

# ПРОСТАЯ И БЫСТРАЯ РАЗРАБОТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ETHERNET-СЕТЕЙ

**РАЙОХЕЙ ИЗАКИ (RYOHEI IZAKI)**, ведущий инженер, Renesas Electronics Corp.

*Встраиваемый модуль Industrial Ethernet R-IN32M3 на базе микроконтроллера R-IN32M3-EC с поддержкой нескольких протоколов имеет высокое быстродействие в режиме реального времени и обеспечивает высокоточное управление связью. Этот компактный модуль осуществляет поддержку промышленных сетей, значительно сокращая затраты и время на разработку за счет наличия приемопередатчиков Ethernet, разъемов RJ45 и встроенного сетевого стека трех ведущих протоколов Ethernet – PROFINET, EtherCAT и EtherNet/IP.*

*В этой статье рассматриваются современные тенденции развития промышленных сетей, задачи, которые решаются с помощью среды проектирования и модуля R-IN32M3.*

## ПРОМЫШЛЕННЫЕ ETHERNET-СЕТИ

### Заводские сети

Коммуникационные сети, используемые на производственных линиях и для связи заводского оборудования, состоят из трех уровней: информационной сети, сети контроллеров и промышленной сети (см. рис. 1). Информационная сеть, занимающая верхний уровень, обеспечивается связью с помощью информационных технологий (ИТ); связь в управляющих и промышленных сетях на среднем и нижнем уровнях осуществляется с помощью операционной технологии (ОТ). Эта комбинация коммуникационных технологий в производственных сетях способствует дальнейшему развитию промышленного интернета вещей (IIoT).

Роль информационной сети заключается в оптимизации всей производственной системы со структурой управляющих систем, к которым относятся системы управления производством (Manufacturing Execution Systems, MES), системы диспетчерского управ-

ления и сбора данных (Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA). Эти системы отслеживают, контролируют и собирают данные по всему предприятию, благодаря чему повышается производительность, качество продукции и снижаются трудозатраты. Поскольку этот сетевой уровень не предназначен для управления, для связи используется стандартный протокол Ethernet TCP/IP.

Сеть контроллеров использует ведущие устройства – программируемый логический контроллер (ПЛК) и промышленный ПК (IPC) для подключения управляющих устройств и производственных линий, а также для передачи управляющих данных на/от подчиненных устройств в промышленной сети в режиме реального времени.

В промышленной сети устройства управления и измерения (инверторы, шлюзы, удаленные устройства ввода/вывода и т.д.) подключаются как ведомые к соответствующим ведущим устройствам, находящимся на верхних уровнях. Как правило, оборудование

промышленной сети поддерживает ряд протоколов последовательной шины Fieldbus, к которым относятся CANopen, CC-Link, DeviceNet, Modbus и PROFIBUS. Но начиная с 2000 г. промышленные протоколы Ethernet стали постепенно вытеснять свои аналоги Fieldbus благодаря быстрой оцифровке и требованиям высокоскоростной связи, большой пропускной способности и обработке данных между компонентами в режиме реального времени. К 2018 г. количество узлов промышленных Ethernet-устройств превысило эти же показатели сетей Fieldbus.

### ПРОТОКОЛ ПРОМЫШЛЕННЫХ ETHERNET-СЕТЕЙ

Существует несколько стандартов протоколов промышленных Ethernet-сетей, каждый из которых управляется и обслуживается соответствующим образом. Давайте рассмотрим несколько типичных стандартов.

#### EtherCAT

EtherCAT – открытая промышленная сеть (см. рис. 2), разработанная немецкой компанией Beckhoff Automation в 2003 г., которой заведует и управляет EtherCAT Technology Group (ETG). Пакетные данные отправляются ведущим устройством каждому ведомому устройству, подключенному через кабель Ethernet, и возвращаются ведущему для завершения цикла. В течение одного цикла каждое ведомое устройство обрабатывает пакеты EtherCAT «на лету», считывая или записывая информацию из/в определенное место пакетных данных. Этот протокол обеспечивает высокоскоростную и высокоэффективную связь. Обработка данных контролируется в ведомых устройствах с помощью контроллера ESC (EtherCAT Slave Controller), который



Рис. 1. Заводская сетевая структура

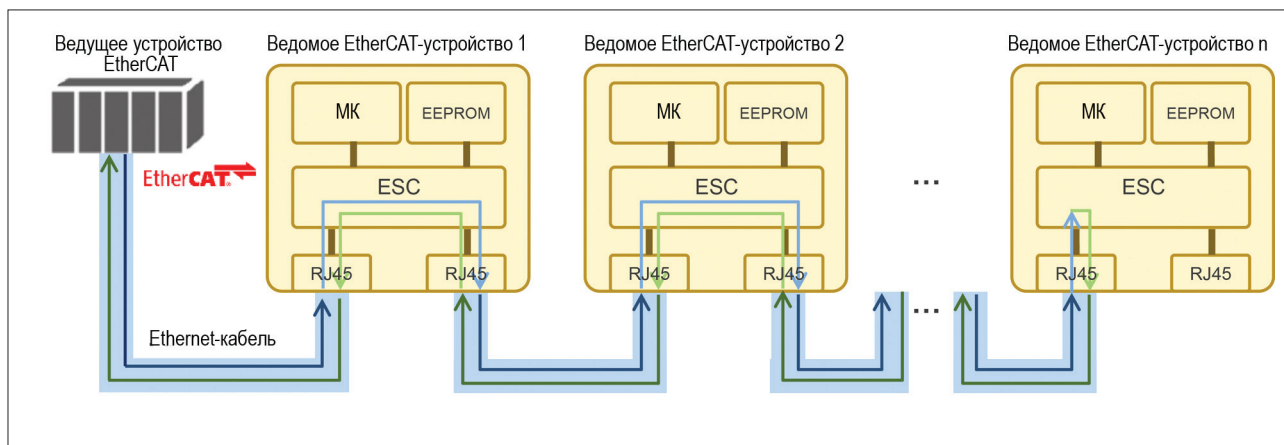


Рис. 2. Обмен данными по EtherCAT

устраняет зависимость от уровня производительности МК, обеспечивает требуемую скорость и эффективность. Модуль R-IN32M3 легко управляет ведомыми устройствами EtherCAT с помощью микроконтроллера R-IN32M3-EC, имеющего встроенный контроллер ESC и стек протоколов.

### PROFINET

PROFINET – открытая промышленная сеть (см. рис. 3), разработанная PROFIBUS & PROFINET International (PI) на основе протокола TCP/IP Ethernet. По признаку производительности цикла связи, PROFINET предусматривает три разных класса. Класс А сети PROFINET (не в режиме реального времени, или NT), основанный на передаче по TCP/IP с продолжительностью цикла около 100 мс, используется для чтения и записи параметров, которые не требуют работы в режиме реального времени. PROFINET Class B (Real-Time или RT) представляет стек программных протоколов. Продолжительность цикла в этом классе составляет примерно 10 мс. Этот класс обычно применяется для автоматизации производства или автоматизации процессов.

PROFINET класса С (изохронный режим реального времени) требует выделенного контроллера. Время цикла – менее 1 мс.

### EtherNet/IP

EtherNet/IP – открытая промышленная сеть (см. рис. 3), разработанная компанией Rockwell Automation, которой заведует и управляет ассоциация Open DeviceNet Vendor (ODVA). Общий промышленный протокол (Common Industrial Protocol, CIP) реализован как протокол управления в TCP/IP Ethernet, позволяющий управлять приоритетом для интеграции управляющих и информационных данных с помощью управляемых коммутаторов. Поскольку протокол CIP также используется в DeviceNet, процесс портирования

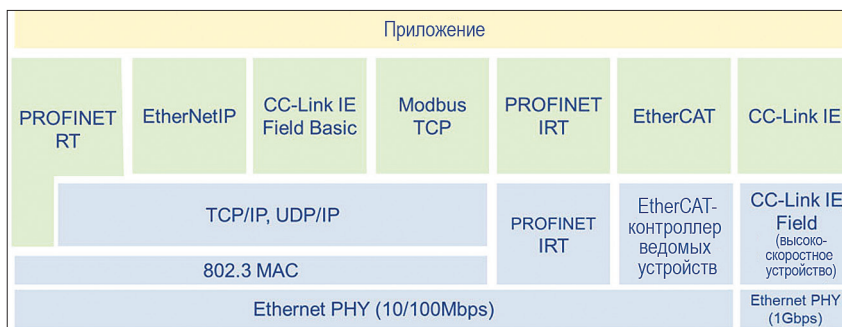


Рис. 3. Классификация промышленных сетей

в EtherNet/IP не представляет особого труда. Протокол EtherNet/IP также функционально совместим с изделиями уровня датчиков DeviceNet.

### Modbus TCP

Modbus TCP – промышленная сеть (см. рис. 3), разработанная Modicon. Связь ведущий-ведомый устанавливается при подаче команды от ведущего, который выдает команды, транслируя их одному или всем подчиненным устройствам.

### CC-Link IE

CC-Link IE – открытая промышленная сеть (см. рис. 3), разработанная партнерской ассоциацией CC-Link в 2007 г. Протокол CC-Link IE Control предназначен для контроллеров, а CC-Link IE Field и CC-Link IE Basic – для промышленных сетей. CC-Link IE образует сеть на основе Gigabit Ethernet, идеально подходящую для обеспечения высокоскоростной связи.

### ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Переход со стандартного промышленного последовательного интерфейса на Ethernet не только требует нового схематехнического проектирования оборудования, но и значительно усложняет структуру программного обеспечения. В частности, связь в промышленных Ethernet-сетях отличается от стандартной связи Ethernet, которая в основном обрабатывает передачу по интерне-

ту и электронную почту. Этот особый метод связи значительно затрудняет проектирование одним разработчиком, а внедрение промышленного Ethernet создает следующие проблемы:

#### 1. Поддержка Ethernet.

Хотя Ethernet является широко распространенной технологией, препятствий при проектировании оборудования становится больше в силу выбора и подтверждения готовности к работе приемопередатчиков и других компонентов, а также из-за необходимости обеспечить соответствие IEE802.3.

#### 2. Поддержка протоколов связи.

Ключевым моментом является реализация стеков протоколов. Инженеры, не имеющие опыта работы с протоколами, часто не знают, с чего начать. Разработка протоколов связи компанией требует значительного времени. Разумеется, вопросы бюджета входят в процесс принятия решений при покупке протокола у его поставщика. Кроме того, существует потенциальное бремя поддержки нескольких протоколов. Эти соображения влекут за собой огромные расходы на разработку, особенно в случае небольших проектов. К тому же, стандарты протоколов обычно пересматриваются почти ежегодно, что увеличивает расходы на техническое обслуживание и требует выделения дополнительных средств на инженерные разработки.



Рис. 4. Внешний вид модуля R-IN32M3

3. Проверка соответствия предъявляемым требованиям и проверочные тесты.

Для продажи изделия с логотипами протоколов, совместимых с протоколами промышленных Ethernet-сетей, оно должно пройти сертификационные испытания в каждой соответствующей ассоциации. Разработчикам потребуются определенные умения и навыки, поскольку предварительные испытания обычно проводятся производителем изделия.

#### Модуль R-IN32M3

Компания Renesas оснастила модуль R-IN32M3 (см. рис. 4) многопротокольным контроллером LSI R-IN32M3-EC, который позволяет решить многие проблемы, возникающие при разработке изделий для промышленных сетей Ethernet. Далее мы подробно опишем основные особенности модуля R-IN32M3 (см. табл. 1).

#### Особенности R-IN32M3

1. Компактный универсальный модуль.
2. Поддерживает три основных протокола.
3. Полноценная среда разработки.

#### 1. Компактный универсальный модуль

В модуль R-IN32M3 (см. рис. 5) входит двухпортовый разъем RJ-45 и набор периферийных устройств, размещенных в компактном корпусе размером 50×34×12 мм. 9-контактный разъем для последовательной связи припаян к плате, не требует специального ответного разъема и упрощает проектирование схемы. Коммуникации PROFINET, EtherNet/IP и EtherCAT реализуются через этот 9-контактный разъем с помощью последовательного интерфейса связи (SPI) с главным микрокомпьютером.

Аппаратное обеспечение модуля разработано с учетом требований на соответствие; анализ надежности проводился на основе стандартов качества Renesas. Подтверждено также соблюдение стандартов безопасности (CE, UL) и экологических норм.

Таблица 1. Основные параметры модуля R-IN32M3

Название	модуль R-IN32M3
Название модели	RY9012A0000GZ00#001 RY9012A0000GZ00#002
Встроенный ЦП	R-IN32M3-EC
Поддерживаемые протоколы	EtherNet/IP, PROFINET, EtherCAT
Размер изделия без учета размеров контактов	50×34×12 мм
Питание	3,3±0,15 В DC
Потребляемая мощность (тип./макс.)	1,3 Вт/2,0 Вт
Диапазон рабочей температуры	-40~70°C
Соответствие стандартам	CE UL RoHS

#### 2. Соответствие требованиям трех основных протоколов

Появившийся в августе 2020 г. модуль R-IN32M3 поддерживал протоколы PROFINET и EtherNet/IP. С недавно добавленной поддержкой EtherCAT модуль стал работать с тремя основными протоколами, на долю которых приходится примерно 75% всех промышленных протоколов Ethernet (см. рис. 6). Обновив модуль прошивкой последней версии,

загружаемой с сайта Renesas, можно добавить поддержку EtherCAT, не внося каких-либо изменений в аппаратное обеспечение модуля.

Модуль R-IN32M3 успешно прошел сертификацию по каждому протоколу, созданному на основе конфигурации из отладочного комплекта YCONNECT-IT-I-RJ4501 и стартового комплекта Synergy SK-S7G2 в качестве хост-микрокомпьютера с использова-

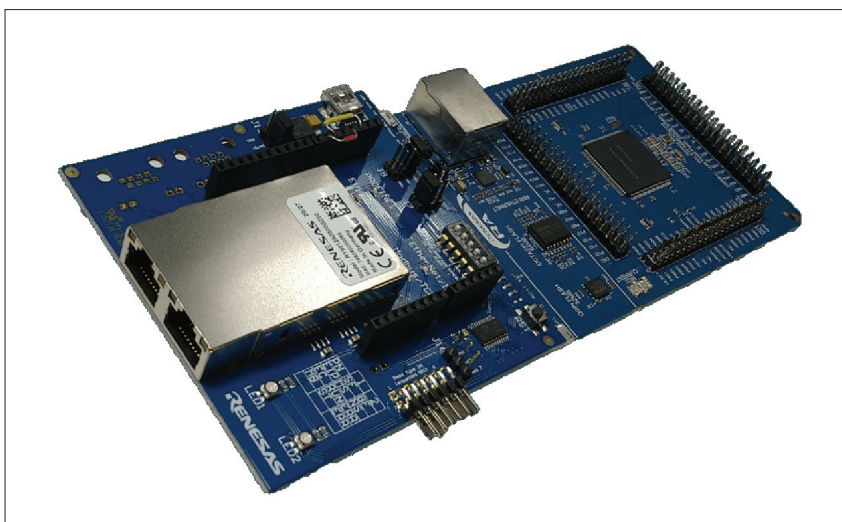


Рис. 5. Внешний вид модуля R-IN32M3

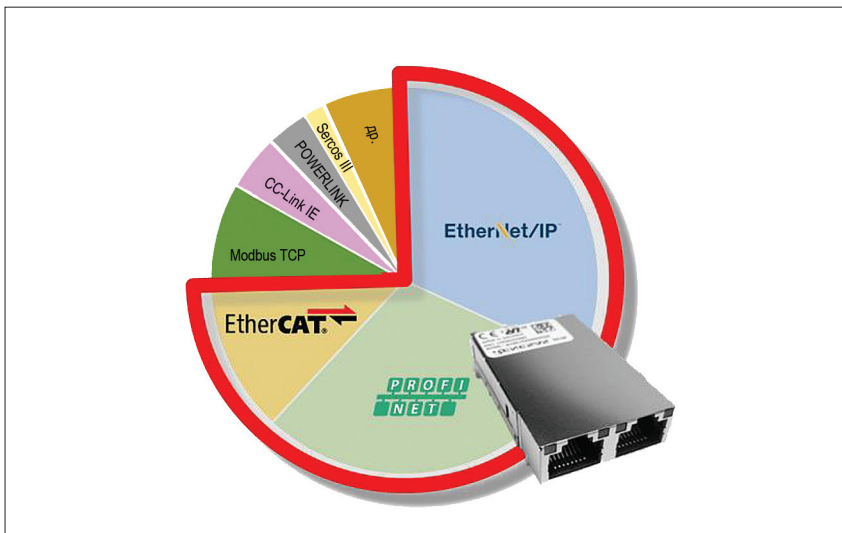


Рис. 6. Структура использования различных протоколов

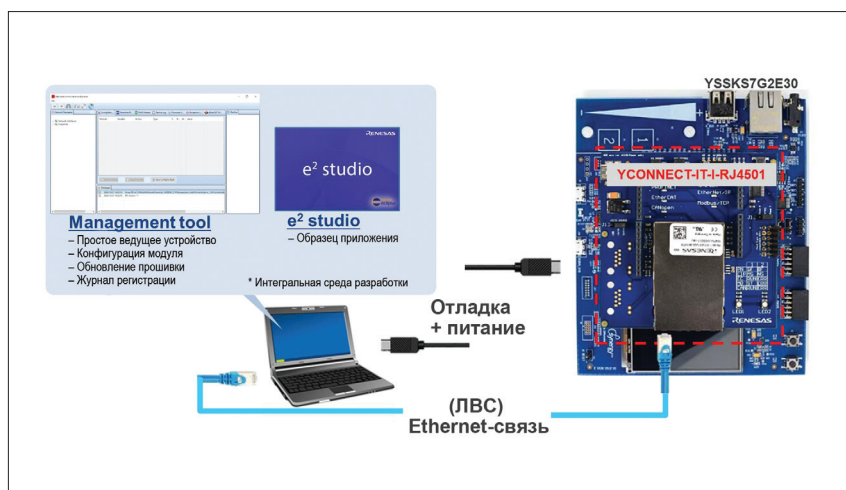


Рис. 7. Среда разработки

Таблица 2. Основные составляющие отладочного комплекта YCONNECT-IT-I-RJ4501

	Главный микроконтроллер	Среда проектирования
Отладочная плата	Synergy S7	Renesas Electronics YCONNECT-IT-I-RJ4501 и YSSKS7G2E30 Starter Kit
	RX66T	Shimafuji Electronics Incorporated SEMB1320

нием разъема Arduino. Каждый протокол должен снова пройти сертификацию после завершения всей работы над изделием, но предварительно сертифицированный модуль R-IN32M3 позволяет относительно легко подготовиться к заключительной процедуре подтверждения соответствия.

Еще одно преимущество использования модуля Renesas R-IN32M3 – бесплатные обновления прошивки. Спецификации стандартов протоколов периодически пересматриваются, что обычно происходит примерно через полгода после извещения. Чтобы пройти последующий тест на соответствие, возможно, потребуются выполнить коррекцию для поддержки новой спецификации. Компания Renesas намеревается предоставить пользователям бесплатные обновления микропрограмм, что

сократит не только затраты на обслуживание, связанные с обновлениями протоколов, но и общую стоимость изделия (TCO).

### 3. Полноценная среда разработки

Компания Renesas находится в постоянном процессе совершенствования сред проектирования для анализа и разработки продукции с использованием модуля R-IN32M3. У нас имеются и планы на будущее.

В среду проектирования входит Management Tool (см. рис. 7) – удобный вспомогательный инструмент для настройки устройства, оснащенный основной функцией для каждого протокола, функцией конфигурации модуля для установки IP-адресов и т.д., функцией обновления прошивки и функцией регистрации. Использование этого

инструмента позволяет сократить время разработки, необходимое для ознакомления с модулем R-IN32M3.

Компания Renesas предлагает отладочный комплект YCONNECT-IT-I-RJ4501, использующий модуль R-IN32M3 в качестве среды проектирования. Основные составляющие данного решения перечислены в таблице 2. Оценку легко выполнить, подключив этот отладочный комплект к оценочным платам с помощью разъема Arduino и/или универсального разъема общего назначения P-mod. Образец программного обеспечения, установленного на хост-компьютер, который подключен к стартовому набору Synergy S7 SK-S7G2, поставляется с образцами проектов для приложений.

### Выводы

Итак, мы рассмотрели постепенный переход промышленных сетей на Ethernet-коммуникации, а также модульное решение R-IN32M3, которое упрощает разработку изделий для этих сетей.

Компактный модуль R-IN32M3 представляет собой комплексное решение, которое обеспечивает все необходимое оборудование для промышленной связи Ethernet и оснащено тремя стеками протоколов связи. Этот модуль позволяет значительно сократить трудозатраты на разработку продукции, в т.ч. на проектирование оборудования, реализацию протокола связи и выполнение тестов на соответствие.

Модуль R-IN32M3 способствует «цифровизации» заводских сетей, например при визуализации внутренних данных в производственном оборудовании и при замене передачи данных с помощью промышленных сетей, поскольку данный модуль поддерживает промышленную Ethernet-связь в режиме реального времени. ➔