

А.Н. Постников – аспирант (НИЛ КСА)

О.Е. Поздеев – инженер (НИЛ КСА)

Р.Ш. Валиев – кандидат технических наук (НИЛ КСА)

ПРОГРАММНЫЕ И АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА УСТРОЙСТВА МАТРИЧНОГО ВВОДА СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ СТД-МПК

Устройство матричного ввода (УМВ) представляет собой конструктивно и функционально законченный блок и предназначено для контроля состояния объектов железнодорожной автоматики и телемеханики, на выходах каждого из которых может быть сигнал: постоянный; переменный (частотой 50 Гц); «мигающий полюс», т.е. последовательность логических единиц и нулей (рис. 1); коды системы частотного диспетчерского контроля (ЧДК) от трансмиттеров КПТШ-5 или КПТШ-7: код З, код Ж или код КЖ (рис. 1).

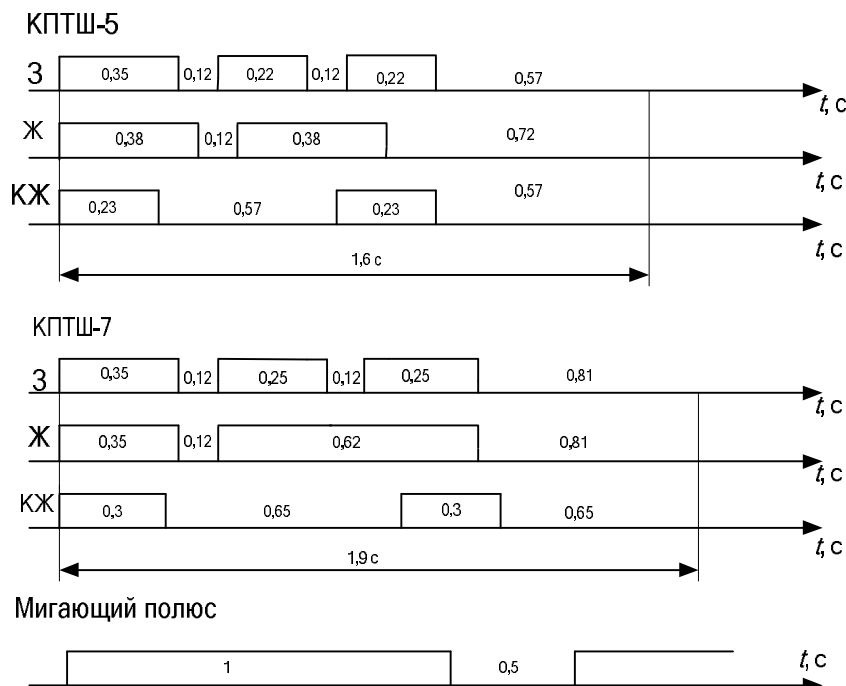


Рисунок 1. Форма сигналов на входе УМВ

УМВ должно обнаруживать наличие того или иного сигнала на выходе объекта и передавать на верхний уровень системы в управляющий вычислительный комплекс (УВК).

Рассмотрим структурную схему УМВ (рис. 2).

Устройство представляет собой три вида печатных плат: плату матричного ввода (ПМВ), цифровую плату контроля (ЦПК) и кросс-плату.

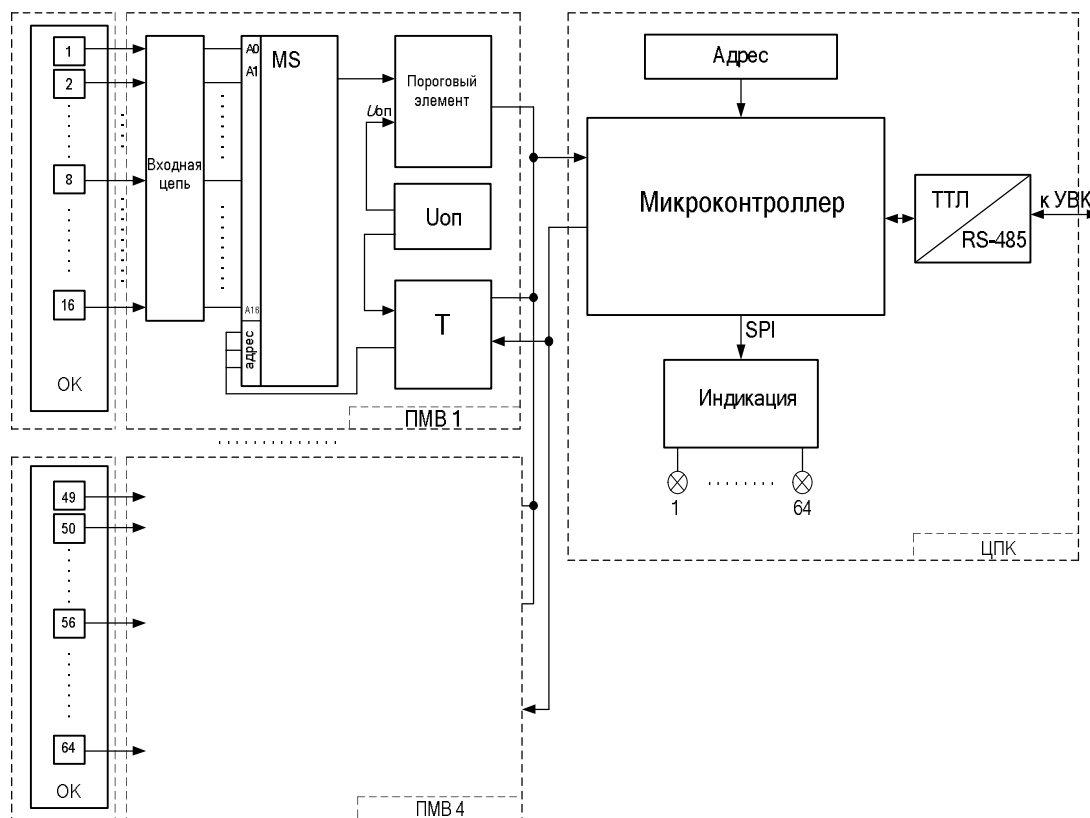


Рисунок 2. Структурная схема УМВ

Каждая плата матричного ввода собирает информацию с 16-ти объектов контроля (одна изолированная группа). Максимальное количество объектов – 32, т.е. всего 2 платы ПМВ (изолированные группы) может быть подключено к одной ЦПК.

Объекты контроля посредством входных каскадов соединяются со входом мультиплексора. Входные каскады представляют собой RC-цепи и делитель напряжения, собранный на резисторах. Такое соединение дает высокое входное сопротивление (100 кОм) и позволяет получить на выходах делителя высокий уровень напряжения, а конденсаторы сглаживают случайные помехи.

С выхода делителя напряжения сигнал поступает в определенный момент времени на вход порогового устройства через мультиплексор (MS). Этот момент определяется комбинацией на адресных входах MS. Микроконтроллер (МК) ЦПК выдает комбинации на эти входы в определенной последовательности, начиная с первого.

Адрес, задаваемый микроконтроллером, проверяется контролирующим устройством (тестером), расположенным на каждой плате ПМВ: при подаче восьмой единичной комбинации на адресные входы MS на выходе тестера должен формироваться единичный импульс, что контролируется МК. Если в течение опроса случайно возник единичный импульс на любой кроме последней комбинации, то значит произошел обрыв связи между ЦПК и ПМВ. В случае формирования тестером (Т) единичного импульса сбоя микроконтроллер прекращает опрос объектов, что исключает возможность прохождения ложного контроля и далее анализирует характер сбоя. Одновременно с этим включается один из диагностических светодиодов. По горению светодиода обслуживающему персоналу проще обнаружить неисправность в устройстве.

Использование в схеме ПМВ мультиплексора позволяет поочередно подключать к одному пороговому элементу 8 объектов контроля. Такое последовательное подклю-

чение выполняет роль распределителя и значительно снижает количество элементов. Время однократного опроса состояния всех входов составляет 1,25 мс.

На входы порогового элемента кроме полезного сигнала поданы положительные и отрицательные значения порога срабатывания ($U_{оп}$), вырабатываемые источником опорного напряжения. При достижении сигналом значения не менее 0,67 от $U_{оп}$ в момент опроса компаратором вырабатывается логическая единица. Напряжение менее 0,5 $U_{оп}$ будет считаться логическим нулем. Так при контроле постоянного напряжения на выходе компаратора получается сплошная последовательность нулей или единиц, что значительно упрощает распознавание такого сигнала. При контроле переменного сигнала на выходе порогового устройства получается в идеальном случае периодическая последовательность нулей и единиц в обоих полупериодах (рис. 3).

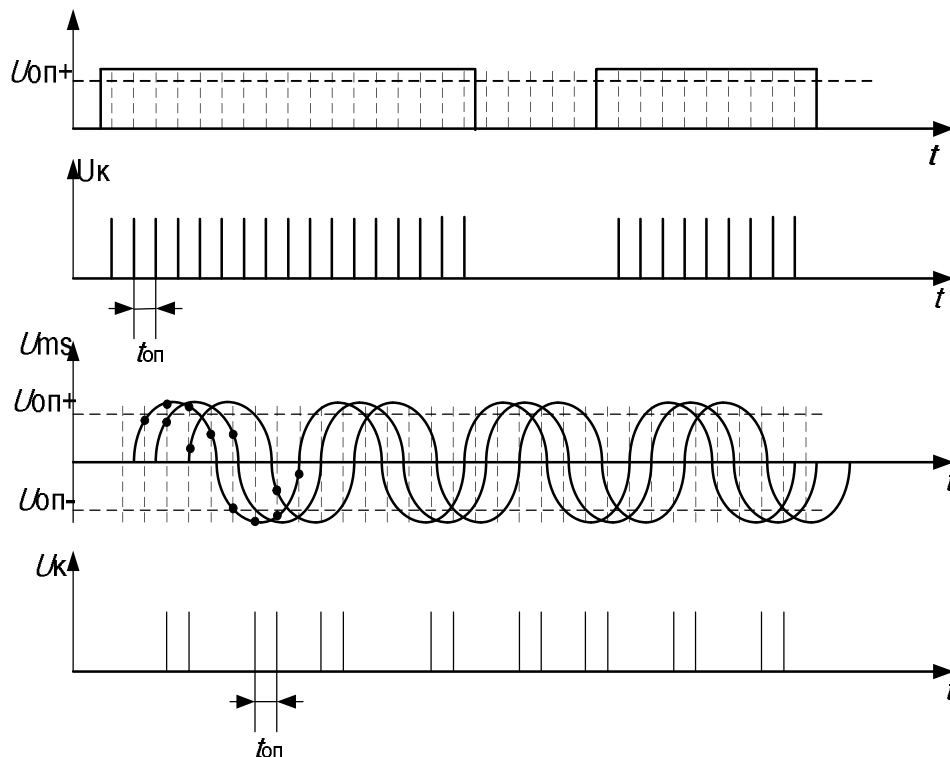


Рисунок 3. Вид сигналов на выходе мультимплектора и компаратора

Если на выходе компаратора существует комбинация нулей и единиц, то необходимо правило, по которому можно однозначно отличать переменный сигнал от случайной помехи. Кроме того, надо учитывать изменение фазы и амплитуды данного сигнала.

Так, в случае с переменным сигналом число единичных или нулевых выборок может меняться в зависимости от изменения фазы и значения порога срабатывания. При сдвиге фазы количество единичных значений может как увеличиться, так и уменьшиться. При уменьшении порога количество единичных выборок возрастает, а также становится выше вероятность срабатывания компаратора от помех. Поэтому необходимы некоторые нормативные значения порога срабатывания и частоты опроса.

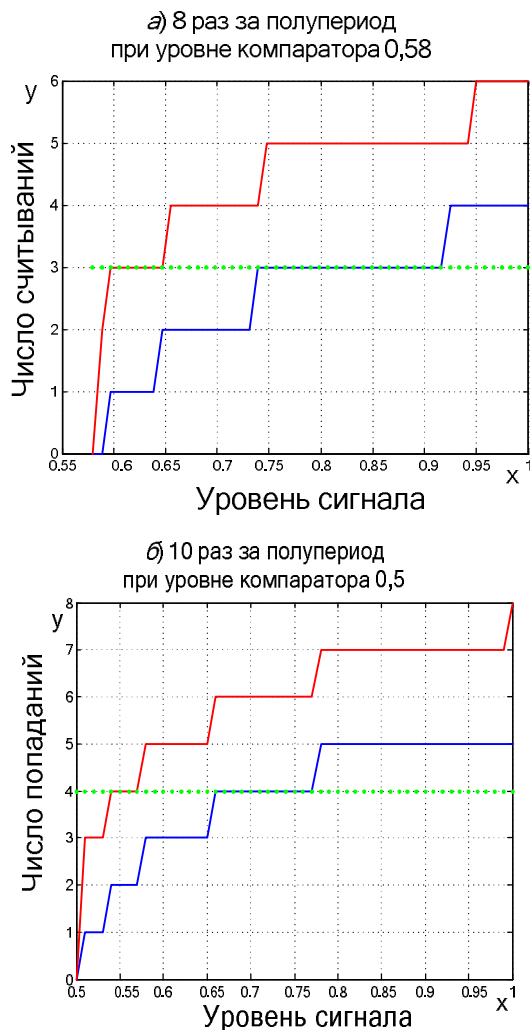


Рисунок 4. Зависимость количества срабатываний порогового элемента от амплитуды и фазы синусоидального сигнала

Последние значения могут быть получены путем математического моделирования и подбора наиболее оптимальной комбинации отношений порога срабатывания и количества опросов (рис. 4). Для этого за исходный (расчетный) отрезок времени возьмем один полупериод синусоидального сигнала и будем задаваться постоянным числом выборок и значением порога срабатывания (ось x на рис. 4). При этом, моделируя сдвиг фазы до 90° , считаем сколько раз уровень сигнала превышает заданный порог (ось y на рис. 4). В результате можно получить две кривые – минимальное число попаданий и максимальное число в зависимости от изменения фазы синусоидального сигнала. Так, на рис. 4 а при уровне компаратора 0,58 $U_{оп}$ и амплитуде входного сигнала 0,7 $U_{оп}$ возможно два (нижний график) и четыре (верхний график) единичных значения.

При рассмотрении и анализе разных ситуаций, зависящих от изменения фазы и амплитуды синусоидального колебания, мы отобрали два оптимальных соотношения числа опросов и величины порога, позволяющих с определенной долей вероятности судить о наличии переменного сигнала частотой 50 Гц на данном входе:

- 1) 8 раз за полупериод при уровне срабатывания 0,58 от уровня опорного напряжения (рис. 4 а);

2) 10 раз за полупериод при уровне 0,5 от уровня опорного напряжения (рис. 4 б).

Идеальным с точки зрения распознавания является последний вариант (рис. 4 б), на который очень мало влияет изменение фазы и амплитуды (узкий участок между минимальным и максимальным числом попаданий). Но для удобства программирования предпочтителен первый вариант (рис. 4 а), позволяющий сохранять 8 выборок в одном байте и по его содержанию судить:

- 1) две подряд единицы в байте – о логической единице;
- 2) восемь нулей – о логическом нуле.

Контролирующее устройство проверяет наличие опорного напряжения на выходе источника. Для этого применено пороговое устройство, сравнивающее порог срабатывания с напряжением питания. Если порог меньше напряжения питания, то исключается возможность срабатывания компаратора от помехи. Это позволяет избежать ложной передачи информации на микроконтроллер в случае обрыва одного из порогов срабатывания.

Далее сигналы от порогового устройства и тестера поступают на микроконтроллер платы ЦПК. Микроконтроллер анализирует сигналы и выдает информацию о состоянии объектов в УВК и диагностику на соответствующие светодиоды.

Центральным элементом платы ЦПК является однокристалльный 8-разрядный микроконтроллер. Используется RISC-структура процессорного ядра: гарвардская архитектура с отдельными шинами команд и данных позволяет одновременно передавать 16-тиразрядные команды и 8-миразрядные данные. Микроконтроллер имеет расширенные возможности ядра, стек глубиной 8 уровней, развитую систему команд для написания программ на языке «Ассемблер» и множество внутренних и внешних прерываний. Устройство имеет 32 кБайт памяти программ и 1,5 кБайт памяти данных, а также располагает следующими периферийными модулями: таймеры-счетчики TMR, синхронный последовательный порт ССР, универсальный синхронно-асинхронный приемопередатчик USART, детектор пониженного напряжения, сторожевой таймер и АЦП.

Модуль синхронного последовательного порта используется для связи с регистрами, в которые загружается информация о состоянии объектов. Данный модуль работает в последовательном режиме SPI, в котором возможен одновременный синхронный прием и передача 8-миразрядных данных. Для настройки данного режима должны быть заданы параметры его работы (режим, фронт синхронизации, скорость передачи) в специальных регистрах SSPSTAT и SSPCON. Модуль состоит из передающего и принимающего сдвиговых регистров и буферного регистра. Сдвиговой регистр сдвигает данные, начиная со старшего разряда. Буферный регистр хранит очередные и принятые в сдвиговом регистре данные. Когда 8 разрядные данные приняты, информация перемещается в буферный регистр. Двойная буферизация принимаемых данных позволяет принимать следующий байт, не ожидая чтения полученного.

Кроме передачи информации о состоянии объектов контроля модуль позволяет прочитать адрес данной платы для сравнения его при приеме пакета запроса от УВК.

Преобразователь MAX-481 необходим для преобразования сигналов ТТЛ-уровня в уровень, удобный для передачи по каналу RS-485 и наоборот. Микроконтроллер диагностирует вход R/T конвертера, отвечающего за управление направлением передачи данных («прием – передача»), и имеет дополнительный светодиод для вывода информации об изменении состояния преобразователя.

Сущность диагностики в данном устройстве заключается в контроле за питанием платы, проверке работоспособности мультиплексора и пороговых устройств, а также контроле работы конвертера. Сигнал о неисправности поступает на микроконтроллер, который выдает эту информацию на светодиоды и отключает входы плат ПМВ.

Кросс-плата предназначена связи плат ПМВ и ЦПК между собой. Она состоит из разъемов крепления плат, разъема питания, переключателя для установки адреса и вспомогательных перемычек.

Все три платы размещены внутри закрытого модуля. Модуль имеет стандартный размер 100×75×100 мм и состоит из корпуса с внешними клеммными колодками для подключения объектов контроля, питания и канала RS-485 и крышки для вывода индикации. Он размещается на верхних клеммах или свободных местах стативов электрической централизации, может крепиться на DIN-рейку и имеет разъемное соединение с монтажем.

Режим работы УМВ основан на принципе «запрос – ответ», т.е. в случае принятия микроконтроллером пакета запроса от УВК он обязан выдать пакет ответа. Пакеты запроса и ответа передаются по каналу RS-485 с помощью встроенного в микроконтроллер универсального синхронно-асинхронного приемо-передатчика (USART).

Модуль USART представляет собой один из двух последовательных модулей ввода/вывода МК. USART может функционировать как дуплексная асинхронная система, которая осуществляет обмен данными с периферийными устройствами. USART также может быть сконфигурирован как полудуплексная синхронная система.

USART в данной плате функционирует в высокоскоростном асинхронном режиме. Передатчик и приемник USART функционально и программно независимы, но используют один и тот же формат данных и скорость передачи. Скорость передачи составляет 19200 бит/с. По прерываниям от приемника USART принимает байты запроса и после приема пакета с соблюдением всех формальных и временных параметров формирует байты пакета ответа.

Достоверность информации в каналах RS-485 контролируется по следующим параметрам: наличие паузы не менее 1,5 слов между пакетами и отсутствие пауз между словами в пакете более 1 слова; количество символов в слове и наличие постоянных символов (стартового и стопового); количество слов в пакете, наличие заголовка пакета и совпадение адреса назначения пакета; проверка правильности приема пакета по контрольному полю.

Используется стандартный формат данных для слова (стартовый бит, 8 информационных разрядов и один стоповый). Формат пакетов запроса и ответа представлен на рис. 5.

Стартовый пакет – фиксированное поле, позволяющее однозначно выделить пакет из потока данных в канале.

Адрес платы УМВ определяет адрес узла назначения (приемника сообщения) в пакетах запроса и адрес источника сообщения в пакетах ответа. Он фиксирован и задается с помощью перемычек, запаянных на кросс-плате.

Командное поле имеет переменную длину и определяет управляющую информацию.



Рисунок 5. Формат пакетов запроса и ответа

Старший и младший байты CRC обеспечивают заданную достоверность передачи информации; получаются путем вычисления CRC16.

Алгоритм работы микроконтроллера ЦПК представлен на рис. 6.

В качестве средства разработки программного обеспечения используется интегрированная среда программирования «MPLAB IDE», которая позволяет создавать, отлаживать и оптимизировать текст программы.

Программа работы микроконтроллера представляет собой комплекс связанных между собой законченных подпрограмм: начальной настроечной, приема-передачи по каналу USART, расчета CRC, обработки сигнала, формирования и передачи данных по SPI. По прерываниям от таймеров и модуля USART микроконтроллер переходит на те или иные части этих подпрограмм.

В начале программы задаются адреса различных вспомогательных регистров, адреса начальных строк программы при поступлении прерывания высокого или низкого уровня и определяется регистр статуса, в котором каждый бит несет определенную информационную функцию: 7 бит определяет прием или передачу данных (1 или 0), 6 – выставляется при окончании передачи, 5 – определяет необходимость расчета CRC, 4 – выставляется при совпадении рассчитанного и принятого CRC, 3 – определяет конец приема.

Начальная подпрограмма предназначена для настройки всех модулей, используемых при работе микроконтроллера: таймеров, портов ввода-вывода, USART, SPI. Кроме того, она устанавливает систему прерываний.

Для возможности подключения различных периферийных устройств, приема и передачи данных, для вывода диагностики необходимо настроить порты ввода-вывода микроконтроллера, т.е. установить их на ввод или вывод (например, прием или передачу данных по каналу RS-485).

В основе расчета CRC в данной программе лежит табличный метод с использованием порождающего многочлена, поэтому в начальной подпрограмме необходимо определить таблицы для старшего и младшего байтов CRC-16.

Отсчет времени обновления информации на светодиодах, равный 200 мс, производится с помощью одного из таймеров.

Для отсчета пауз между словами в пакете или между пакетами в зависимости от состояния бита регистра статуса используется еще один таймер. По умолчанию он настроен на паузу между словами, равную 1,2 мс. Если модуль USART настроен на передачу данных, то с помощью этого таймера отсчитывается пауза между пакетами, равная 1,5 мс.

Третий таймер используется для отсчета моментов опроса состояния объектов контроля – 8 раз за полупериод при переменном сигнале частотой 50 Гц. При переполнении этого таймера формируется буфер для каждого из объектов, который затем обрабатывается на наличие логической единицы или нуля.

В начальной подпрограмме также необходимо настроить модуль USART. По умолчанию он всегда настроен на прием и по прерываниям должен принимать пакет запроса. Управление режимом работы модуля определяется специальными регистрами состояния и управления отдельно для приемника и передатчика. При выставлении определенных битов этих регистров задается асинхронный режим работы модуля, разрешается прием данных и включается само устройство.

Настройка режима SPI производится определением специальных регистров SSPCON и SSPSTAT следующим образом: опрос производится в середине вывода данных, данные передаются по заднему фронту тактовых импульсов, задается ведущий режим работы и тактовая частота синхронизации.

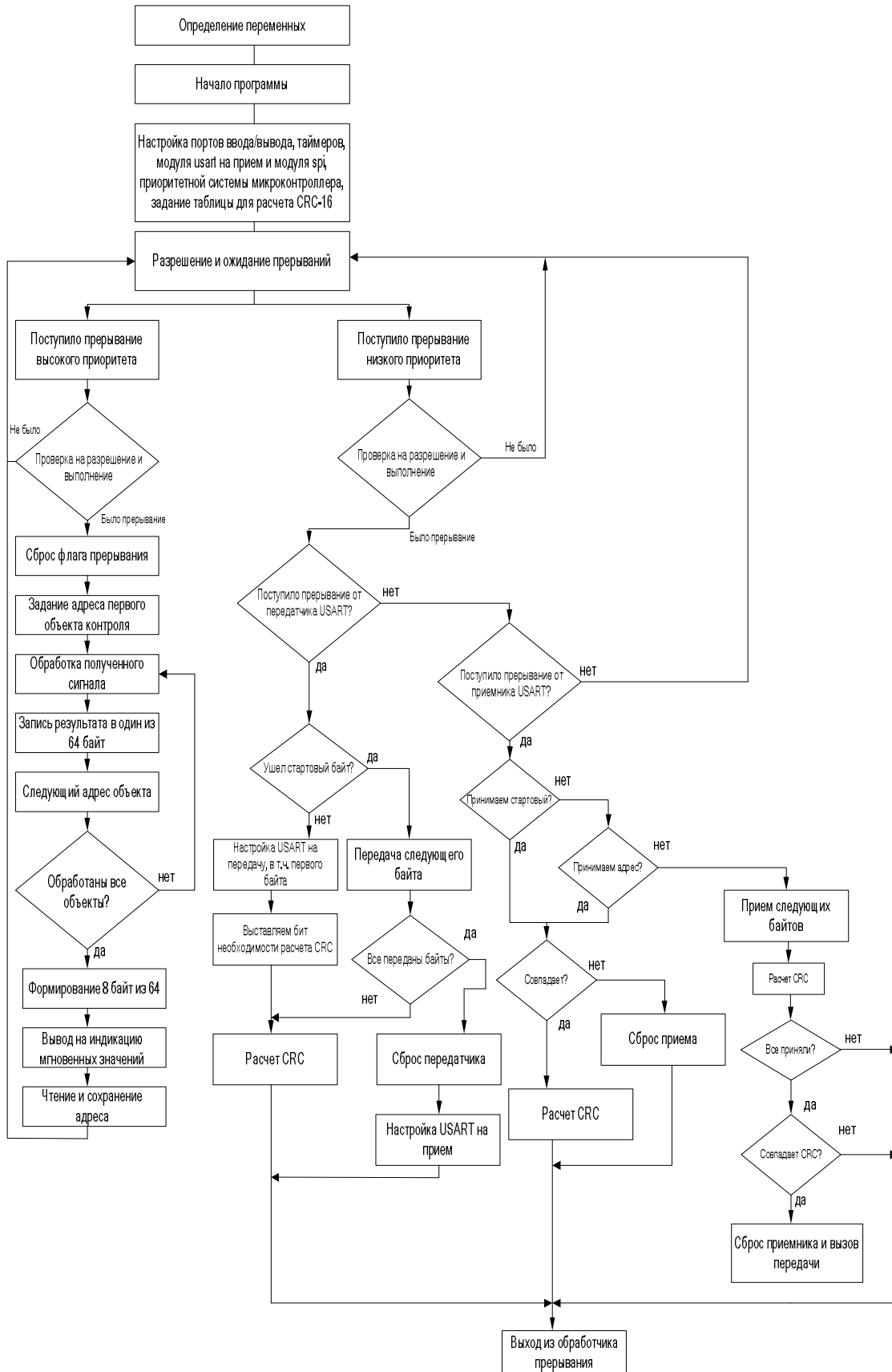


Рисунок 6. Алгоритм работы микроконтроллера ЦПК

Инициализировав подобным образом все используемые устройства, далее важно правильно настроить приоритетную систему прерываний, так как источник высокого прерывания приостанавливает обработку прерываний с низким приоритетом. Более высоким приоритетом, естественно, будет пользоваться подпрограмма формирования буферов данных, т.е. чтения входов. Соответственно, прерывания от передатчика или приемника USART и таймера пауз будут иметь более низкий уровень и программа перейдет на эти подпрограммы только после определения самих буферов.

При переполнении первого таймера программа сначала проверяет биты разрешения прерывания, флаги прерывания, содержащиеся в специальном регистре для управления прерываниями. В случае, если таймер уже отсчитал 200 мс, программа переходит на подпрограмму обработки сигналов на выходах объектов контроля и формирования буферов на вывод.

Сформировав буферы для вывода на индикацию, микроконтроллер переходит на подпрограмму передачи данных по SPI. Одновременно с загрузкой в регистр подпрограмма считывает адрес и сохраняет его.

После загрузки всех 4 байт даем разрешение на горение светодиодов и выходим из этой подпрограммы с разрешением прерываний.

При поступлении прерывания низкого уровня проверяется источник прерывания: передатчик или приемник USART или таймер пауз. В случае невозможности определить источник прерывания путем считывания флагов прерывания, программа выходит и снова ждет прерывания.

При прерывании от приемника программа переходит на подпрограмму приема пакета запроса по каналу USART. Подпрограмма начинает последовательно в каждом цикле обращения обрабатывать байты данного пакета запроса. В случае со стартовым байтом проверяется его значение: если оно не совпадает с заданным, то происходит сброс приема. Проверив стартовый и прибавив единицу в счетчик принятых байт, подпрограмма выявляет такое же соответствие следующего байта – адреса. После приема третьего командного байта выставляется бит необходимости расчета CRC для сравнения принятого и рассчитанного поля CRC.

При приеме старшего и младшего байтов CRC они сохраняются для использования в дальнейшем расчете в подпрограмме расчета CRC. После принятия последнего, старшего байта выставляется бит завершения приема и проверяется совпадение CRC. Если оно совпадает, то очищается счетчик принятых байт, сбрасывается флаг необходимости расчета CRC и вызывается подпрограмма формирования пакетов ответа в канал RS-485.

В случае обнаружения ошибки на любой стадии приема пакета запроса байт не принимается и осуществляется подготовка к приему нового пакета.

Подпрограмма формирования пакета ответа по умолчанию настроена сразу же на передачу первого стартового байта, в противном случае она перенастраивает модуль USART с приема на передачу: выключает приемник и запрещает прерывания от приемника, настраивает и разрешает прерывание от передатчика, выставляет бит начала передачи и флаг необходимости расчета CRC. В буфер для передачи одновременно загружается первый стартовый байт и в счетчик переданных байт записывается первый байт.

В следующем цикле обработки прерывания от передатчика проверяется передача стартового и свобода буфера для передачи. После стартового байта в канал передается считанный в подпрограмме приема и сохраненный в регистре адрес. Далее передаются сформированные ранее байты дискретных состояний объектов контроля. Для передачи поля CRC используются посчитанные по ходу передачи предыдущих байтов значения регистров результатов расчета CRC, которые просто переписываются в буфер

для передачи. В конце передачи выставляется бит окончания передачи, после проверки которого делаем паузу для начала приема пакета запроса с помощью таймера пауз.

Подпрограмма расчета CRC используется как при приеме, так и при передаче пакетов. Пакет CRC рассчитывается на ходу на основании трех байтов, которые предварительно загружаются и распределяются в регистрах подпрограммой расчета. Результат сохраняется в специальных регистрах. После каждого расчета CRC необходимо очищать эти регистры для последующих расчетов. Совпадение CRC (нулевое значение регистров) фиксируется единичным значением 4-го бита регистра статуса, что является разрешением для передачи пакета ответа. В случае с передачей расчет остается тот же самый, но результат не проверяется, а просто записывается в буфер для передачи по каналу USART. Проверка режима работы модуля – передача или прием – осуществляется в подпрограмме с помощью опроса бита регистра статуса.

Данное устройство может применяться в релейно-процессорной централизации ЭЦ-МПК и системах технической диагностики СТД-МПК. В настоящее время проводятся испытания устройства на соответствие требованиям по электромагнитной совместимости.

Статья опубликована

Постников А.Н., Поздеев О.Е., Валиев Р.Ш. Программные и аппаратные средства устройства матричного ввода системы технической диагностики СТД-МПК // Молодые ученые – транспорту: Труды V межвузовской науч.-техн. конф. - Екатеринбург: УрГУПС, 2004. С. 120 – 129.