01 – 2 10 – 5 11 – 10 Биты 5,4 – Усиление канала Y (аналогично каналу X) Биты 3,2 – Усиление канала Z (аналогично каналу X) Бит 1 – Режим работы 1 – Калибровка 0 – Измерение Бит 0 – Запрос конфигурации. Равен 1
Ответ		
1	10	Write Multiple Registers
2	00	Адрес регистра, старший байт
3	0F	Адрес регистра, младший байт
4	00	Количество регистров для записи, ст. байт
5	01	Количество регистров для записи, мл. байт
Ошибка		
1	90	Код ошибки
2	Ex.code	Код исключения (0x01, 0x02, 0x03, 0x04)

1.4.2.4. Прочитать конфигурацию (GetConfig)

Номер байта	Значение (hex)	Описание
Команда		
1	03	Read Holding Registers
2	00	Старший байт адреса
3	0F	Младший байт адреса
4	00	Кол-во слов для чтения, старший байт
5	01	Кол-во слов для чтения, младший байт
Ответ		
1	0x03	Read Holding Registers
2	0x02	Количество передаваемых байтов
3	0xXX	
4	0xXX	Байт конфигурации модуля Биты 7,6 – Усиление канала X 00 – 1 01 – 2 10 – 5 11 – 10 Биты 5,4 – Усиление канала Y (аналогично каналу X) Биты 3,2 – Усиление канала Z (аналогично каналу X) Бит 1 – Режим работы 1 – Калибровка 0 – Измерение
Ошибка		
1	83	Код ошибки
2	Ex.code	Код исключения (0x01, 0x02, 0x03, 0x04)

1.4.2.5. Прочитать показания датчиков (Read_ACL_&_TEMP)

Номер байта	Значение (hex)	Описание
Команда		
1	03	Read Holding Registers
2	00	Старший байт адреса
3	00	Младший байт адреса
4	00	Кол-во слов для чтения, старший байт
5	04	Кол-во слов для чтения, младший байт
Ответ		
1	0x03	Read Holding Registers
2	0x08	Количество передаваемых байтов
3	0xXX	Старший байт значения ускорения X
4	0xXX	Младший байт значения ускорения X
5	0xXX	Старший байт значения ускорения Y
6	0xXX	Младший байт значения ускорения Y
7	0xXX	Старший байт значения ускорения Z
8	0xXX	Младший байт значения ускорения Z
9	0xXX	Старший байт значения температуры
10	0xXX	Младший байт значения температуры
Ошибка		
1	83	Код ошибки
2	Ex.code	Код исключения (0x01, 0x02, 0x03, 0x04)

1.4.2.6. Прочитать усредненные показания (Read_ACL_AVG)

Номер байта	Значение (hex)	Описание
Команда		
1	03	Read Holding Registers
2	03	Старший байт адреса
3	80	Младший байт адреса
4	00	Кол-во слов для чтения, старший байт
5	04	Кол-во слов для чтения, младший байт
Ответ		
1	0x03	Read Holding Registers
2	0x06	Количество передаваемых байтов
3	0xXX	Старший байт усредненного значения ускорения X
4	0xXX	Младший байт усредненного значения ускорения X
5	0xXX	Старший байт усредненного значения ускорения Y
6	0xXX	Младший байт усредненного значения ускорения Y
7	0xXX	Старший байт усредненного значения ускорения Z
8	0xXX	Младший байт усредненного значения ускорения Z
9	0xXX	Старший байт значения температуры
10	0xXX	Младший байт значения температуры
Ошибка		
1	83	Код ошибки
2	Ex.code	Код исключения (0x01, 0x02, 0x03, 0x04)

1.4.2.7. Начать запись (StartMemoryWrite)

Данная команда выполняется либо по адресу модуля в диапазоне 01h-0FFh, или по широкополосному адресу 00h без формирования ответа или ошибки.

Номер байта	Значение (hex)	Описание
Команда		
1	10	Write Multiple Registers
2	00	Старший байт адреса
3	09	Младший байт адреса
4	00	Кол-во слов для записи, старший байт
5	03	Кол-во слов для записи, младший байт
6	06	Кол-во байтов для записи
7	0xXX	Младший байт стартового адреса памяти
8	0x02	Байт управления модуля Бит 1 – Старт записи (1 – запись активна, 0 – запись остановлена)
9	0xXX	Самый старший байт стартового адреса памяти
10	0xXX	Старший байт стартового адреса памяти
11	0xXX	Периодичность взятия отсчетов ускорений (в миллисекундах)
12	0x00	
Ответ		
1	10	Write Multiple Registers
2	00	Адрес регистра, старший байт
3	09	Адрес регистра, младший байт
4	00	Количество регистров для записи, ст. байт
5	03	Количество регистров для записи, мл. байт
Ошибка		
1	90	Код ошибки
2	Ex.code	Код исключения (0x01, 0x02, 0x03, 0x04)

1.4.2.8. Остановить запись (StopMemoryWrite)

Данная команда выполняется либо по адресу модуля в диапазоне 01h-0FFh, или по широковещательному адресу 00h без формирования ответа или ошибки.

Номер байта	Значение (hex)	Описание
Команда		
1	10	Write Multiple Registers
2	00	Старший байт адреса
3	08	Младший байт адреса
4	00	Кол-во слов для записи, старший байт
5	01	Кол-во слов для записи, младший байт
6	02	Кол-во байтов для записи
7	0x00	Байт управления модуля Бит 1 – Старт записи (1 – запись активна, 0 – запись остановлена)
8	0x00	
Ответ		
1	10	Write Multiple Registers
2	00	Адрес регистра, старший байт
3	08	Адрес регистра, младший байт
4	00	Количество регистров для записи, ст. байт
5	01	Количество регистров для записи, мл. байт
Ошибка		
1	90	Код ошибки
2	Ex.code	Код исключения (0x01, 0x02, 0x03, 0x04)

1.4.2.9. Прочитать данные из памяти (MemoryReadToBuffer)

Номер байта	Значение (hex)	Описание
Команда		
1	10	Write Multiple Registers
2	00	Старший байт адреса
3	08	Младший байт адреса
4	00	Кол-во слов для записи, старший байт
5	03	Кол-во слов для записи, младший байт
6	06	Кол-во байтов для записи
7	0x04	Байт управления модуля Бит 2 – Старт чтения (1 – чтение разрешено, 0 – чтение запрещено)
8	0xXX	Не записывается
9	0xXX	Старший байт стартового адреса памяти
10	0xXX	Младший байт стартового адреса памяти
11	0x00	Кол-во байтов для чтения (не более 250)
12	0xXX	Самый старший байт стартового адреса памяти
Ответ		
1	10	Write Multiple Registers
2	00	Адрес регистра, старший байт
3	09	Адрес регистра, младший байт
4	00	Количество регистров для записи, ст. байт
5	01	Количество регистров для записи, мл. байт
Ошибка		
1	90	Код ошибки
2	Ex.code	Код исключения (0x01, 0x02, 0x03, 0x04)

1.4.2.10. Прочитать данные из буфера (ReadBuffer)

Номер байта	Значение (hex)	Описание
Команда		
1	03	Read Holding Registers
2	03	Старший байт адреса
3	8C	Младший байт адреса
4	00	Кол-во слов для чтения, старший байт
5	0xXX	Кол-во слов для чтения, младший байт 01h – 7Dh
Ответ		
1	0x03	Read Holding Registers
2	0xXX	Количество передаваемых байтов 02 - 0FAh
3	0xXX	Старший байт данных
4	0xXX	Младший байт данных
...
xx	0xXX	Старший байт данных
xx	0xXX	Младший байт данных
Ошибка		
1	83	Код ошибки
2	Ex.code	Код исключения (0x01, 0x02, 0x03, 0x04)

1.4.2.11. Записать смещение (WriteOffset)

Номер байта	Значение (hex)	Описание
Команда		
1	10	Write Multiple Registers
2	00	Старший байт адреса
3	66	Младший байт адреса
4	00	Кол-во слов для записи, старший байт
5	01	Кол-во слов для записи, младший байт
6	02	Кол-во байтов для записи
7	0xXX	Значение смещения
8	0xXX	Байт управления ЦАП Биты 7,6 – номер канала ЦАП 00 – Канал X 01 – Канал Y 10 – Канал Z Биты 5...1 – всегда равны 0 Бит 0 – Запрос установки смещения (1- запрос активен)
Ответ		
1	10	Write Multiple Registers
2	00	Адрес регистра, старший байт
3	66	Адрес регистра, младший байт
4	00	Количество регистров для записи, ст. байт
5	01	Количество регистров для записи, мл. байт
Ошибка		
1	90	Код ошибки
2	Ex.code	Код исключения (0x01, 0x02, 0x03, 0x04)

1.5. Конфигурация и выполнение измерений

Для правильной конфигурации модуля необходимо последовательно выполнить действия, перечисленные в пп. 1.5.1 – 1.5.5.

1.5.1. Подключение модуля

Для подключения модуля необходимо:

- Подключить датчики ускорения к разъемам X1, X2, X3 платы ПА-1
- Подключить датчик температуры к разъему X10 платы ПИ-1
- Подключить с соблюдением полярности линию связи к клеммнику X6
- Подключить линию питания +9В к контакту 1 клеммника X3
- Подключить линию питания -9В к контакту 2 клеммника X4
- Подключить общий провод питания GND к контакту 2 клеммника X3
- С помощью джамперов установить адрес модуля согласно пп.1.3.1.6 и 1.3.1.7
- Подключить линии связи по RS-232 и RS-422 к контроллеру MODBUS и подать на него питание.

1.5.2. Конфигурация интерфейса

1.5.2.1. С помощью джамперов установить режим работы магистрального интерфейса с опторазвязкой с питанием от конвертера согласно п. 1.3.1.9

1.5.3. Включение питания

Одновременно включить источники питания +9В и -9В.

1.5.4. Проверка работы интерфейса

1.5.4.1. Выполнить команду GetModuleID со значением Object ID = 0x00.

1.5.4.2. Прочитать данные, переданные модулем. Они должны соответствовать заданным. В случае несоответствия проверить подключение линии связи, исправность связи по COM-порту с контроллером MODBUS.

1.5.5. Считывание результатов измерений

1.5.5.1. Считывание результатов измерений производится командами Read_ACL_&_TEMP и Read_ACL_&_AVG согласно протоколу команд.

1.5.6. Калибровка и интерпретация результатов измерений

1.5.6.1. Общая последовательность выполнения измерений должна быть следующей:

1) С помощью команды записи конфигурации Config_request установить необходимые коэффициенты усиления каналов, подать запрос на конфигурацию и включить режим калибровки.

2) В режиме калибровки с помощью команды Read_ACL_AVG измерять показания в каждом канале и запоминать полученные значения как нуль ускорения. При необходимости в управляющей программе можно дополнительно усреднить полученные значения за длительный интервал времени для увеличения точности. Влияние изменения температуры на дрейф нуля необходимо определить экспериментально и при необходимости можно заложить калибровку нуля при изменении температуры.

3) С помощью команды записи конфигурации Config_request выключить режим калибровки и перейти в рабочий режим со считыванием результатов согласно п. 1.5.5.

4) Для пересчета полученных результатов измерения в единицы ускорения необходимо провести калибровку значения +1g и -1g (или $\pm 3g$ при наличии средства, позволяющего задать его с необходимой точностью) в каждом канале на каждом

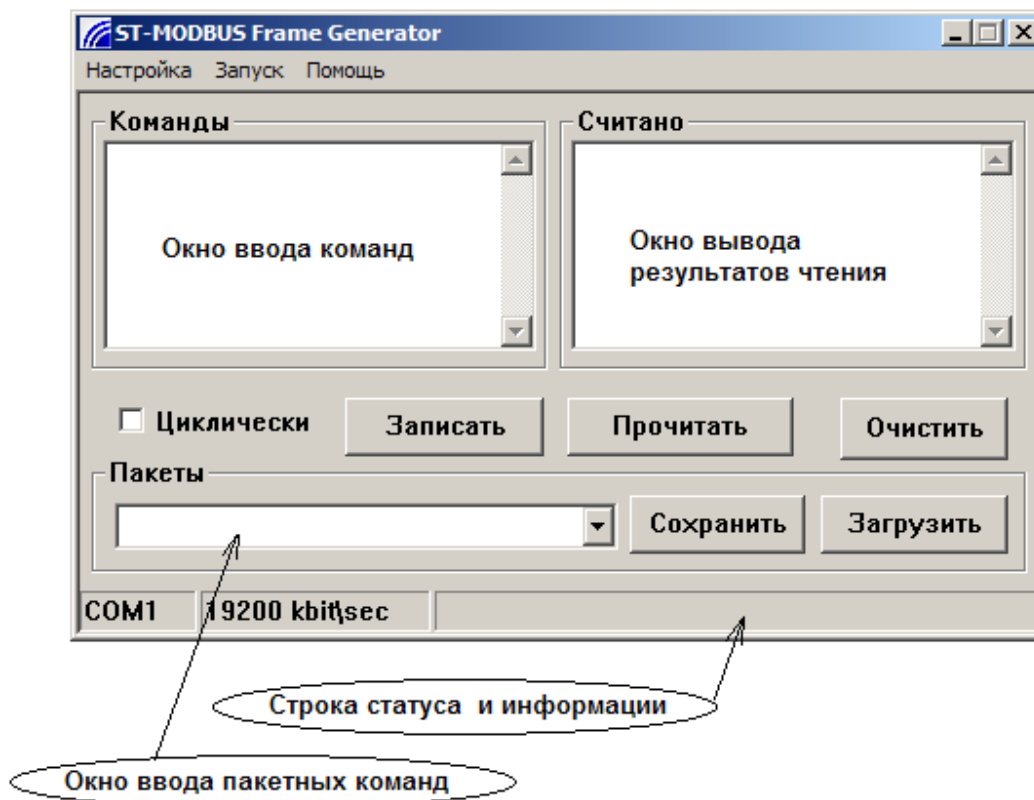
коэффициенте усиления (влияние температуры также необходимо определить экспериментально и учесть при необходимости). Указанную калибровку необходимо производить с каждым модулем при производстве и сохранять полученные константы в память микроконтроллера.

5) По полученному результату измерения калиброванных значений ускорения необходимо определить цену одного разряда преобразования в единицах ускорения и по этому значению путем простого умножения производить пересчет измеренных значений в единицы ускорения.

1.5.6.2. Значение температуры в градусах рассчитывается путем перевода прочитанного шестнадцатиричного значения в десятичное и умножения результата перевода на 0,0625.

2. Редактор команд

2.1. Общее устройство



Вид окна программы и его основные элементы приведены на рисунке. Ввод команд производится в левом окне в соответствии с правилами, приведенными ниже.

Введенная команда посылается контроллеру при нажатии кнопки ЗАПИСАТЬ.

Кнопка ЦИКЛИЧЕСКИ позволяет с заданной периодичностью повторять посылку команды, введенной в окне ввода команд. Периодичность выбирается с помощью пункта меню НАСТРОЙКА-РЕЖИМЫ.

Данные, переданные контроллером через СОМ-порт, читаются в правое окно при нажатии кнопки ПРОЧИТАТЬ. Если в приемном буфере СОМ-порта нет данных, то окно вывода результатов чтения очищается.

Кнопка ОЧИСТИТЬ предназначена для очистки содержимого окна вывода результатов чтения в любой момент. На запись и чтение она не влияет.

Редактор позволяет вводить команды не только побайтно, но и целиком. При этом команды построчно записываются в текстовый файл.

Загрузка файла команд в редактор осуществляется при нажатии кнопки ЗАГРУЗИТЬ. При этом необходимо указать расположение файла на диске. В случае успешной загрузки имя открытого файла команд появляется в строке статуса и информации.

Загруженные из файла команды отображаются в окне ввода пакетных команд. Выбор нужной команды осуществляется при раскрытии из этого окна выпадающего списка. При завершении выбора имя команды отображается в окне, а сама команда отображается в окне ввода команд.

Кнопка СОХРАНИТЬ позволяет сохранить введенные в окне ввода команды в открытый пакетный файл или во вновь созданный. При этом необходимо в окне ввода

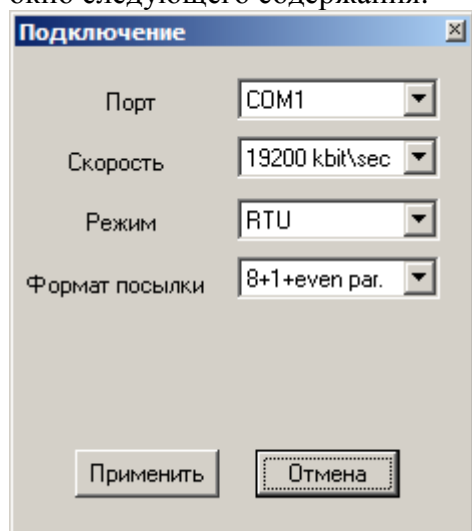
пакетных команд написать ее имя и сохранит команду в текущий открытый файл пакетных команд. Если ни один пакетный файл не открыт, программа предложит создать его, при этом необходимо указать местоположение создаваемого файла на диске и его имя.

2.2. Установка и настройка программы

Установка программы производится копированием файлов из дистрибутива на жесткий диск компьютера.

2.2.1. Настройка подключения

После установки необходимо настроить подключение по RS-232. Для этого необходимо выбрать пункт меню НАСТРОЙКА – ПОДКЛЮЧЕНИЕ. При этом появляется окно следующего содержания:



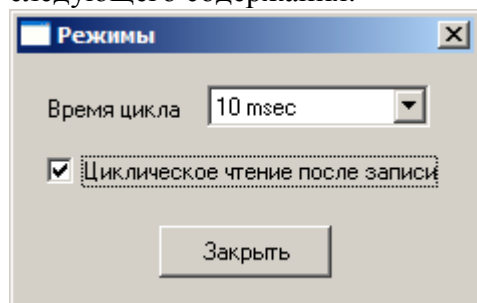
Окно ПОРТ предназначено для выбора свободного СОМ порта, к которому осуществляется подключение.

В окне СКОРОСТЬ выбирается скорость передачи данных.

Окна РЕЖИМ и ФОРМАТ ПОСЫЛКИ служат для выбора режима передачи команд согласно спецификации MODBUS.

2.2.2. Настройка периода повторения команд

Для настройки периода повторения посылки команд, введенных в окне ввода, необходимо выбрать пункт меню НАСТРОЙКА – РЕЖИМЫ. При этом появляется окно следующего содержания:



Из выпадающего списка необходимо выбрать нужное время цикла в зависимости от длины команд, скорости передачи и времени их отработки устройством, а затем нажать кнопку ЗАКРЫТЬ.

Окно ЦИКЛИЧЕСКОЕ ЧТЕНИЕ ПОСЛЕ ЗАПИСИ позволяет задать режим, при котором после повторения выдачи команды в циклическом режиме через некоторое время производится чтение ответной информации, переданной модулем.

Этот режим удобен для отслеживания изменений в результатах измерений в реальном времени без необходимости каждый раз для чтения результата выполнения команды нажимать кнопку ПРОЧИТАТЬ.

2.2.3. Ввод и редактирование команд

2.2.3.1. Правила ввода команд

Для передачи команды в Редакторе команд необходимо последовательно ввести ее байты в окно ввода команд и нажать кнопку ЗАПИСАТЬ. При этом необходимо строго контролировать корректность ввода в соответствии со следующими правилами:

- Допустимыми символами для ввода являются цифры 0123456789 и латинские буквы ABCDEFabcdef. Любые другие символы приводят к ошибочным командам
- Байт должен состоять из двух символов, записанных без промежутков.
- Промежутки между байтами должны заполняться пробелами или Enter
- Контрольная сумма формируется автоматически и вводить ее не нужно.

3. Оборудование и программное обеспечение

3.1. Состав первого передаваемого комплекта аппаратуры и ПО

Наименование	Назначение
Модули	
Акселерометр – 2 шт.	
Инклинометр – 2 шт.	
Измеритель деформации – 2 шт.	
Датчики ускорения – 3шт.	
Датчик деформации – 1 шт.	
Кабели для датчиков ускорения – 3шт. + 2 запасных	
Шлейф для датчика температуры – 1 шт.	
Держатель датчиков ускорения – 1 шт.	
Плата датчика температуры – 1 шт.	
Тестовое оборудование	
Макет контроллера MODBUS	Имитирует команды протокола MODBUS
ByteBlaster	Кабель для программирования контроллера и ПЛИС
Переходник для ISP	Для программирования микроконтроллера с помощью кабеля ByteBlaster
Кабель COM-порта	Интерфейсный кабель
Кабель питания контроллера MODBUS	
Тестовый жгут на 3 модуля	Жгут для подачи питания и сигналов магистрали на модули
Программное обеспечение	
Тестовая программа ST.EXE	Редактирование и посылка команд в модули, просмотр ответов от модулей
Программатор AVREAL32.EXE	Загрузка прошивки в микроконтроллер
Программатор Quartus stand-alone	Загрузка прошивки в ПЛИС
Документация	
Описание	Настоящий документ
Схемы модулей в формате pdf	
Перечни элементов	

3.2. Контроллер MODBUS

Контроллер MODBUS состоит из двух частей – платы B01 и макетной платы с интерфейсом RS-485.

Для сборки контроллера необходимо вставить разъем макетной платы в соответствующий разъем платы B01, подключить интерфейсный кабель RS232 и кабель питания со штекером DJK.

Разъемы, которые необходимо сочленить на плате B01 и макетной плате, отмечены синей меткой. Перед сочленением метки необходимо удалить.

Контроллер питается напряжением +12В.

В кабеле питания белый провод соответствует +12В, синий провод – общий.

Линия RS-485 подключается к штыревому разъему на макетной плате (двухконтактный разъем рядом с клеммником). Полярность подключения линии определяется экспериментально при подключении модулей.

Смонтированный контроллер должен располагаться на любом удобном изолирующем основании.

3.3. Сборка модулей

Перед подключением и размещением на столе на модули снизу необходимо прикрутить стойки, которые находятся в отдельном пакете.

3.4. Тестовый жгут

Тестовый жгут служит для подачи питания и интерфейсных сигналов магистрали RS485 на модули. Один длинный отрезок проводов со штепселями предназначен для подключения источников питания, три коротких отрезка предназначены для подключения модулей. Жгут состоит из проводов разного цвета, назначение которых приведено ниже.

Отрезок со штепселями	
+Упит.	Светло-зеленый
-Упит.	Черный
GND	Синий
GNDI	Белый
+Уинт.	Зеленый
Отрезок для модуля ACCEL01	
+Упит.	Красный
-Упит.	Черный
GND	Синий
GNDI	Белый
+Уинт.	Зеленый
D+	Светло-зеленый с черной меткой
D-	Светло-зеленый
Отрезки для модулей INCLINE01 и DEFORM01	
+Упит.	Красный
GND	Синий
GNDI	Белый
+Уинт.	Зеленый
D+	Светло-зеленый с черной меткой
D-	Светло-зеленый
Линия RS-485	
D+,D-	Двухконтактный разъем BLS2

ВНИМАНИЕ: При подключении модулей неподключенные провода жгута должны быть заизолированы любым способом и не должны замыкаться между собой или с чем-либо еще.

Модули должны подключаться согласно рисункам с расположением разъемов, приведенным выше в описаниях модулей.

При питании интерфейсной части от встроенных преобразователей на модули должны подаваться следующие сигналы и питающие напряжения:

- 1) Для модуля измерения деформации DEFORM01: +Упит., GND, D+,D-;
- 2) Для модуля измерения угла наклона INCLINE01: +Упит., GND, D+,D-;
- 3) Для модуля измерения ускорения ACCEL01: +Упит., -Упит., GND, D+,D-;

При питании интерфейсной части от отдельных источников питания на модули дополнительно должны подаваться напряжение питания +Uинт. и GNDI по отдельным проводам.

3.5. Сборка датчика ускорения

Датчики ускорения транспортируются в упаковке изготовителя во избежание их повреждения. Перед подключением датчиков их необходимо укрепить на держателе.

Датчики на держателе располагаются чувствительными элементами внутрь, а разъемами наружу и прикручиваются винтами. При этом надо соблюдать аккуратность и не повредить элементы датчика, а также не допускать замыканий винтов с печатными элементами платы. Кроме того, нельзя допускать ударов по датчику чем-либо или ронять датчики.

После сборки держателя необходимо подключить кабели к акселерометрам и датчику температуры. Датчик температуры имеет маркировку первого вывода на плате, к нему подключается конец шлейфа с красным проводом. Акселерометры имеют прорезь для правильного подключения кабеля.

К полностью собранному и подключенному к модулю держателю применяются все меры предосторожности, необходимые для акселерометров.

3.6. Подключение проводов жгута к клеммникам

Подключение производится путем вставки проводов в предварительно отвинченные зажимные устройства клеммника и закручивания зажимающих винтов. При этом необходимо вставлять провода возможно глубже и не перетягивать винты во избежание срыва резьбы.

3.7. Подключение датчика деформации

Подключение датчиков деформации в предназначенные клеммники измерителя осуществляется в соответствии с пп. 3.3.1.2 и 3.3.1.8.

3.8. Установка программатора AVREAL

Для установки программатора AVREAL необходимо:

- 1) Установить драйвер порта, для чего запустить файл setup.exe из папки p95nt.
- 2) Скопировать файл avreal32.exe в корневой каталог диска C.

3.9. Программирование микроконтроллера

Для программирования необходимо:

- 1) Подключить кабель к порту LPT, имеющему адрес в системе 378h
- 2) Установить на кабель переходник, другой разъем переходника вставить в разъем на плате.
- 3) Выполнить в консольном окне программы CMD.EXE команду программирования, имеющую следующий вид:

```
C:\avreal32 +mega32a -ab -p0x378 -c [Полный путь]\[имя файла.расширение] -e -w
```

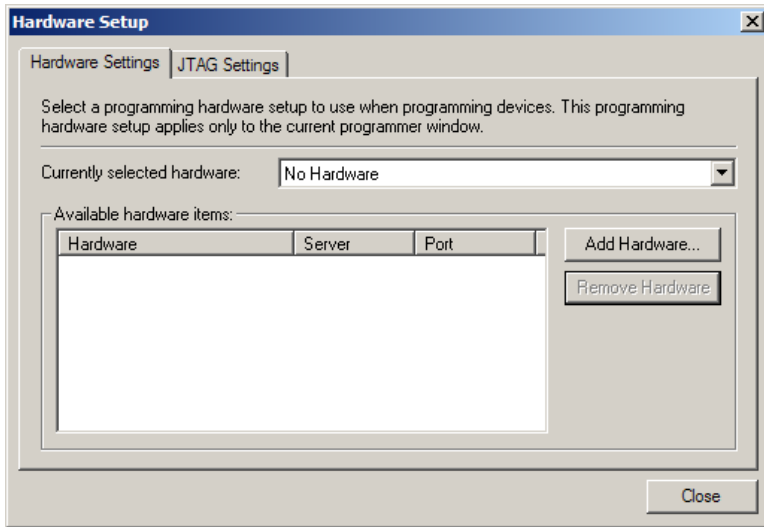
3.10. Установка программатора Altera

Для установки и настройки программатора необходимо:

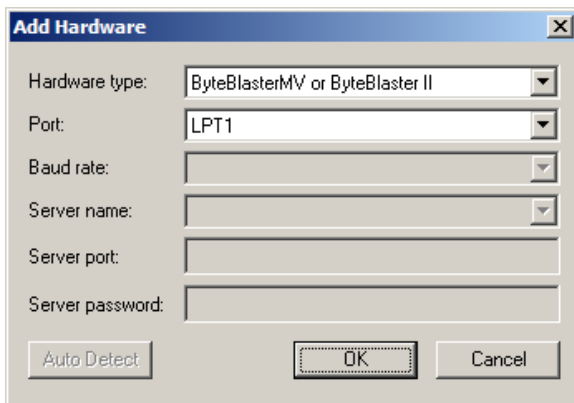
- 1) Скачать дистрибутив программатора по ссылке:
- 2) Запустить установочный файл 72sp3_quartus_programmer.exe

3) Во время установки последовательно выбирать нужные опции, затем выбрать Stand-alone Programmer. После того, как отработает программа инсталляции, из меню ПУСК > Программы > Altera > системы запустить Quartus II 7.2sp3 Programmer.

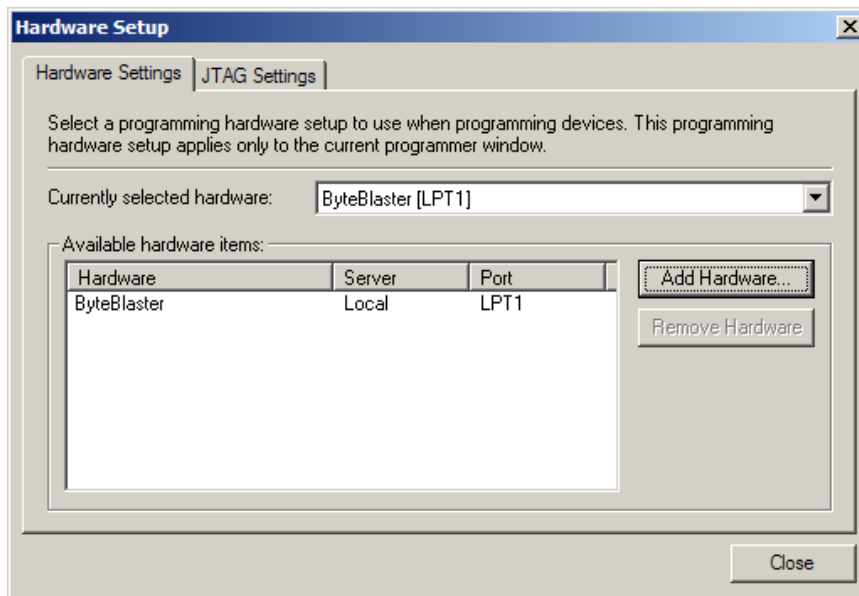
4) После того, как откроется окно программатора, установить оборудование для программирования, для чего нажать кнопки Hardware Setup.



5) В раскрывшемся диалоговом окне нажать кнопку Add Hardware и выбрать из списка Hardware Type кабель ByteBlasterMV и порт компьютера, к которому он присоединен.



6) После успешного выполнения данных действий должно появиться окно следующего содержания:



3.11. Программирование ПЛИС Altera

Для записи прошивки ПЛИС в модуль DEF0RM01 необходимо:

- 1) Подключить кабель к разъему программирования JTAG ПЛИС на модуле.
- 2) Запустить программатор Quartus
- 3) Нажать кнопку Add File и указать путь к файлу программирования с расширением .rof
- 4) Отметить все галочки в столбцах Program, Verify и Blank Check
- 5) Нажать кнопку Start для запуска процесса программирования
- 6) После успешного завершения процесса отключить кабель программирования от модуля.

4. Методика проверки функционирования

4.1. Проверка измерителя ускорения

Проверка модуля производится путем последовательного выполнения пп. 4.1.1 – 4.1.6.

4.1.1. Подключение модуля

- 1) Подключить провода тестового жгута источники питания +9В, -9В и линию RS-485 в соответствии с цветовым обозначением проводов для модуля (п.3.4) и расположением разъемов модуля (п.1.3.1.10).
- 2) В соответствии с п. 1.3.1.6 джамперы установки адреса модуля поставить в положения, соответствующие адресу модуля 03h.
- 3) Подключить источники питания к сети 220В.
- 4) Установить на источниках питания напряжения +9В.
- 5) Выключить источники питания +9В, -9В, +9В инт.
- 6) Подключить штепсели тестового жгута +9В, -9В, +9В инт. к соответствующим источникам.

4.1.2. Программирование микроконтроллера

- 1) Подключить кабель программирования к порту компьютера и модулю и выполнить программирование рабочей программы из соответствующего файла ACCEL.HEX согласно п.5.9.
- 2) Выключить источники питания и отсоединить кабель программирования от модуля.

4.1.3. Проверка интерфейса RS-485

4.1.3.1. Проверка без гальванической развязки от источника питания модуля

- 1) Выполнить подключение модуля согласно п.4.1.1
- 2) В соответствии с п. 1.3.1.9 джамперы установки режимов работы интерфейса поставить в положения, соответствующие работе без гальванической развязки.
- 3) Одновременно включить все источники питания.
- 4) Подать команду GetModuleID и прочитать ответ, который должен соответствовать требуемому.

4.1.3.2. Проверка с гальванической развязкой с питанием от отдельного источника

- 1) Выполнить подключение модуля согласно п.4.1.1
- 2) В соответствии с п. 1.3.1.9 джамперы установки режимов работы интерфейса поставить в положения, соответствующие работе с гальванической развязкой с питанием от отдельного источника.
- 3) Одновременно включить все источники питания.
- 4) Подать команду GetModuleID и прочитать ответ, который должен соответствовать требуемому.

4.1.3.3. Проверка с гальванической развязкой с питанием от конвертера

- 1) Выполнить подключение модуля согласно п.4.1.1
- 2) В соответствии с п. 1.3.1.9 джамперы установки режимов работы интерфейса поставить в положения, соответствующие работе с гальванической развязкой с питанием от отдельного конвертера.
- 3) Одновременно включить все источники питания.
- 4) Подать команду GetModuleID и прочитать ответ, который должен соответствовать требуемому.

4.1.4. Проверка считывания результатов измерений ускорения и температуры

- 1) Выполнить подключение модуля согласно п.4.1.1
- 2) Одновременно включить все источники питания.
- 3) Установить циклический режим подачи команд и чтения ответов от модуля с периодичностью 100 мсек.
- 4) Подать команду Read_ACL_AVG в циклическом режиме и наблюдать показания датчиков ускорения и температуры.
- 5) Изменять приложенное к датчикам ускорение и наблюдать соответствующие изменения в показаниях.
- 6) Нагревать датчик температуры или модуль любым способом, не приводящим к выходу модуля из строя, наблюдать изменения показаний при нагреве и охлаждении.
- 7) Выключить циклический режим подачи команд.
- 8) Выключить источники питания.

4.1.5. Проверка установки настроек

- 1) Выполнить подключение модуля согласно п.4.1.1
- 2) Одновременно включить все источники питания.
- 3) С помощью команды установки настроек Config_request устанавливать режим калибровки нуля, а также разные значения коэффициентов усиления каналов.
- 4) Выполнить действия подпунктов 3-5 п.4.1.4, наблюдать показания и их изменения в соответствии со сделанными настройками.
- 5) Выключить циклический режим подачи команд.
- 6) Выключить источники питания.

4.1.6. Проверка установки смещения

- 1) Выполнить подключение модуля согласно п.4.1.1
- 2) Одновременно включить все источники питания.
- 3) С помощью команды установки настроек WriteOffset установить смещение нуля отдельно для каждого канала, а затем считывать результаты измерения командой Read_ACL_AVG в циклическом режиме и наблюдать смещение показаний датчиков ускорения.
- 4) Выключить циклический режим подачи команд.
- 5) Выключить источники питания.

4.1.7. Проверка работы с памятью

- 1) Выполнить подключение модуля согласно п.4.1.1
- 2) Одновременно включить все источники питания.
- 3) С помощью команды установки настроек Config_request установить значения коэффициентов усиления каналов, равные 1, а также включить режим измерения.
- 4) Начать запись командой StartMemoryWrite по адресу модуля.
- 5) Через несколько секунд остановить запись командой StopMemoryWrite по адресу модуля.
- 6) Прочитать состояние записи командой GetWriteStatus. В соответствии с описанием команды определить состояние бита активности записи (должен быть = 0) и объем записанных данных.
- 7) Подать команду MemoryReadToBuffer для чтения 250 байтов из памяти в буфер.
- 8) Подать команду ReadBuffer для чтения 250 байтов. В соответствии с описанием команды наблюдать записанные в память данные.
- 9) С помощью команды установки настроек Config_request установить значения коэффициентов усиления каналов, равные 1, а также включить режим калибровки.
- 10) Начать запись командой StartMemoryWrite по широковещательному адресу.
- 11) Через несколько секунд остановить запись командой StopMemoryWrite по широковещательному адресу.

12) Прочитать состояние записи командой `GetWriteStatus`. В соответствии с описанием команды определить состояние бита активности записи (должен быть = 0) и объем записанных данных.

13) Подать команду `MemoryReadToBuffer` для чтения 250 байтов из памяти в буфер.

14) Подать команду `ReadBuffer` для чтения 250 байтов. В соответствии с описанием команды наблюдать записанные в память данные. Убедиться в прохождении команд запуска и останова чтения по широкополосному адресу.

15) Выключить источники питания.