

ПРЕИМУЩЕСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ БЕЗ WINDOWS И LINUX НА ПРИМЕРЕ DER RTU

А.Г. АБАСОВ, И.О. КОВЦОВА, А.И. КОНОНОВ, В.И. УХОВ (Компания “ДЭП”)



В данной статье приводится классификация промышленных контроллеров по признаку использования в них операционных систем общего назначения, описываются основные преимущества контроллеров без ОС.

Ключевые слова: контроллер; микропроцессор; без ОС; derRTU.

Автоматизация сегодня затрагивает, наверное, уже все отрасли промышленности без исключения. Широкий выбор контроллеров для ее осуществления. Условно контроллеры можно разделить на две группы:

- 1. Первая группа** – контроллеры на базе микропроцессоров под управлением специализированных встраиваемых ОС (например, FreeRTOS, RIOT OS и т.п.).
- 2. Вторая группа** – контроллеры под управлением ОС общего назначения (Linux, Windows и т.п.), с поддержкой виртуальной памяти, эффективного управления процессами и потоками, способов межпроцессорного и межпоточного взаимодействия и т.п.

Основным отличием первой группы контроллеров от второй – является отсутствие аппаратной реализации виртуализации памяти. Процессы работают напрямую с общей памятью.

Использование ОС Linux, Windows для промышленных контроллеров значительно расширило область их применения, сократило время разработки основного функционала контроллера за счет наличия в ОС множества различных системных сервисов, драйверов и библиотек. Также одним из основных преимуществ является то, что один раз написанная программа может собираться для абсолютно разных аппаратных устройств.

В последние годы, инженеры, которые разрабатывают микропроцессоры с микроядерной архитектурой, на основе которых строят контроллеры из первой группы, смогли существенно изменить ситуацию. Сегодня предлагаются целые линейки микропроцессоров однотипной архитектуры, что обеспечивает неплохую мобильность программного кода для экземпляров такой линейки (например, STM32 и ARM Cortex-M) [1]. Также многое сделано для удобства их программирования. Работа с регистрами выносится в библиотеки

(например, библиотека Standard Peripherals Library для STM32, и ряд сторонних библиотек – например, LibOpenCM3 [2, 3]), созданы программные решения (IDE) для работы с “железом”. STM32Cube – это программный продукт фирмы ST Microelectronics, реализующий графический интерфейс, который позволяет осуществлять настройку любой имеющейся на борту микроконтроллера периферии, и создающий готовый проект для выбранной среды разработки [4].

Также на данных платформах реализованы все нужные стеки и протоколы TCP/IP, FTP, HTTP и т.п. Реализованы протоколы “бесшовного” резервирования PRP и HSR.

Отметим, что большинство существующих библиотек и кодов, доступных для ОС Linux, легко партируются на Cortex-M. В линейке микропроцессоров STM32 есть аппаратная поддержка протокола точного времени RTP (IEEE 1588v2 1588 v2) – время прихода и отправки пакета проставляется на аппаратном уровне интерфейсов Ethernet. Поддержка шифрования данных также может осуществляться на аппаратном уровне.

Сегодня устройства первой группы широко востребованы на рынке промышленной автоматизации. Они сохранили целый ряд основных преимуществ перед второй группой:

- **Надежность.** Общее количество компонентов меньше, так как многие функции и ресурсы располагаются в микропроцессоре, количество вспомогательных элементов ниже.
- **Время реакции** на прерывание в контроллерах первой группы детерминировано (с точностью до одного такта можно сказать сколько будет обрабатываться прерывание) – реализован жесткий real time, в отличие от контроллеров второй группы. В контроллерах с полноценными ОС реализовать эту функцию сложно, а иногда невозможно.

- **Меньшее время рестарта** контроллеров первой группы объясняется отсутствием необходимости запуска полноценной ОС, что требует существенного времени.
- **Требуются другие технологии “взлома”** для контроллеров первой группы, поскольку это не открытая система, в отличие от контроллеров второй группы, где коды ОС находятся в открытом доступе. Технологиями аппаратного “взлома” владеет гораздо меньше специалистов, и они для своего создания/освоения требуют кроме универсального компьютера ещё и специально подготовленной аппаратной базы.
- **Стоимость.** Тут следует отметить, что стоимость зависит от заявленных функций контроллера. Но поскольку ресурсы для функционирования полноценной ОС здесь не нужны, то и стоимость обычно бывает несколько ниже.
- **Климатическая стойкость.** Для контроллеров I группы присутствует более широкий выбор процессоров для различных диапазонов температур (–40 до +70 °С).
- **Низкое тепловыделение** контроллеров первой группы существенно облегчает создание компактных и встраиваемых решений. Возможность обойтись примитивным пассивным теплоотводом снижает стоимость и повышает надёжность.
- **Вибрационная стойкость.** Более компактные размеры элементов и платы. Проще создавать встраиваемые решения. Стоимость дополнительной виброзащиты для первой группы несколько ниже.
- **Большая помехозащищённость** контроллеров первой группы существенно облегчает создание компактных и встраиваемых решений. Стоимость дополнительной защиты от помех для первой группы несколько ниже.

ООО “Компания ДЭП” имеет целую линейку устройств depRTU на базе процессора STM32, относящуюся к первой группе контроллеров, по приведенной выше классификации. Все устройства линейки построены на общей программно-аппаратной платформе, разработанной компанией ДЭП [5]:

- общая управляющая программа;
- общие алгоритмы расчётов и реализация коммуникационных протоколов;
- общие средства диагностики;
- общие средства конфигурирования.

Функционал, созданный для одного изделия, может быть доступен на всей линейке depRTU. Контроллеры могут использоваться в качестве:

- телемеханических устройств;
- устройств учёта и ПКЭ, РЗА;
- УСШ и УСО для цифровых подстанций.

Возможны следующие варианты исполнения:

- крейтовое и моноблочное;
- для нормальной и расширенной “климатики”;
- взрывозащищенное и горное исполнение.

Все контроллеры линейки depRTU имеют свидетельство об утверждении типа средств измерений (RU.C.34.390.A № 62674), часть внесена в реестр аттестованного оборудования, допущенного к применению на объектах ПАО “Россети”.

depRTU крейтового исполнения состоит из набора микропроцессорных функциональных модулей, размещенных в конструктиве крейта, соединенных между собой посредством встроенной объединительной платы.

Проектно-компонованная архитектура позволяет пользователю формировать конечное устройство максимально адаптированным для решения конкретных задач пользователя.

Номенклатура функциональных модулей представлена следующей линейкой:

- модуль центрального процессора со встроенным ПО;
- модули электроизмерительные с прямым подключением к измерительным цепям электромагнитных трансформаторов тока и напряжения;
- модули дискретного ввода на 24 В и 220 В;
- модули дискретного вывода на 24 В и 220 В;
- модули аналогового ввода тока и напряжения;
- модули вторичного электропитания;
- модуль индикации и управления (дисплей).

Устройства depRTU крейтового исполнения (рис. 1) имеют модульную проектно-компонованную архитектуру и в зависимости от состава модулей могут работать в качестве:



▲ Рис. 1. depRTU крейтового исполнения



Рис. 2. Устройство "depRTU-R"

- устройства сопряжения (объединяющих устройств) с электромагнитными ТТ и ТН;
- устройства сопряжения с коммутационным оборудованием высоковольтной ячейки;
- комбинированного устройства.

В зависимости от состава, встроенного в depRTU программного обеспечения устройство может также функционировать в качестве:

- удаленного терминала (RTU);
- контроллера ячейки КРУ;
- контроллера присоединения;
- концентратора данных и преобразователя протоколов;
- коммуникационного шлюза объекта;
- регистратора аварийных событий;
- устройства непрерывного контроля показателей качества электрической энергии.

Устройства depRTU соответствуют стандартам "цифровой подстанции" ГОСТ Р МЭК 61850, МЭК 62271-3 и могут применяться в составе автоматизированных систем управления электрических подстанций в качестве источников технологической информации для различных интеллектуальных микропроцессорных приборов, подключаемых

к шине процесса (IEC 61850-9-2/ IEC 61850-9-2LE/SV) и шине подстанции (IEC 61850-8-1/ GOOSE, MMS). Осуществлена поддержка протокола параллельного резервирования сети PRP (МЭК 62439-3) и синхронизации времени SNTP v4, IEEE 1588v2 (PTP). depRTU позволяет также интегрировать другие (сторонние) устройства, не поддерживающие стандарт МЭК 61850, к единой информационной среде в стандарте МЭК 61850.

"depRTU-R" (рис. 2) или "DeProtec-LT" – устройство, предназначенное для выполнения функций защит и автоматики, определенных ПУЭ и ПТЭ, местного/дистанционного управления, измерения, сигнализации, регистрации, осциллографирования присоединений распределительных сетей среднего напряжения 6-35 кВ, также может быть использовано на присоединениях других классов напряжения.

Устройства могут применяться в системах электроснабжения метрополитена, городского и железнодорожного транспорта, на подстанциях промышленных и коммунальных предприятий и т.п.

Устройства устанавливаются в релейных отсеках КРУ, КРУН и КСО, на панелях и в шкафах в релейных залах и пультах управления электрических станций и подстанций.

Устройства могут применяться на подстанциях с переменным, выпрямленным переменным и постоянным оперативным током.

"depRTU-Q" (рис. 3) – функционально законченное устройство мониторинга показателей качества ЭЭ, обеспечивающее:

- измерение параметров (частоты, напряжения, силы тока, мощности, углов фазового сдвига) трехпроводных и четырехпроводных электрических сетей и систем электроснабжения переменного трехфазного тока с номинальной частотой 50 Гц;
- измерение количества активной и реактивной электрической энергии в трехфазных сетях переменного тока в соответствии с метрологическими требованиями ГОСТ 31819.22-2012 для счетчиков активной энергии класса точности 0,2S, 0,5S и ГОСТ 31819.23-2012 для счетчиков реактивной энергии класса точности 1;
- мониторинг показателей качества электрической энергии (далее по тексту – ПКЭ) в соответствии с требованиями, ГОСТ 32144-2013, ГОСТ 33073-2014), анализа и регистрации соответствия значений ПКЭ установленным нормам (отклонений от установленных норм);



Рис. 3. Устройство многофункциональное depRTU-Q

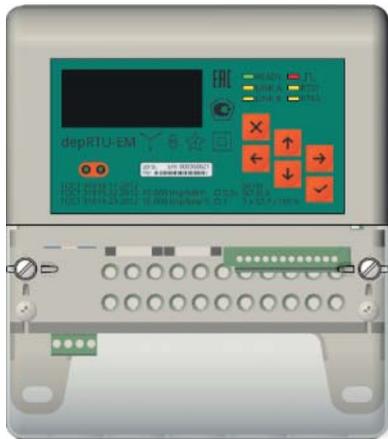


Рис. 4. Устройство многофункциональное depRTU-EM

- сохранение массивов информации в энерго-независимой памяти;
- осциллографирование (данная функция используется как дополнительная);
- отображение текущей и ретроспективной информации с помощью web-интерфейса;
- передачу информации на вышестоящие уровни с использованием стандартных коммуникационных протоколов.

“depRTU-EM” (рис. 4) – функционально законченное электроизмерительное устройство учета ЭЭ с панелью индикации, может также включать в себя функции измерения ПКЭ:

“depRTU-LT” (рис. 5) – многофункциональное электроизмерительное устройство, предназначенное для комплексного контроля и управления комплектным распределительным устройством электрических распределительных сетей среднего напряжения в составе систем АСУ ТП и ТМ.

Все модификации устройства имеют:

- каналы ТС/ТУ;
- каналы измерения параметров трехфазной электрической сети;
- каналы подключения внешних датчиков тока;
- два выделенных интерфейса, позволяющих реализовать резервированную сеть передачи данных на вышестоящий уровень;
- два независимых канала питания постоянного тока;
- сервисный интерфейс для конфигурирования (mini-USB);
- локальный интерфейс RS-485 для подключения дополнительных модулей (например, панели depRTU-LT-Pxy).

depRTU-LT поддерживает и обеспечивает:

- 4 канала измерения напряжения переменного тока;



Рис. 5. Устройство многофункциональное depRTU-LT



Рис. 6. Контроллер “легкой телемеханики” depRTU-P-GSM

- 7 каналов измерения силы переменного тока (прямой ввод ТТ/5А и через внешние измерительные датчики тока);
- измерение токов, напряжений, углов, активной/реактивной/полной мощностей, cosφ, частоты, тока нейтрали, несимметрии токов и напряжений, коэффициента искажения синусоидальности (КИС) по токам и напряжениям.
- функции оперативных блокировок для присоединений с моторизованными приводами заземляющих ножей и разъединителей;
- программируемую логику управления энергообъектом и расчетные алгоритмы;
- регистрацию аварийных процессов;
- расчет коммутационного ресурса выключателя;
- протоколы обмена SyBusTCP, МЭК 60870-5-104, МЭК 61850-8.1 (GOOSE/MMS) и методы резервирования сети PRP/HSR (IEC 62439-3).

“depRTU-P-GSM” (рис. 6) – это устройства телемеханики, располагающиеся, например, на трансформаторных подстанциях,

имеющие различные коммуникационные интерфейсы RS-485, Ethernet, а также имеющее связь по GSM, которая может выступать как резервный или основной канал связи. Данные устройства могут сами опрашивать счетчики, передавать собранные данные и свои по протоколу МЭК 60870-5-104. В данных устройствах осуществлена поддержка гибкой логики (загружаемые алгоритмы).

Развитие процессоров движется уверенными темпами вперед и вперед, уже сегодня мы имеем передовые решения от компании STMicroelectronics, которая выпустила линейку новых многоядерных микропроцессоров STM32MP1, построенных на базе процессоров ARM Cortex-A7 и ARM Cortex-M4, имеющих поддержку ОС Linux и способных выполнять самые разные задачи в режиме реального времени [6]. На базе таких решений можно построить весьма интересные системы, где тре-

буется быстрое время старта и срабатываний, с поддержкой различных сервисов обработки и отображения данных.

Список литературы

1. <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus.html>
2. <https://www.st.com/en/embedded-software/stm32-standard-peripheral-libraries.html>
3. <http://libopencm3.org/>
4. <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cube.html>
5. Сайт компании “ДЭП” <http://dep.ru/catalog/60/>
6. <https://ptelectronics.ru/stati/stm32mp1-%D0%BD%D0%B0-%D0%B1%D0%B0%D0%B7%D0%B5-arm-cortex-a7-%D0%B8-arm-cortex-m4/>

Компания “ДЭП”.

Абасов Андрей Георгиевич – руководитель конструкторского отдела,

Ковцова Ирина Олеговна – инженер,

Кононов Анатолий Иванович – зам. начальника департамента программных разработок,

Ухов Владимир Иосифович – канд. физ.-мат. наук, начальник департамента программных разработок.