

# Новый комплект разработчика детекторов систем безопасности на базе микроконтроллера Renesas RL78/I1D. Часть I

Виктор АЛЕКСЕЕВ,  
к. ф.-м. н.  
Александр СЫРОВ  
alexandr.syrov@eltech.spb.ru

## Введение

Японская корпорация Renesas Electronics Corporation, один из ведущих мировых производителей электронных компонентов, была образована в апреле 2010 года при слиянии фирм NEC Electronics и Renesas Technology. Головной офис находится в Кавасаки (Япония). На предприятиях фирмы по всему миру работает более 21 000 сотрудников. Фирма Renesas Electronics Corporation выпускает очень широкий спектр полупроводниковых электронных компонентов, включая силовую электронику (MOSFET, IGBT, IPD), транзисторы, тиристоры, диоды, аналоговые и цифровые микросхемы, модули беспроводной связи, оптоэлектронные устройства, ультрафиолетовые лазеры, микросхемы памяти (EEPROM, Low Latency DRAM, TCAM), интегральные сборки на кристалле, микроконтроллеры и микропроцессоры.

В Европе деятельность концерна представляет филиал с головным офисом в Дюссельдорфе (Германия). Кроме того, в Европе работает подразделение Automotive Business Group, специализирующееся на автомобильной электронике, и Industrial & Communications Business Group, занимающиеся электронными компонентами, предназначенными для промышленности и телекоммуникационной индустрии.

Концерн Renesas Electronics Corporation изготавливает специализированные серии микропроцессоров и микроконтроллеров, предназначенные для узких областей применения:

- 8- и 16-разрядные микроконтроллеры и микропроцессоры с ультранизким энергопотреблением — RL78, 78K, R8C;
- 32-разрядные CISC-микроконтроллеры — RX;
- 32-bit RISC-микроконтроллеры — RZ, V850, SuperH, RH850;
- микроконтроллеры общего назначения — 78K0S, H8S, M16C, M32C, R32C;
- микроконтроллеры специального типа — USB MCUs, Capacitive Touch MCUs, Secure MCUs, ZigBee MCUs, Super Low Power;
- встраиваемые микропроцессорные платформы — Renesas Synergy;

- универсальная конфигурируемая аналоговая платформа для промышленных датчиков (AFE).

Особое место в продукции фирмы занимают микропроцессоры и микроконтроллеры, предназначенные для работы с различного рода промышленными и бытовыми датчиками.

Интеллектуальные датчики играют все более важную роль во многих областях нашей жизни — в бытовых приборах и оборудовании, в жилых домах, на производстве, в медицине, на транспортных средствах. Современные датчики, сопряженные с автоматическими системами управления, незаменимы в противопожарных, аварийных системах, системах безопасности, системах контроля расхода электричества, воды, газа, системах управления транспортом и т. д. Такие системы содержат три основные составные части: чувствительный сенсор, управляющий микроконтроллер и периферийную электронику.

Каждый тип чувствительного датчика имеет свои уникальные электрические характеристики. Поэтому для обработки сигналов конкретного типа датчиков необходимы определенные типы микроконтроллеров, а также специальные схемы согласования.

Для каждой серии Renesas производит комплекты разработчика, позволяющие с наименьшими затратами и за минимальное время освоить работу специализированных микроконтроллеров и реализовать на их базе новые проекты.

В 2015 году начались коммерческие поставки нового микроконтроллера Renesas RL78/I1D. Одновременно с этим в продажу поступил комплект разработчика RL78/I1D detector boards kit, изготовленный на базе данного миниатюрного 16-разрядного микроконтроллера. Прилагаемое в комплекте поставки программное обеспечение позволяет работать с готовыми примерами, а также создавать собственные приложения пользователя.

## Новый микроконтроллер Renesas RL78/I1D

Быстродействующий 16-разрядный однокристалльный микроконтроллер RL78/I1D

относится к сегменту недорогих встраиваемых микроконтроллеров общего назначения с минимальным энергопотреблением и высокой производительностью. Устройство разработано специально для использования с детекторами систем безопасности и промышленными датчиками, которые рассчитаны на малые токи и батарейное питание. Новые микроконтроллеры предназначены для функционирования в промышленном температурном диапазоне  $-40...+105$  °C. Рабочее напряжение питания составляет от 1,8 до 3,6 В.

Микроконтроллер RL78/I1D — это последняя модель в хорошо известном семействе RL78, объединившем лучшие черты серий 78K и R8C. Все семейство RL78 основано на архитектуре 16 bit CISC, обеспечивающей наилучшие параметры, необходимые для обработки аналоговых сигналов датчиков систем безопасности.

Характерной чертой нового микроконтроллера является минимальное время выполнения команды, которое может изменяться от высокой скорости 0,04167 мкс при частоте 24 МГц до сверхмалой скорости 66,6 мкс при частоте 15 кГц.

Микропроцессор RL78/I1D способен работать в режиме ожидания, в котором активна функция регистрации малых напряжений. Также в этом режиме сохраняются все данные RAM, и часы реального времени работают с частотой 32 кГц, а сторожевой таймер опрашивается с частотой 15 кГц. Для восстановления работы в нормальном режиме требуется лишь 4 мкс.

Встроенные в RL78/I1D операционный усилитель, АЦП, компаратор и другие аналоговые цепи существенно упрощают схемы согласования, необходимые для подключения датчиков к микроконтроллеру. Кроме того, специализированные цепи позволяют сократить время использования ЦПУ и тем самым снизить энергопотребление в основном режиме на 30%.

Для подключения внешних устройств в модели предусмотрены пользовательские входы/выходы (I/O), количество которых различно в разных моделях.

Структурная схема микроконтроллера RL78/I1D показана на рис. 1.

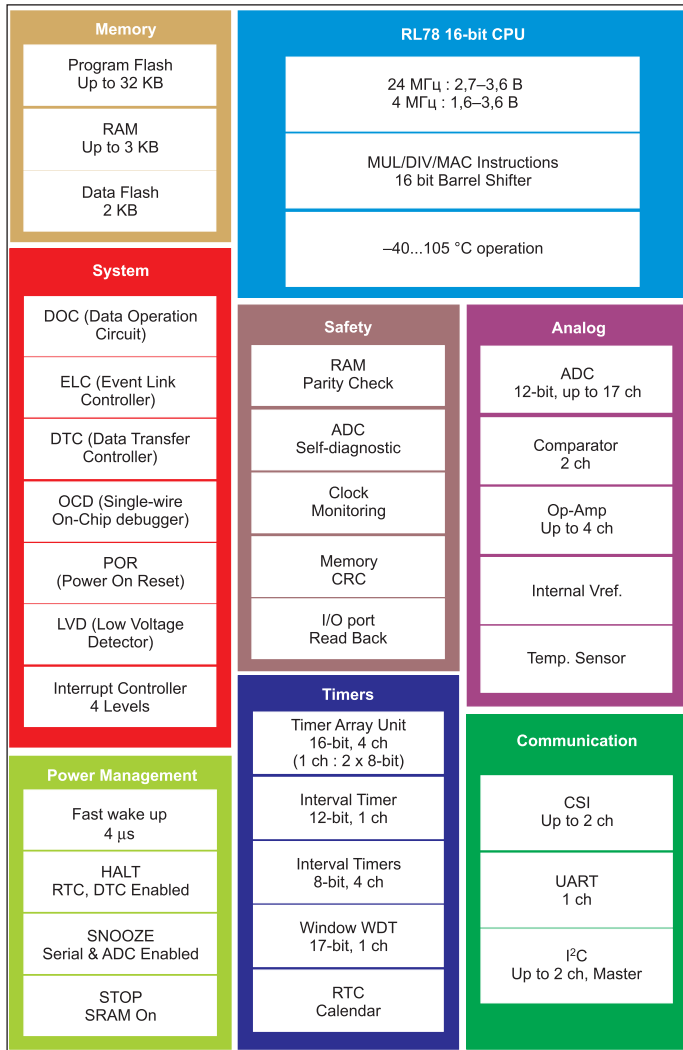








Рис. 1. Структурная схема микроконтроллера RL78/I1D

На кристалле микроконтроллера RL78/I1D размещены следующие узлы и блоки:

- центральный процессор ЦПУ (RL78, 16 бит CPU);
- тактовый генератор;
- блок таймеров (TIMER ARRAY UNIT-TAU);
- часы реального времени;
- цепь контроля частоты;
- 12-разрядный интервальный таймер;
- 8-разрядный интервальный таймер;
- контроллер выводов таймера;
- сторожевой таймер;
- программируемый АЦП (12 или 8 бит);
- компаратор;
- операционные усилители (2–4);
- контроллер событий (Event link controller — ELC);
- блок контроля питания;
- последовательные порты (UART, CSI01, CSI00, I<sup>2</sup>C);
- блок сравнения данных (Data operation circuit — DOC);
- контроллер передачи данных (Data transfer controller — DTC);
- блок регулятора постоянного напряжения;
- детектор уровня напряжения (Level Voltage Detector);
- память (RL78/I1D-48-pin: 32 кбайт Flash, 3 кбайт RAM и 2 кбайт Data Flash).

Микроконтроллер RL78/I1D выпускается в шести модификациях, которые различаются между собой объемами памяти, корпусом, количеством выводов и количеством пользовательских вводов/выводов:

Таблица 1. Модификации микроконтроллера RL78/I1D

| Flash-память, кбайт | RL78/I1D   |   |   |   |  |  |
|---------------------|--|---|---|---|--|--|
|                     | 20 выводов   | 24 вывода   | 30 выводов  | 32 вывода   | 48 выводов   |  |
| 32                  |  |   |   | 3 кбайт   |  |  |
| 16                  | 2 кбайт  |   |   |   |  |  |
| 8                   | 0,7 кбайт  |   |   |   |  |  |
| Пакет               | <br>SSOP<br>4,4×6,5 мм<br>шаг 0,65 мм | <br>WQFN<br>4×4 мм<br>шаг 0,5 мм | <br>SSOP<br>7,62 мм (300 мил)<br>шаг 0,65 мм | <br>VQFN<br>5×5 мм<br>шаг 0,5 мм | <br>QFP<br>7×7 мм<br>шаг 0,8 мм | <br>QFP<br>7×7 мм<br>шаг 0,5 мм |

- 20-pin: R5F1176x (x = 8, A);
- 24-pin: R5F1177x (x = 8, A);
- 30-pin: R5F117Ax (x = 8, A, C);
- 32-pin: R5F117Bx (x = B, C);
- 48-pin: R5F117Gx (x = A, G).

В таблице 1 показаны модификации микроконтроллера RL78/I1D. Эти модели могут эксплуатироваться в расширенном температурном диапазоне  $-40...+105$  °C. Модель с 32 выводами производится в двух вариантах — в корпусе VQFN с размерами  $5 \times 5$  мм и в корпусе QFP с размерами  $7 \times 7$  мм.

Разные модели микроконтроллера RL78/I1D имеют следующие порты:

- 20-pin: 14 (CMOS I/O: 11, CMOS input: 3);
- 24-pin: 18 (CMOS I/O: 15, CMOS input: 3);
- 30-pin: 24 (CMOS I/O: 19, CMOS input: 5);
- 32-pin: 26 (CMOS I/O: 21, CMOS input: 5);
- 48-pin: 42 (CMOS I/O: 33, CMOS input: 5, N-ch open drain I/O: 4).

Система тактирования микроконтроллера состоит из основной системы и дополнительной. Источником тактовых импульсов в основной системе могут служить три различных генератора: генератор, использующий сигнал от внешнего резонатора в диапазоне  $1-20$  МГц, встроенный высокочастотный генератор и встроенный среднечастотный генератор. Высокочастотный генератор способен выдавать тактовый сигнал в диапазоне  $1-24$  МГц с различным шагом. Особенностью данного генератора является высокая стабильность  $\pm 1\%$  при температурном диапазоне  $-20...+85$  °C. Встроенный среднечастотный генератор способен выдавать тактовый сигнал с частотой  $1,2$  и  $4$  МГц. Его отличие заключается в малом времени стабилизации —  $4$  мкс. Это, по сути, является временем пробуждения и позволяет существенно снизить энергопотребление микроконтроллера при пробуждении.

Дополнительная система тактирования состоит из дополнительного генератора, использующего внешний резонатор для генерации тактового сигнала с частотой  $32,768$  кГц, а также низкоскоростного тактового генератора для формирования сигнала с частотой  $15$  кГц.

Для создания устройств с малым потреблением специалисты могут воспользоваться преимуществами различных режимов работы микроконтроллера. У RL78/I1D предусмотрено четыре таких режима: RUN, HALT, STOP и SNOOZE. В режиме RUN работает ядро и периферия. В режиме HALT останавливается работа ядра, но продолжают действовать ранее активированные генераторы и периферия. В режиме STOP останавливается работа ядра и всех генераторов основной системы тактирования, некоторых блоков периферии. При этом могут работать интервальные таймеры, RTC, Watchdog, компараторы, операционные усилители, ELC и др. Интересным режимом малого потребления является SNOOZE. Он позволяет при работе в режиме STOP активировать UART, АЦП и/или осуществлять пересылку данных с помощью DTC без пробуждения ядра. При различных условиях в результате анализа полученных или переданных данных может поступить прерывание для пробуждения ядра для соответствующей обработки наступившего события. Это позволяет существенно снизить потребление микроконтроллера и системы в целом. Подробности о действии этого и других режимов энергопотребления представлены в документе [1].

Встроенный 2-канальный компаратор поддерживает следующие функции:

- режим компаратора высокой скорости;
- режим компаратора низкой скорости;
- высокоскоростной режим «окна» (Window Mode);
- низкоскоростной режим «окна» (Window Mode).

Для опорного напряжения компаратора используется внешний прецизионный источник. Активный сигнал на выходе компаратора может быть задействован для генерирования сигнала прерывания. Контроллер событий (event link controller — ELC) активируется с помощью выходного сигнала компаратора.

Режим работы «окно» (Window Mode) подразумевает вариант, когда два компаратора, соответствующих одному аналоговому порту, запрограммированы таким образом, чтобы можно было задавать различную ширину «окна» и его положение относительно напряжения питания микроконтроллера или «земли». Входное напряжение, которое анализирует компаратор, может находиться как внутри «окна», так и выходить за его пределы. При этом генерируется прерывание, соответствующее определенному событию. Режимы работы компаратора, а также выбор сценария, по которому генерируется событие или прерывание, можно задать с помощью программирования перечисленных выше регистров.

В зависимости от модели микроконтроллер RL78I1D имеет до четырех дифференциальных операционных усилителей (ОУ) с двумя входами и одним выходом. ОУ1 и ОУ3 внутренне подключены соответственно к положительным входам компараторов К1 и К0. Выходы всех ОУ могут быть использованы в качестве входной цепи АЦП. Подключение всех ОУ реализуется с помощью триггеров ELC для всех режимов работы микроконтроллера, включая режим STOP mode.

Интегрированные операционные усилители микропроцессора RL78/I1D могут работать в медленном режиме с низким энергопотреблением и в высокоскоростном режиме, обеспечивающем максимальную функциональность устройства. В режиме низкого энергопотребления операционный усилитель имеет ток стока (current drain) около 2,5 мкА в первом канале плюс примерно 2 мкА на каждый следующий канал при GBW, равном 40 кГц (произведение коэффициента усиления на полосу частот). В высокоскоростном режиме ток стока составляет 140 мкА на первом канале плюс 120 мкА на каждом последующем канале при GBW, равном 1,7 МГц.

Все модели микроконтроллера поддерживают полнофункциональный последовательный порт UART и 3-проводной последовательный порт CSI00, который может быть задействован в качестве упрощенного варианта I<sup>2</sup>C. Кроме того, модели 32-pin и 48-pin поддерживают второй порт CSI01, который также можно использовать в качестве I<sup>2</sup>C.

Контроллер событий (Event link controller — ELC) позволяет использовать сигналы управления от встроенных блоков периферии для активации различных блоков микроконтроллера без участия ЦПУ. Возможность управления периферией без привлечения ЦПУ сокращает время старта и энергопотребление.

Микроконтроллеры обладают встроенной памятью Flash, Data Flash, SRAM, все области которых занимают единое пространство на кристалле и имеют прямой доступ через специализированный контроллер.

Flash-память состоит из программируемой области (Application Section) и области загрузчика (Boot Loader Section).

Контроллер передачи данных (data transfer controller — DTC) передает данные между памятью без помощи ЦПУ. При этом контроллер DTC активируется периферийной функцией прерывания. Контроллер DTC и ЦПУ используют одну и ту же шину. Однако DTC имеет в данном случае приоритет по отношению к процессору. Кроме того, с помощью DTC можно организовать векторную пересылку данных по заранее запрограммированному пути.

Детектор уровня напряжения (Level Voltage Detector — LVD) сравнивает напряжения в различных точках и в случае необходимости вырабатывает сигнал на прерывание или перезагрузку микроконтроллера.

Блок сравнения данных (data operation circuit — DOC) предназначен для сравнения, арифметического сложения и вычитания 16-разрядных данных, в результате чего генерируется прерывание. Сигнал прерывания генерируется, например, в случае если результат операции больше, чем FFFFH, или меньше, чем 0000H.

Блок регулятора постоянного напряжения предназначен для стабилизации напряжения питания.

В зависимости от модели все таймеры и контроллеры интервалов имеют 8- или 16-разрядную структуру. Основная задача этих блоков заключается в формировании интервалов времени, сигналов заданной частоты, измерения временных параметров цифровых сигналов, синхронизации с системой событий.

Сторожевой таймер (WDT) предназначен для контроля сбоев в работе микроконтроллера. При правильной работе WDT сбрасывается после отработки каждого цикла. Длительность циклов задается программно. В том случае когда не происходит автоматический сброс WDT, микроконтроллер перезагружается.

Часы реального времени (RTC) продолжают работу в режимах пониженного энергопотребления и выводят микроконтроллер в нормальный режим при наступлении соответствующего события. В качестве сигнала пробуждения может быть использован либо внешний сигнал, либо сигнал таймера.

Технические характеристики различных модификаций микроконтроллера RL78/I1D приведены в таблице 2.

Весьма подробное техническое описание микроконтроллера RL78I1D приведено в документе [1]. Ключевые функции серии RL78 суммированы в брошюре [2].

Микроконтроллер RL78/I1D можно запрограммировать с использованием набора ПО, разработанного Renesas, который содержит генераторы кодов, компиляторы и утилиты для программирования флэш-памяти. Возможны два типа программирования микроконтроллеров Renesas. В одном случае микроконтроллер подключается к ПК, в который загружена отладочная программа.

К компьютеру плату с микроконтроллером можно подключить с помощью отладочного средства Renesas E1 через стандартный разъем USB. С микроконтроллером этот аппаратный отладчик соединяется по линиям VDD, RESET, TOOL0, VSS. Устройство Renesas E1 поставляется дополнительно, индекс для заказа с европейского склада — R0E000010KCE00. Кроме того, для подключения к ПК можно использовать более функциональный отладочный эмулятор с функциями программирования E20.

Существуют и автономные программаторы, например PG-FP5, позволяющие запрограммировать микроконтроллер без использования ПК.

Для разработки изделий на базе микроконтроллера выпускается базовая модификация отладочной платы RTE5117GC0TGB00000R, содержащая RL78/I1D, посадочное место для разъемов под выводы микроконтроллера и интерфейс для подключения отладочного эмулятора с функциями программирования E1.

Следует обратить внимание на последнюю версию компилятора, в которой устранены все ранее выявленные недостатки [3].

Программное обеспечение Renesas Flash Programmer — RFP позволяет загружать программы непосредственно в однокристалльные микроконтроллеры производства Renesas Electronics, имеющие встроенную флэш-память. Подробно работа с программатором RL78/I1D описана в руководстве пользователя [4, 5].

В документе [6] рассмотрены функции ЦПУ, его команды и инструкции по программированию.

В качестве генератора программных кодов можно использовать отдельную программу Applilet или Renesas Code Generator. Последняя является составной частью интегрированной среды разработки, которая называется Renesas eclipse embedded studio, ее часто именуют e<sup>2</sup> studio. Это полностью законченное ПО, созданное на базе Eclipse CDT, предназначено для разработки и компиляции программ микроконтроллеров Renesas. Оно также содержит генератор кодов и ориентировано, прежде всего, на разработчиков, использующих C++ [8].

Таблица 2. Технические характеристики различных модификаций микроконтроллера RL78/I1D

| Корпус (количество выводов)                   | 20 выводов  | 24 вывода   | 30 выводов  | 32 вывода   | 48 выводов  |
|---|---|---|---|---|---|
| Внутрифирменное наименование                  | R5F11768  | R5F11778  | R5F117A8  | R5F117BA  | R5F117GA  |
|   | R5F1176A  | R5F1177A  | R5F117AA  | R5F117BC  | R5F117GC  |
| Flash-память инструкций                       | 8–16 кбайт  |   | 8–32 кбайт  | 16–32 кбайт   |   |
| Flash-память данных                           |   |   | 2 кбайт   |   |   |
| Память RAM                                    | 0,7–2 кбайт   |   | 0,7–3 кбайт   | 2–3 кбайт   |   |
| Основная системная тактовая частота           | X1, вход основной тактовой частоты (EXCLK)  |   |   |   |   |
|   | 1–20 МГц; V <sub>DD</sub> = 2,7–3,6 В; 1–8 МГц; V <sub>DD</sub> = 1,8–2,7 В; 1–4 МГц; V <sub>DD</sub> = 1,6–1,8 В   |   |   |   |   |
|   | HS (высокоскоростной режим): 1–24 МГц (V <sub>DD</sub> = 2,7–3,6 В)   |   |   |   |   |
|   | LS (низкоскоростной, энергосберегающий режим): 1–8 МГц (V <sub>DD</sub> = 1,8–3,6 В)                                |   |   |   |   |
| Средняя тактовая частота базового чипа, 4 МГц | LV (режим пониженного напряжения): 1–4 МГц (V <sub>DD</sub> = 1,6–3,6 В)  |   |   |   |   |
|   | LP (режим пониженной мощности): 1 МГц (V <sub>DD</sub> = 1,8–3,6 В)   |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   |   |
| Несущая тактовая частота                      | Тактовый генератор подсистемы (f <sub>SX</sub> , f <sub>SXR</sub> )   |   | XT1<br>32,768 кГц (тип.); V <sub>DD</sub> = 1,6–3,6 В   |   |   |
|   | Назвчастотный тактовый генератор (f <sub>IL</sub> )   |   | 15 кГц (тип.); V <sub>DD</sub> = 1,6–3,6 В  |   |   |
| Пользовательские входы/выводы I/O             | Всего   | 14  | 18  | 24  | 42  |
|   | CMOS I/O  | 11  | 15  | 19  | 21  |
|   | CMOS I  | 3   | 3   | 5   | 5   |
|   | ODO (N-ch open drain выход)   |   |   |   | 4   |
| Таймер  | 16-разрядный таймер   | 4 канала  |   |   |   |
|   | Сторожевой таймер   | 1 канал   |   |   |   |
|   | Часы реального времени  | 1 канал   |   |   |   |
|   | Вывод часов реального времени   | 1 канал<br>1 Гц: подсистемы, часы реального времени RTC; f <sub>SX</sub> : 32,768 кГц |   |   |   |
|   | 8/16-разрядный таймер интервалов  | 4 канала (8-бит)/2 канала (16-бит)  |   |   |   |
|   | Выводы таймера  | 2   | 4   | 3   | 4   |
| Выходы синхронизации/ выходы зумера           | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   |
|   | 2,44, 4,88, 9,76 кГц, 1,25, 2,5, 5, 10 МГц (основная системная синхронизация; f <sub>MAIN</sub> = 20 МГц operation) |   | 2,44, 4,88, 9,76 кГц, 1,25, 2,5, 5, 10 МГц (основная системная синхронизация; f <sub>MAIN</sub> = 20 МГц), 256 Гц, 512 Гц, 1,024, 2,048, 4,096, 8,192, 16,384, 32,768 кГц (генератор подсистемы и RTC; f <sub>SXR</sub> = 32,768 кГц) |   |   |
| 12-разрядный АЦП                              | 6 каналов   |   | 12 каналов  | 17 каналов  |   |
| Компаратор                                    | 2 канала (Режим Window)   |   |   |   |   |
| Операционный усилитель                        | 2 канала  |   | 4 канала  |   |   |
| Функция коррективы данных (DOC)               | Сравнение, добавление, объединение 16-разрядных данных  |   |   |   |   |
| Последовательный интерфейс                    | CSI: 1 канал, UART: 1 канал, упрощенный I <sup>2</sup> C: 1 канал   | CSI: 2 канала, UART: 1 канал, упрощенный I <sup>2</sup> C: 2 канала                   | CSI: 1 канал, UART: 1 канал, упрощенный I <sup>2</sup> C: 1 канал   | CSI: 2 канала, UART: 1 канал, упрощенный I <sup>2</sup> C: 2 канала | CSI: 2 канала, UART: 1 канал, упрощенный I <sup>2</sup> C: 2 канала |
| Контроллер передачи данных (DTC)              | 16 каналов  | 20 каналов  | 19 каналов  | 20 каналов  | 23 канала   |
| Контроллер событий (ELC)                      | Вход: 13  |   |   |   |   |
|   | Триггерное переключение<br>Выход: 5   |   |   |   |   |
| Прерывания I/O                                | Внутренние  | 22  |   | 24  |   |
|   | Внешние   | 3   |   | 5   |   |
| Прерывания INTKR                              | –   | 3   | –   | 3   | 4   |
| Удаленное включение/ выключение               | Включение   | 1,51 В  |   |   |   |
|   | Выключение  | 1,51 В  |   |   |   |
| Детектор уровня напряжения                    | Включение   | 1,67–3,13 В (12 ступеней)   |   |   |   |
|   | Выключение  | 1,63–3,06 В (12 ступеней)   |   |   |   |
| Функция отладки                               | Отладка на кристалле до трассировки   |   |   |   |   |
| Напряжение питания                            | V <sub>DD</sub> : 1,6–3,6 В   |   |   |   |   |
| Интервал рабочих температур                   | –40...+105 °C   |   |   |   |   |

Кроме ПО Renesas, программировать микроконтроллеры серии RL78 можно и с помощью платформы IAR's Embedded Workbench Kickstart Edition — RL78. Фирма IAR Systems является ведущим мировым независимым разработчиком программных платформ для микроконтроллеров. Начиная с 1983 года и по настоящее время IAR поддерживает продукцию большинства ведущих производителей микроконтроллерной техники. Фирма имеет глобальную систему технической поддержки и большой опыт работы с микроконтроллерами Renesas.

Многофункциональная среда разработки IAR's Embedded Workbench Kickstart позволяет создавать приложения на языках C, C++ и ассемблере, а также содержит набор отладочных утилит, которые поддерживают все микроконтроллеры производства Renesas, включая модели с ARM ядром [9].

Подробнее об этой программной платформе будет рассказано далее.

Микроконтроллеры RL78/I1D имеют все необходимые международные сертификаты, информация о которых содержится в документе [10].

*Продолжение следует*

## Литература

1. RL78/I1D, 16-Bit Single-Chip Microcontrollers User's Manual: Hardware, Rev. 2.0, 2015.
2. Renesas MPUs & MCUs RL78 Family, R01CP0003E.
3. RL78 Compiler CC — RL V1.01.00, Feb 2015.
4. Renesas Flash Programmer. V2.0, Flash memory programming software, User's Manual.
5. PG-FP5 Flash Memory Programmer User's Manual, R20UT0008E.
6. RL78 Family User's Manual Software, R01US0015E.
7. CS+ Code Generator Integrated Development Environment, User's Manual: Peripheral Function Operation, Target Device: RL78 Family, RX Family.
8. e<sup>2</sup> studio Integrated Development Environment User's Manual: Getting Started Guide.
9. [www.iar.com/renesas](http://www.iar.com/renesas)
10. [www.renesas.eu/products/mpumcu/rl78/rl78i1x/rl78i1d/index.jsp](http://www.renesas.eu/products/mpumcu/rl78/rl78i1x/rl78i1d/index.jsp)