

Общество с ограниченной ответственностью
«Модульные Системы Торнадо»

Программное обеспечение

**Функциональные характеристики
программы «MIRage-N-microcode»**

АБНС.53011-01 13 01

Технический директор

С.А. Кулагин

Согласовано			
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	

2020

СОДЕРЖАНИЕ

1 НАЗНАЧЕНИЕ.....	3
2 ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ	4
3 ОПИСАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРОГРАММЫ	6
3.1 Устройства аналогового ввода MIRage-NAI, MIRage-NAI8, MIRage-NAIi	6
3.2 Устройства аналогового вывода MIRage-NAO, MIRage-NAOi	6
3.3 Устройства ввода сигналов термопреобразователей сопротивления и преобразования сигналов термопар MIRage-NTHERM, MIRage-NTHERMi, MIRage-NPT, MIRage-NPTi	7
3.4 Устройства дискретного ввода-вывода MIRage-NDIO, MIRage-NDI-C, MIRage-NDI-C2, MIRage-NDIO-L, MIRage-NDO-C, MIRage-NDO-C2, MIRage-NDO16	8
3.5 Устройство преобразователя интерфейса RS485 MIRage-N485	9
3.6 Устройство измерителя временных интервалов MIRage-NTMU	10
3.7 Многофункциональное устройство MIRage-NFM	11
4 УСТАНОВКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	12

						АБНС.53011-01 13 01			
<i>Изм.</i>	<i>Кол.уч.</i>	<i>Лист</i>	<i>№док.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Дорошкин			04.20	Функциональные характеристики программы «MIRage-N-microcode»	<i>Стадия</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Проверил</i>		Тимошин			04.20		Р	2	13
<i>Н. контр.</i>		Лебедева			04.20		ООО «Модульные Системы Торнадо»		
<i>Нач. отд. пр.</i>		Журавлева			04.20				

1 НАЗНАЧЕНИЕ

Программа предназначена для исполнения в микроконтроллерах, входящих в состав интеллектуальных устройств ввода-вывода MIRage-N. Основной функцией программы является обеспечение процессов измерения и управления в соответствии с функциональным назначением каждого модуля. Программным объектом является бинарный образ, создаваемый путем компиляции исходных текстов программ и загружаемый в микроконтроллер на этапе производства устройств. Эксплуатация программы ведется только в составе произведенных следующих устройств серии MIRage-N:

MIRage-NAI

MIRage-NAI8

MIRage-NAIi

MIRage-NAO

MIRage-NAOi

MIRage-NTHERM

MIRage-NTHERMi

MIRage-NPT

MIRage-NPTi

MIRage-NDIO

MIRage-NDI-C

MIRage-NDI-C2

MIRage-NDIO-L

MIRage-NDO-C

MIRage-NDO-C2

MIRage-NDO16

MIRage-N485

MIRage-NTMU

MIRage-NISO

MIRage-NFM

						АБНС.53011-01 13 01	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		3

2 ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ

Алгоритм кода программы, работающий в микроконтроллере семейства MC9S12E128, на этапе старта после включения питания устройства определяет тип устройства посредством чтения идентификационного кода, располагаемого в энергонезависимой памяти на кроссовой плате, являющейся уникальной неотъемлемой частью данного типа устройства. После идентификации устройства управление передается программному функциональному модулю, отвечающего за работу с данным типом устройства.

Функциональные программные модули для всех типов устройств решают следующие общие задачи:

- цифровая поддержка аппаратного состава устройства: инициализация, настройка на рабочий режим микросхем, входящих в состав устройства, осуществление цифрового обмена с интерфейсными подсистемами;
- циклический вызов процедур, отвечающих за измерения и управления, проводимыми над дискретными и аналоговыми сигналами ввода-вывода;
- начальная обработка передаваемых сигналов: для аналоговых устройств – это приведение к физическим величинам на основе калибровочных констант, для дискретных сигналов – это фильтрация и обеспечение временных границ;
- обеспечение режима работы сетевых интерфейсов Ethernet с поддержкой протоколов UDP/TCP
- образование логической регистровой карты, по которой осуществляется обмен информацией при проведении измерений и контроля с использованием протокола ModBus;
- доступ к программно образуемым регистрам осуществляется через функции ModBus:
 - F3 – чтение массива последовательных регистров;
 - F6 – запись в отдельный регистр;
 - F16 – запись массива последовательных регистров;
 - F43 – чтение идентификационной информации модуля
- идентификационная информация содержит сведения о названии устройства, имя предприятия – изготовителя («Tornado»), текущую версию микрокода;
- постоянный мониторинг с интервалом не более 10 с целостности критически важных параметров и переменных, и в случае их нарушения – вызов процедуры с исправляющим механизмом;
- мониторинг с интервалов не более 0.1 с аппаратных регистров микросхем сетевого интерфейса Ethernet с возможностью их восстановления по копии, сохраняемой в оперативной памяти микроконтроллера;

						АБНС.53011-01 13 01	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		4

- применение защитного механизма реализованного на сторожевом таймере;
- поддержка способа перевода устройств в сервисный режим с сигнализацией этого режима, служащий для настройки базовых параметров устройств, таких как сетевой профиль устройства и калибровочных констант.

						АБНС.53011-01 13 01	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		5

3 ОПИСАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРОГРАММЫ

3.1 Устройства аналогового ввода MIRage-NAI, MIRage-NAI8, MIRage-NAIi

Для устройств с групповой развязкой MIRage-NAI, MIRage-NAI8 работает алгоритм, при котором под управлением микроконтроллера выбирается очередной измеряемый канал путем подключения его через аналоговый мультиплексор на вход АЦП. Запускается процесс преобразования, по окончании которого, преобразованные данные считываются с АЦП. После сканирования всех каналов, запускается цикл измерения опорных каналов состоящих из образцового источника напряжения и входа, замкнутого на сигнальный нулевой провод. Значения, полученные от опорных каналов, используются для пересчета физических значений напряжений и токов на измеряемых каналах. Для устройства аналогового ввода с поканальной изоляцией MIRage-NAIi для АЦП каждого канала задается режим непрерывных измерений и программой производится одновременная выборка результатов измерений. Пересчет в физические величины производится с использованием калибровочных констант, полученных на этапе юстировки при производстве. Полученные значения сохраняются в регистрах, доступных по чтению через интерфейс связи (Ethernet) по протоколу ModBus над TCP/UDP:

- измеренные значения представляются в единицах милливольт для каналов, включенных в режиме измерения напряжений и в единицах микроампер для каналов, включенных в режим измерения токов;
- текущая температура системной платы, представленная в единицах градусов Цельсия;
- задание режимов измерения каналов: канал исключен из списка измеряемых каналов, канал в режиме измерения напряжения, канал в режиме измерения тока;
- величина сопротивления нагрузки в Омх для каналов измерения тока;
- частота фильтра прецизионного АЦП;
- программное смещение, добавляемое к измеренным значениям тока или напряжения для компенсации смещения нуля.

3.2 Устройства аналогового вывода MIRage-NAO, MIRage-NAOi

Микроконтроллер выбирает значения регистров, в которых записывается величина устанавливаемого выходного тока или напряжения, и используя калибровочные константы рассчитывает значение для загрузки его в регистр цифро-аналогового преобразователя (ЦАП). Также мик-

						АБНС.53011-01 13 01	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		6

роконтроллером ведется измерение и управление дискретными каналами, входящими в состав устройства MIRage-NAO.

Карта регистров, доступных через интерфейс связи (Ethernet) по протоколу ModBus над TCP/UDP содержит следующие поля:

- установка уровней выходных аналоговых сигналов, выраженных в милливольтках для режима источника напряжения и микроамперах для режима источника тока;
- для устройства MIRage-NAO регистры битового управления состояниями дискретных входов-выходов, а также регистры для битового отображения состояний этих каналов;
- сервисные регистры, отображающие текущие значения регистров ЦАП, которые рассчитываются микроконтроллером в соответствии с задаваемыми физическими значениями;
- текущая температура системной платы, представленная в единицах градусов Цельсия;
- регистры, определяющие тип выходного аналогового канала: источник напряжения или источник тока.

3.3 Устройства ввода сигналов термопреобразователей сопротивления и преобразования сигналов термопар MIRage-NTHERM, MIRage-NTHERMi, MIRage-NPT, MIRage-NPTi

Для устройств с групповой развязкой MIRage-NTHERM, MIRage-NPT реализован алгоритм, при котором под управлением микроконтроллера выбирается очередной измеряемый канал путем подключения его через мультиплексор на вход АЦП. Запускается процесс преобразования, по окончании которого, преобразованные данные считываются с АЦП. После сканирования всех каналов, запускается цикл измерения температуры холодного спая (для MIRage-NTHERM) и напряжений опорных каналов, состоящих из образцового источника напряжения и входа, замкнутого на сигнальный нулевой провод. Значения, полученные от опорных каналов, используются для пересчета физических значений термоэДС на измеряемых каналах либо значений термометров сопротивлений. Далее идет процесс пересчета полученных напряжений или сопротивлений в значения температур по таблицам преобразований. В функциональном модуле присутствуют таблицы преобразований для следующих типов термопар и термометров сопротивлений и их диапазоны температур (в °C):

ТХК (L-type)	-200..800
ТХА(К-type)	-270..1372
DIN43710	-56..905
PT50 1385	-200..850

										Лист
										7
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	АБНС.53011-01 13 01				

PT100 1385	-200..600
PT50 1391	-200..850
PT100 1391	-200..600
Cu50 1428	-180..200
Cu100 1428	-180..200
GR23	-50..180
GR21	-200..650
Cu50 1426	-50..200
Cu100 1426	-50..200
Ni100 1617	-60..180.

Кроме того, содержится таблица прямого преобразования сопротивления. Каждая таблица имеет интерполяционные точки с таким интервалом, чтобы обеспечить точность пересчета не более 0.05°C.

Карта регистров, доступных через интерфейс связи (Ethernet) по протоколу ModBus над TCP/UDP содержит следующие поля:

- измеренные значения на каналах и датчике температуры холодного спая, представленные в единицах 1/10 градусах Цельсия;
- статусы измерения на каналах, отображающие целостность измерительной цепи;
- текущую температуру системной платы, представленной в единицах градусов Цельсия;
- выбор таблицы преобразования;
- частота фильтра прецизионного АЦП.

3.4 Устройства дискретного ввода-вывода MIRage-NDIO, MIRage-NDI-C, MIRage-NDI-C2, MIRage-NDIO-L, MIRage-NDO-C, MIRage-NDO-C2, MIRage-NDO16

Функциональный модуль единый для данных типов устройств, обеспечивает алгоритм, при котором под управлением микроконтроллера каждые 2 мсек производится сканирование всех каналов дискретного ввода-вывода. Если канал является выходным, то в соответствии со значением контрольного регистра производится его управление. Если канал настроен как входной, то его состояние записывается в соответствующий регистр. В модуле предусмотрена цифровая фильтрация входного сигнала с возможностью изменения постоянной времени. Регистры управления и статуса доступны по чтению и записи через интерфейс связи (Ethernet) по протоколу ModBus над TCP/UDP:

						АБНС.53011-01 13 01	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		8

- регистры управления и отображения состояний каналов ввода-вывода;
- регистры конфигурации;
- регистры постоянной времени фильтров каналов дискретных вводов, в миллисекундах;
- текущая температура системной платы, представленная в единицах градусов Цельсия.

3.5 Устройство преобразователя интерфейса RS485 MIRage-N485

Модуль поддерживает два режима работы: прозрачный режим (RAW) и режим передачи пакетов ModBus. Функциональный алгоритм обеспечивает следующее.

В RAW режиме UDP пакеты, полученные от Ethernet сети, ретранслируются в канал RS485, номер которого определяется настраиваемым IP портом, для которого предназначается посылка (PortA, PortB, PortC). Когда приходят данные со стороны RS485, то из них формируется пакет для отправки через Ethernet по индивидуально настраиваемому IP адресу для каждого канала: IP1A.Port1A, IP1B.Port1B, IP1C.Port1C – для отправки по соединению Ethernet1; IP2A.Port2A, IP2B.Port2B, IP2C.Port2C – для отправки по соединению Ethernet2. Конец формируемого пакета определяется максимальной длиной, либо истечением временного интервала. Максимальная длина и временной интервал настраиваются как параметры, индивидуальные для каждого канала RS485.

В режиме передачи пакетов ModBus каждый пакет, принятый от Ethernet интерпретируется как пакет ModBus над UDP. Из него выделяется адресный идентификатор SlaveID и блок данных протокола PDU, к которым присоединяется насчитываемая контрольная сумма CRC16. Сформированный таким образом пакет отправляется через канал RS485. В этом режиме предполагается, что подчиненное устройство, находящееся на стороне RS485, должно подтверждать принятие ModBus пакетов. Ответы устройств в модуле подвергаются обратному преобразованию: проверяется целостность и правильность пакета по контрольной сумме, после чего ответный пакет отправляется тому адресату, который отправлял запрос. Если ответ не последовал в течение заданного временного интервала, то выставляется признак ошибки таймаута в статусном регистре.

Регистры управления и статуса, доступные по чтению и записи через интерфейс связи (Ethernet) по протоколу ModBus над TCP/UDP, содержат:

- статусные регистры каналов, отображающие ошибки, возникающие в ходе обмена данными через порты RS485;
- номера IP портов для каналов;
- регистры режима каналов;
- регистры скорости и формата передачи данных для последовательных каналов;
- регистры величины таймаута ожидания в режиме ModBus;
- регистры настраиваемых адресов и портов передачи пакетов от RS485 в RAW режиме;

						АБНС.53011-01 13 01	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		9

- регистры максимальных временных интервалов и длин формируемых пакетов от RS485 в RAW режиме;
- текущую температуру системной платы, представленной в единицах градусов Цельсия;
- версию микрокода контроллера интерфейса.

3.6 Устройство измерителя временных интервалов MIRage-NTMU

Функциональный алгоритм обеспечивает работу микроконтроллера совместно с программируемой логической матрицей по измерению периодов между импульсами и функцию генератора импульсной последовательности заданной частоты. При настройке и управлении режимами используется протокол ModBus, а передача потока измеряемых значений ведется в прямом RAW режиме без запросов.

Периоды между импульсами измеряются 24-х разрядным счетчиком тактовых импульсов, частота которых равна 16 МГц. По приходу очередного импульса, текущее значение счетчика фиксируется в регистре, и счетчик возобновляет отсчет. Каждое фиксируемое значение счетчика суммируются с предысторией на определенное количество N входных импульсов. Через равные интервалы времени текущие значения сумматора передаются в составе кадра измеренных значений через два интерфейса Ethernet. Кадр содержит:

- порядковый номер кадра;
- текущее значение регистра сумматора;
- приращение на границах сумматора;
- текущее значение регистра счетчика;
- текущую длину сумматора;
- счетчик входных импульсов.

Регистры управления и статуса, доступные по чтению и записи через интерфейс связи (Ethernet) по протоколу ModBus над TCP/UDP, содержат:

- командный флаг записи в регистры измерителя периодов;
- длины сумматоров;
- управление старт-стоп измерителем;
- командный флаг записи в регистры генератора импульсов;
- скорость изменения частоты;
- регистр устанавливаемой частоты;
- регистр команды форсирования установки частоты;
- регистр значения текущей частоты;

						АБНС.53011-01 13 01	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		10

- статус инициализации программируемой логической матрицы;
- статус рестарта микроконтроллера устройства;
- текущую температуру системной платы, представленной в единицах градусов Цельсия;
- IP-адрес устройства назначения для посылок кадров через Ethernet;
- длины сумматоров по умолчанию;
- регистр автостарта измерений по включению питания;
- скорость передачи данных.

3.7 Многофункциональное устройство MIRage-NFM

Для данного устройства основной функциональный алгоритм подразумевает, что все аппаратные функции могут быть реализованы с помощью микрокода, скомпилированного пользователем по определенным правилам в зависимости от задач, которые должно выполнять данное устройство. Пользователю предоставляются правила в виде предкомпилированных функций для работы с периферийными узлами, входящими в состав устройства, такими как 4 канала аналого-цифрового преобразователя, 1 канал цифро-аналогового преобразователя, 8 каналов дискретного ввода-вывода. Функции, входящие в состав алгоритма играют роль загрузчика через Ethernet. После загрузки управление передается программе пользователя.

Загрузчик пользовательского микрокода пользователя через Ethernet поддерживает следующие функции:

- ответ на запрос готовности к загрузке микрокода;
- загрузка осуществляется передачей образа кода в S-формате;
- каждая переданная строка кода сопровождается ответом о статусе выполнения команды записи во внутреннюю программную память;
- по окончании загрузки подсчитывается контрольная сумма записанного образа и в случае ее правильности управление передается загруженному образу.

						АБНС.53011-01 13 01	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		11

4 УСТАНОВКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Программным объектом является бинарный образ в формате S-файла, создаваемый путем компиляции исходных текстов программ и загружаемый в микроконтроллер на этапе производства устройств.

Программирование делается с помощью программатора BDMS12_USB, изготовленного компанией «Tornado». Программатор включается к персональному компьютеру через USB, а к плате МС через краевой разъем «BKGD», расположенном на плате. Питание на плату подается через этот же разъем во время программирования. Для управления процессом программирования используется программа «ProgNXXX», фронт-панель которой показана на рисунке 1.

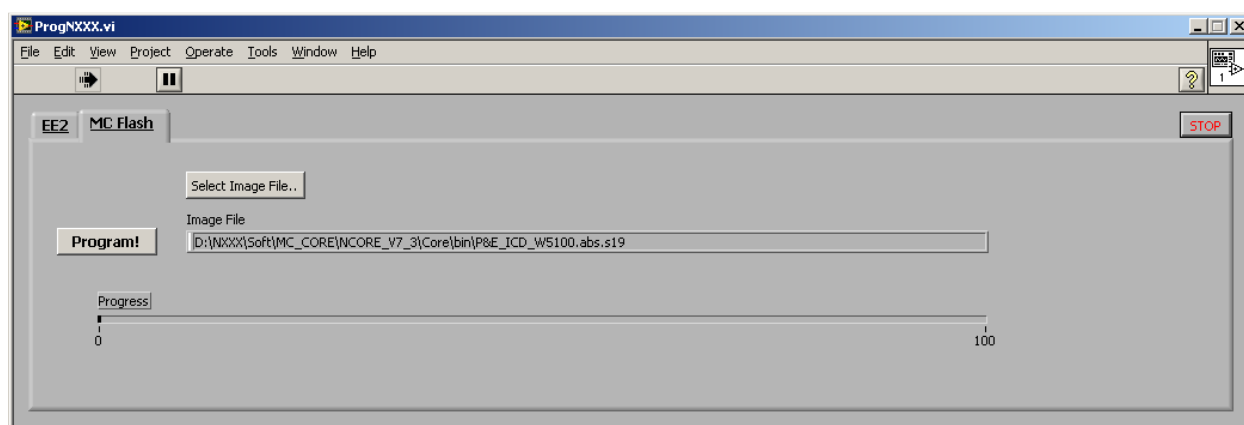


Рисунок 1 – Фронт-панель программы ProgNXXX

После успешного запуска программы надо выбрать S-файл бинарного образа для программирования с помощью кнопки «Select Image File». Запуск цикла программирования осуществляется кнопкой «Program». Процесс программирования отображается на прогресс-индикаторе и по достижении конца программирования выводится сообщение об успешном завершении операции.

Последующий экземпляр МС программируется после пересоединения разъема «BKGD» и запуска цикла кнопкой «Program».

						АБНС.53011-01 13 01	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		12

Таблица регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в док.	Номер док.	Подп.	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных				

						АБНС.53011-01 13 01	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		