

СПОСОБЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ МОДУЛЕЙ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА НА РЕЙКЕ

П.А. Тупиков, С.С. Хлыбова, С.В. Глазунов (НГТУ им. Р.Е.Алексеева),
А.П. Бугров (ООО «Континент-ЭТС»)

Рассматриваются способы идентификации модулей программируемого логического контроллера (ПЛК) на рейке в рамках проекта «Разработка опытного образца ПЛК общего применения» для ООО "Континент ЭТС". Приводится анализ присвоения адресов модулям ввода/вывода и обнаружения их неисправности с помощью дополнительной линии связи и протокола CANopen.

Ключевые слова: ИК - связь, ПЛК, модули ввода/вывода, неисправности, линия связи.

Введение

При разработке модульной конструкции ПЛК возникает задача объединения всех модулей в единую сеть и присвоения им правильных адресов в соответствии с физическим расположением модулей. Существует несколько способов объединения модулей: с помощью кросс-платы (крейта), межмодульных электрических соединений или общей шины на DIN-рейке.

Кросс-плата представляет собой печатную плату с определенным числом разъемов для установки модулей. Современные версии стандартов крейтовых систем (CompactPCI, PXI, VME, AdvancedTCA/MicroTCA и др.) регламентируют реализацию не только электрических, но и конструктивно-механических аспектов, определяющих установку унифицированных модулей в крейт [1]. Присвоение адресов модулям при таком способе объединения реализуется механически или электрически. Крейтовые системы практически лишены избыточности, они имеют высокую скорость информационного обмена и надежность. Однако они имеют и ряд существенных недостатков:

- ограниченная масштабируемость;
- сложность использования при различной ширине модулей в системе;
- высокая цена (цены на кросс — платы начинаются примерно от 1,5 тыс. руб. и могут достигать нескольких десятков тысяч руб.).

Поэтому для реализации бюджетной серии ПЛК принято решение использовать DIN-рейку для монтажа модулей. При этом возможны три способа электрического соединения модулей.

Первый способ — проводное соединение. Основное преимущество данного способа заключается в возможности унифицированного подключения устройств, расположенных отдельно от монтажной рейки. Недостатки проводного соединения: низкая надежность, большой объем монтажных работ, неудобство и высокая вероятность ошибок при монтаже. Таким образом, использование проводного соединения неприемлемо.

Второй способ — последовательное подключение модулей друг за другом посредством электрического контакта между двумя соседними модулями. На боковых стенках модулей устанавливаются скользящие или ножевые контакты, образующие линию связи при плотной установке модулей друг за другом. Основное преимущество такого типа объединения модулей — низкая цена контактов (порядка десяти рублей

за штуку и меньше, то есть для организации пятипроводной шины на один модуль потребуется 10 контактов, что будет стоить приблизительно 100 руб.). Существенными недостатками данного способа являются:

- ненадежность линии связи (при нарушении электрического контакта между двумя модулями линия связи со следующими модулями обрывается);
- сложность организации «горячей» замены отдельных модулей.

Третий способ — параллельное подключение модулей к общей электрической шине, в том числе совмещенной с монтажной DIN-рейкой. Такой способ подключения обладает рядом преимуществ по сравнению с кросс-платами и последовательным включением модулей:

- масштабируемость системы;
- стоимость (цена изготовления системной пятиконтактной шины составляет порядка восьми долларов за метр, цена пружинных контактов для электрического соединения модулей с шиной составляет порядка 10 руб. за ед.);
- простая организация «горячей» замены.

При последовательном и параллельном подключении модулей возможны следующие способы адресации модулей.

1. Адресация без учета положения конкретного типа модуля на рейке, которая в обоих способах осуществляется штатными средствами интерфейса для межмодульного обмена информацией.

2. Адресация с учетом положения при последовательном соединении возможна с использованием программных надстроек.

3. Адресация с учетом положения при параллельном соединении возможна только с использованием дополнительного канала связи.

Возможность горячей замены модулей определена техническим заданием на разработку опытного образца ПЛК от ООО «Континент ЭТС». Поэтому будем использовать параллельный способ соединения модулей. Предлагаемый способ предназначен для адресации и идентификации модулей в соответствии с их взаимным расположением.

Разработка алгоритма адресации и идентификации модулей на рейке

Рассмотрим адресацию модулей без учета положения на рейке на примере протокола CANopen. Для

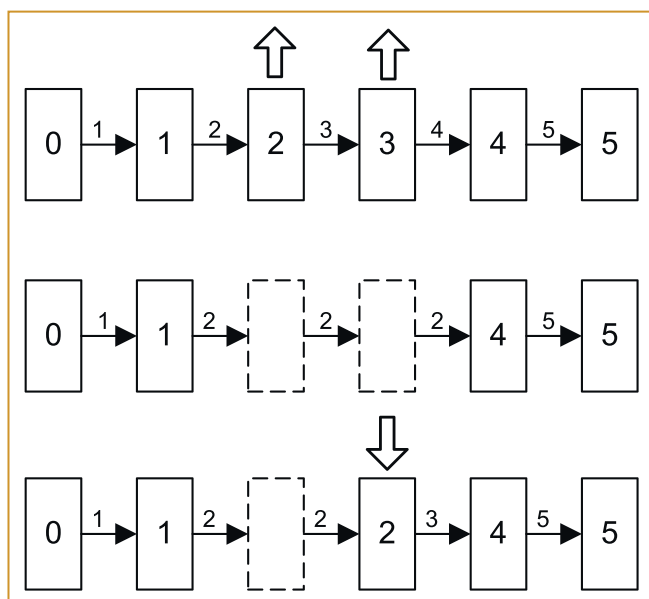


Рис. 1. Ошибка при горячей замене двух модулей

этого в протоколе предусмотрена специальная служба настройки слоя LSS service (layer settings service).

Служба LSS используется для назначения идентификатора узла и/или скорости передачи данных контроллера напрямую через шину CANopen [2]. Скорость передачи бит (baudrate) и адрес узла (node-ID) устанавливаются в режиме диалога. LSS протокол активируется, когда ведомое устройство обнаруживает, что ему присвоен номер CAN узла, равный 255 (не сконфигурированное CANopen устройство). При этом оно переходит в состояние ожидания (LSS waiting). Ведомое LSS устройство становится сконфигурированным после записи нового значения номера CAN узла в диапазоне 1...127 в энергонезависимую память. Для осуществления такой записи используется LSS служба Store configuration. Для налаживания контакта с конфигурируемым устройством передается команда Switch Mode Global. Эта команда переводит устройство в конфигурационный режим LSS. Только в этом состоянии ведомое устройство LSS принимает новый идентификатор узла CANopen, предложенный ведущим устройством. Задача LSS ведущего — обеспечить, чтобы во время назначения идентификатора узла CANopen в состоянии конфигурации LSS был только один подчиненный элемент LSS.

Если ведомые устройства LSS уже владеют допустимым идентификатором узла CANopen, мастер LSS считывает содержимое объекта 1018h из всех подчиненных LSS в системе, через SDO (service data object). Если ведомые устройства LSS не владеют допустимым идентификатором узла CANopen, ведущее устройство LSS должно полагаться на дополнительные службы LSS. Служба LSS Fastscan позволяет идентифицировать не сконфигурированные подчиненные LSS устройства в системе CANopen. Команда fast_scan () отправляет серию сообщений быстрого сканирования, чтобы найти ненастроенный ведомый

объект с наименьшим числом идентификаторов LSS. Выполнив несколько циклов сканирования, ведущий LSS может идентифицировать только одного подчиненного и затем предоставить действительный идентификатор узла CANopen.

Для обнаружения ошибок в работе сети существует два механизма NodeGuard/LifeGuard и Heartbeat. Механизм Node Guarding осуществляет периодическую переключку узлов. Как только узел перестает отвечать, отмечается ошибка для этого датчика, и ведущий в соответствии с логикой работы может остановить потенциально опасные процессы. Узел, который не будет опрошен в течение определенного времени (оборвалась линия), также отмечает для себя ошибку. Недостатки этого способа — запросы от ведущего отнимают часть пропускной способности сети и отказ единственного узла (мастера) приводит к отказу всей сети. Этому недостатка лишен механизм контрольного тактирования Heartbeat. Все узлы сети самостоятельно, без запроса, регулярно передают сообщения о своем состоянии — heartbeat message. Если в течение контрольного интервала сообщения от какого-то узла отсутствуют, другие узлы, подписанные на его сообщения, отмечают для себя ошибку.

Еще большей надежности и быстродействия процедуры присвоения адресов, а также учета положения модуля на рейке можно достичь, организовав однонаправленную линию связи, позволяющую передавать служебную информацию (в том числе логические адреса) непосредственно между двумя соседними модулями. Линия связи может использовать различные физические среды.

1. Проводная линия связи организуется путем установки на боковых стенках модулей пружинных контактов (pogo pin). Тем самым образуется электрический контакт между последовательно установленными модулями. Существенным недостатком такого типа связи является необходимость плотного контакта соседних модулей друг с другом. Следующие два типа линий связи лишены этого недостатка.

2. Радиолиния, реализованная посредством технологии NFC (near field communication — «коммуникация ближнего поля», «ближняя бесконтактная связь»). Это технология беспроводной передачи данных малого радиуса действия, которая дает возможность обмена данными между устройствами, находящимися на расстоянии около 10 см. NFC всегда включает инициатор и цель. Взаимодействие между NFC-устройствами основано на механизме взаимной индукции. Переменный ток в антенне устройства, активирующего взаимодействие (инициатора), порождает изменения магнитного потока, создаваемого этим током. В результате возникает переменный ток в антенне другого устройства (целевого), которая охватывается магнитным потоком инициатора. Таким образом, распространяется сигнал от инициатора к целевому устройству. Передача данных обеспечивается за счет модуляции амплитуды этого сигнала,

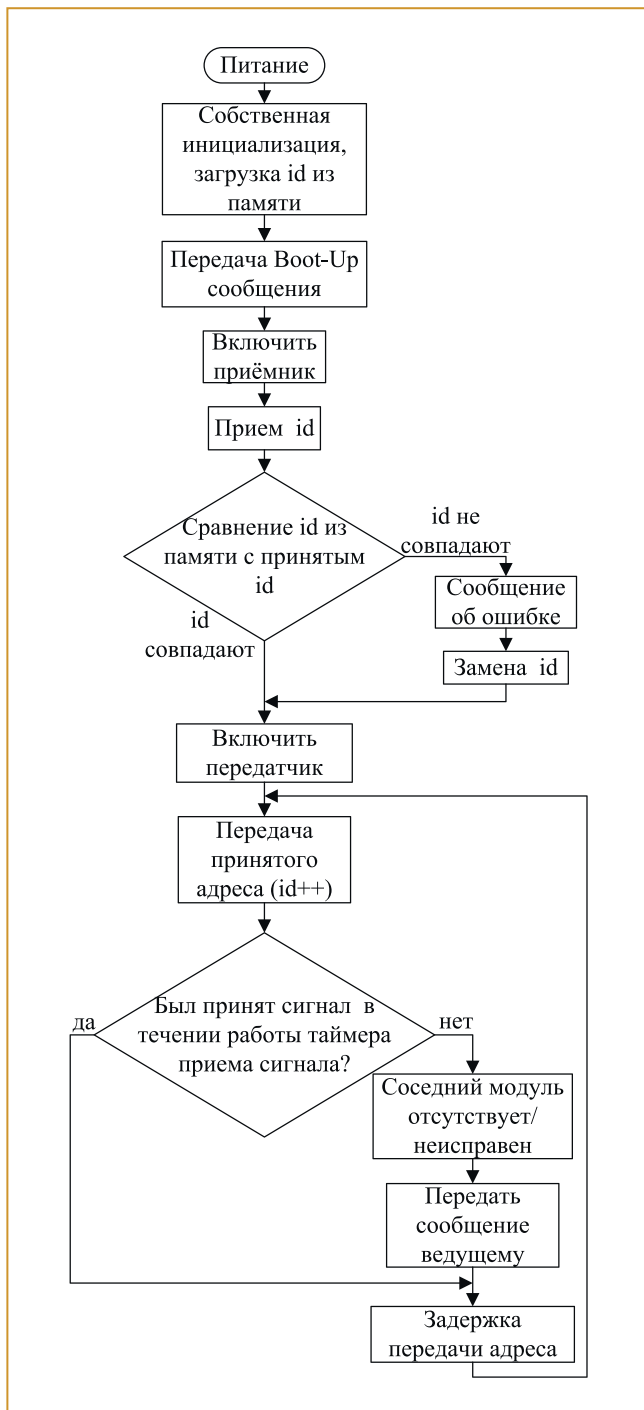


Рис. 2. Алгоритм поведения ведомого устройства

который затем демодулируется в целевом устройстве. В свою очередь, целевое устройство, чтобы передать сигнал, изменяет определенным образом (за счет вариации импеданса) ток в своей антенне. Изменения тока приводят к генерации собственного магнитного поля целевого устройства, которое взаимодействует с магнитным полем инициатора. Это взаимодействие порождает вариации тока в инициаторе. Демодулировав эти вариации, инициатор получает информацию от целевого устройства. Соединение между NFC-устройствами устанавливается достаточно быстро — примерно за 0,1 с.

3. Инфракрасная (ИК) линия связи. ИК-канал обладает существенными преимуществами по сравнению с радиоканалом:

- нечувствительность к электромагнитным помехам;
- высокий уровень конфиденциальности передачи данных;
- ИК-лучи не проходят через стены, поэтому зона приема ограничивается небольшим, легко контролируемым пространством;
- низкая стоимость (цена ИК-приемника составляет приблизительно 80 руб., ИК-светодиода — порядка 20 руб., тогда как цена NFC модуля составляет порядка 200...300 руб.).

Проанализируем частный случай применения односторонней дополнительной линии связи, в котором ведущий процессорный модуль всегда занимает крайнее левое положение на DIN-рейке и оснащен одним передатчиком справа. Во всех ведомых модулях в левой части установлен приемник, в правой — передатчик.

Предлагается алгоритм назначения адресов модулям слева — направо в порядке возрастания. После подачи питания на ведущий модуль он проходит внутреннюю инициализацию, его адрес (id) равен нулю. Включается передатчик ведущего, и следующему модулю передается id = 1. При установке следующего модуля и подаче питания на него ведомый модуль также проходит процедуру собственной инициализации, во время которой он загружает id из своей энергонезависимой памяти. Если модуль не был сконфигурирован ранее, то его адрес равен 255. Все Slave-устройства в составе сети CANopen могут посылать специальное сообщение о своей готовности функционирования в сети [2, 3]. Сообщение начальной загрузки (boot-up message) дает понять ведущему устройству, что внутренний сетевой статус ведомого узла перешел из режима инициализации в режим готовности к работе. Передача boot-up-сообщения является необязательной, но желательной процедурой, поскольку ведущий будет знать, что конкретное ведомое устройство уже можно настраивать с помощью SDO или переводить его в режим работы. После отправки boot-up-сообщения ведомый принимает по дополнительной линии связи id адрес и сравнивает принятый адрес с адресом из памяти. В случае несоответствия адресов ведомый отправляет сообщение об ошибке и сохраняет новый адрес в памяти. Далее включается передатчик, и следующему модулю передается id, увеличенный на 1. Процедура периодически повторяется.

В случае выбора оптической линии связи важным является ее расположение. Если линия оптической связи располагается горизонтально, то вероятны ошибки при назначении адресов в случае «горячей» замены одновременно нескольких рядом расположенных модулей с установкой новых модулей на неправильные места (рис. 1).

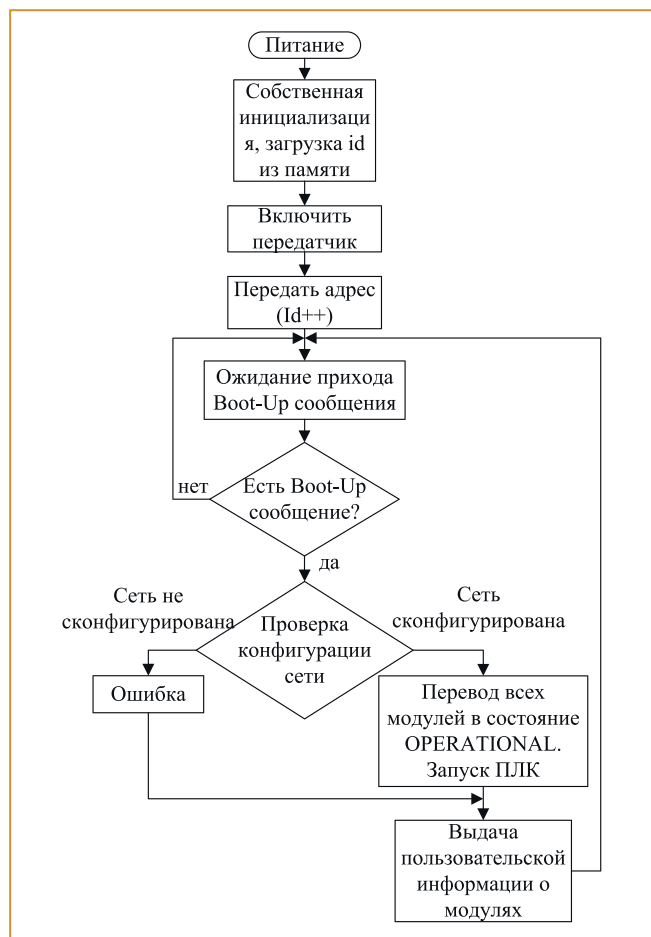


Рис. 3. Алгоритм поведения ведущего устройства

Данной проблемы можно избежать путем размещения оси оптической линии связи между передатчиком и приемником под определенным углом к оси DIN-рейки. Тогда связь будет осуществляться исключительно между двумя соседними модулями.

Для работы предложенного алгоритма присвоения адресов необходимо зарезервировать в словаре объектов (Object Dictionary) два бита включения/выключения передатчика и бит регистрации сигнала приемником. При отсутствии сигнала в приемнике бит регистрации сигнала устанавливается равным нулю, и ведомое устройство с помощью специальной службы сообщений EMERGENCY, предусмотренной протоколом CANopen, может отправить срочное сообщение ведущему модулю об извлечении/неисправности своего соседа слева. Такой способ обнаружения неисправностей в системе имеет большее быстродействие и не занимает пропускную способность сети, в отличие от предусмотренных протоколом CANopen диагностических сервисов NodeGuard/LifeGuard и Heartbeat.

Тупиков Павел Александрович - старший научный сотрудник Центр цифровых технологий при НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Хлыбова Светлана Сергеевна - техник, Глазунов Сергей Викторович - ведущий инженер кафедры Информационных радиосистем НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Бугров Антон Павлович - техник ООО «Континент-ЭТС». Контактный телефон +7 (987) 755-45-92. E-mail: svetlana_100197@mail.ru

Алгоритм поведения ведомого устройства представлен на рис. 2.

При первоначальной инициализации системы и горячей замене модулей ведущее устройство проверяет правильность положения модулей на DIN-рейке. Если модуль занимает неверное положение, формируется сообщение оператору ПЛК об ошибке. Алгоритм поведения ведущего устройства представлен на рис. 3.

Конфигурация сети может быть изменена оператором в случае необходимости. Для этого последний модуль в уже имеющейся конфигурации также передает id на случай, если возникнет необходимость добавления дополнительных модулей. В этом случае новый модуль сразу получит адрес и быстро включится в работу.

Заключение

Предложенный алгоритм обнаружения неисправностей в сети и присвоения адресов модулям в соответствии с их физическим взаимным расположением на монтажной рейке с использованием дополнительной линии связи отличается высокой надежностью, быстродействием и простотой программной реализации по сравнению со стандартными средствами назначения адресов используемого протокола передачи информации между модулями, в частности, протокола CANopen. Предложенный алгоритм также гарантирует быстрое обнаружение неисправностей модулей в сети и обеспечивает контроль работоспособности основной линии связи, не занимая при этом ее пропускной способности. Все три типа дополнительной линии связи несущественно увеличивают стоимость модулей ПЛК, поэтому выбор типа дополнительной линии связи осуществляется в зависимости от условий эксплуатации ПЛК. Например, в условиях действия электромагнитных помех эффективнее использовать проводную или оптическую линии связи. При повышенных требованиях к пылевлагозащищенности эффективнее использовать радиолинию.

Список литературы

1. Открытые спецификации для построения модульных встраиваемых компьютерных систем // ИСУП. 2012. №5.
2. Anusha Rahul, Gokul Krishnan G, Unni Krishnan H and Sethuraman Rao Near Field. Communication (NFC) Technology: A Survey // International Journal on Cybernetics & Informatics (IJCI). V. 4. No. 2. April 2015.
3. Пупена А.Н., Эльперин И.В. Сеть CANopen с точки зрения системного интегратора // Автоматизация в промышленности. 2013. №4.