

8-разрядные микроконтроллеры Renesas серии H8/300L Super Low Power

для применения в электронных счетчиках

Недавно образованная компания Renesas предлагает микроконтроллеры серии H8/300L Super Low Power для устройств со сверхнизким энергопотреблением.

Дмитрий Чоловский

dmitry_tcholovsky@macroteam.ru

1 апреля 2003 года полупроводниковые производства компаний Hitachi и Mitsubishi Electric были объединены в единую компанию Renesas. Основой бизнеса является производство микроконтроллеров с разрядностью от 4 до 32. Целью объединения компаний было:

- Увеличение производства микросхем с большой степенью интеграции.
- Снижение затрат на разработку новых изделий.
- Выход на лидирующие позиции в производстве компонентов для сотовых сетей, автомобилей и бытовых цифровых устройств.

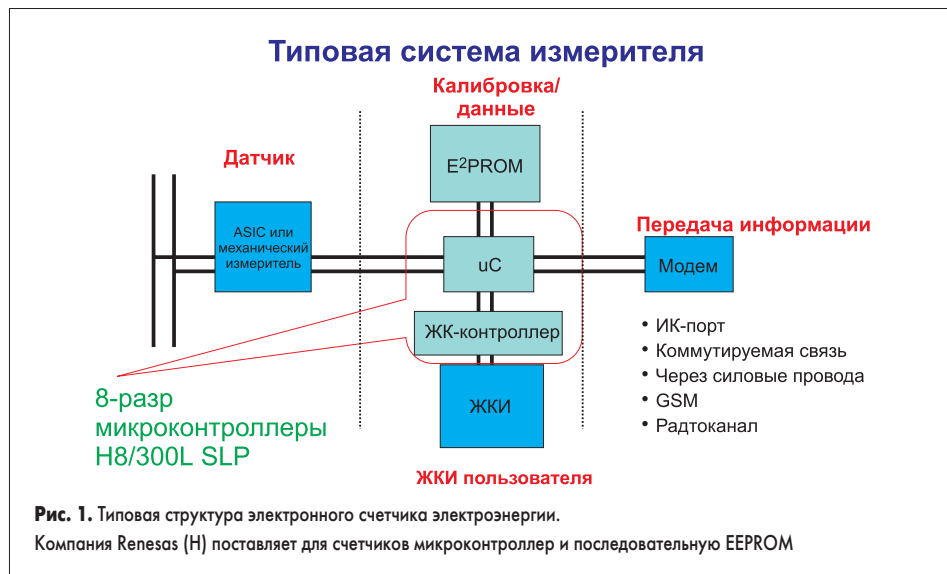
В новую компанию перешли только полупроводниковые производства компаний за исключением подразделений, выпускающих DRAM. За рамками компании Renesas остались производство ЖК-дисплеев, которое осталось в Hitachi (подразделение «Дисплеи»), производство силовых модулей (производства остались как в прежней компании Hitachi (подразделение «Силовые компоненты»), так и в Mitsubishi), а также производство уси-

лительных RF-модулей, которое присутствовало в прежней компании Mitsubishi. Таким образом, в Renesas из материнских компаний были перемещены только полупроводниковые производства, не требующие использования каких-либо дополнительных гибридных технологий. Это объединение позволяет новой компании сфокусироваться только на выпуске микроконтроллеров, схем памяти, логических микросхем, аналоговых и дискретных компонентов общего назначения и сразу же занять лидирующие позиции на рынке. По данным аналитической компании Dataquest, объединенная компания Renesas должна стать производителем полупроводников № 2 в мире, уступая только такому монстру, как Intel, а также должна стать производителем № 1 микроконтроллеров для промышленного применения. Вклад Hitachi в новую компанию составляет 55% против 45% у Mitsubishi.

В дальнейшем в статье будет использовано обозначение Renesas (H) для разработок, которые были выполнены инженерами бывшей компании Hitachi,

Таблица 1. Обзор микроконтроллеров Renesas серии H8/300L SLP

	H8/3887	H8/3867	H8/3847	H8/3827	H8/3847R	H8/3827R	H8/38024	H8/3802
Ядро	6 МГц H8/300L	6 МГц H8/300L	6 МГц H8/300L	6 МГц H8/300L	16 МГц H8/300L	16 МГц H8/300L	16 МГц H8/300L	16 МГц H8/300L
Flash	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	H8/38004F*	H838024F
OTP	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
ROM	60–16 кбайт	60–16 кбайт	60–16 кбайт	60–16 кбайт	60–16 кбайт	60–16 кбайт	16–8 кбайт	32–8 кбайт
SRAM	1–2 кбайт	1–2 кбайт	1–2 кбайт	1–2 кбайт	1–2 кбайт	1–2 кбайт	512–1 кбайт	512–1 кбайт
ЖК-контроллер	40×4	32×4	40×4	32×4	40×4	32×4	25×4	32×4
Источник питания для ЖКИ	Да	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
16-разр. таймер	1	1	1	1	1	1	1	1
8-разр. таймер	3	3	3	3	3	3	1	3
Асинхронный таймер	1	1	1	1	1	1	1	1
Сторожевой таймер	1	1	1	1	1	1	0	1
USART	2	2	2	2	2	2	1	1
Последовательный интерфейс	1	0	1	0	1	0	0	0
АЦП	12 каналов×10-разр.	8 каналов×10-разр.	12 каналов×10-разр.	8 каналов×10-разр.	12 каналов×10-разр.	8 каналов×10-разр.	4 каналов×10-разр.	8 каналов×10-разр.
Порты ввода-вывода	84	64	84	64	84	64	50	66
Корпус	100 выводов	80 выводов	100 выводов	80 выводов	100 выводов	80 выводов	64 выводов	80 выводов



но сейчас предлагаются покупателям под маркой и от имени компании Renesas.

Компания Renesas (H) разработала серию микроконтроллеров H8/300L SLP (Super Low Power) специально для новейших микропроцессорных систем, где требуется сверхнизкое энергопотребление. В настоящее время существует более 100 представителей этого семейства, которые предлагаются потребителям с различными типами ПЗУ, разными объемами ОЗУ, периферийных модулей, а также типов корпусов (табл. 1).

Основными областями применения микроконтроллеров семейства H8/300L SLP являются системы, где важна длительность работы системы и индикатора от автономного или ограниченного по мощности источника питания. В частности, такими системами являются:

- автоответчики;
- регистраторы данных;
- пожарные и охранные системы;
- датчики потока;
- электронные однофазные и трехфазные счетчики электроэнергии;
- медицинское диагностическое оборудование: измерители давления, измерители уровня сахара в крови, датчики сердечного ритма;
- телеметрическое оборудование.

В настоящее время в Европе микроконтроллеры серии H8/300L SLP уже используются в таких приложениях, как электронные счетчики электроэнергии (рис. 1), воды, газа, а также в медицинском оборудовании. Компания Renesas с этой серией микроконтроллеров смогла занять около 70% европейского рынка электрических счетчиков. Успех связан в первую очередь с великолепным набором характеристик, идеально подходящим для электронных счетчиков. Основой микроконтроллера является высокопроизводительное ядро H8, в контроллер встроена вся необходимая для счетчиков периферия, включая драйвер ЖК-дисплея, часы реального времени и специализированный асинхронный счетчик. Также микроконтроллеры характеризуются сверхнизким энергопотреблением, множеством энергосберегающих режимов и широким диапазоном рабо-

чего напряжения: от 1,8 до 5,5 В. По словам производителя, энергии типовой для счетчиков батареи питания емкостью 1400мА·ч должно хватить более чем на 9 лет автономной работы. Это стало возможным благодаря встроенной функции быстрого запуска осциллятора, за счет чего существенно снижены ненужные потери электроэнергии при переходных процессах.

Для быстреего внедрения в производство электронных счетчиков на базе микроконтроллеров H8/300L Super Low Power производитель предлагает базовые эталонные платформы (рис. 2 и 3), а также полный комплект документации, включающий в себя принципиальную схему, исходные коды программ на языке C и т. д. Документация становится доступна заказчиком после подписания договора о неразглашении информации третьим лицам.



Рис. 2. Эталонная платформа однофазного многотарифного счетчика электроэнергии



Рис. 3. Эталонная платформа измерителя сахара в крови

Несколько слов об архитектуре микроконтроллеров и их периферии. Микроконтроллеры семейства H8/300L SLP имеют общее для всех 8-разрядных микроконтроллеров Renesas (H) 8/16-разрядное ядро H8/300 и полностью совместимы по коду со всеми старшими членами семейств H8 компании Renesas (H). Полная программная совместимость дает пользователю возможность при необходимости легко перейти с 8-разрядного микроконтроллера на более передовой 16-разрядный (семейства H8/300H или H8S). Этот переход может быть необходим в дальнейшем, когда понадобится более производительный микроконтроллер с увеличенными объемами ОЗУ и ПЗУ. В случае такого перехода не возникнет необходимости снова разрабатывать систему, затрачивать средства на отладочные системы и т. д.

Как и во всех других микроконтроллерах Renesas (H), ядро микроконтроллеров семейства H8/300L SLP специально разработано для программирования на языках высокого уровня. Микроконтроллер обладает линейным адресным пространством с возможностью адресации до 64 К ячеек ПЗУ, а также регистрами общего назначения (РОН). РОН могут использоваться или как 8 16-разрядных регистров или как 16 8-разрядных регистров (рис. 4).

Ядро характеризуется следующими показателями производительности:

- все основные команды, к которым относятся и математические команды, выполняются за 2–4 такта;
- 8- или 16-разрядные операции по сложению или вычитанию «регистр-регистр» выполняются за 0,67 мкс (на тактовой частоте 3 МГц);
- умножение 8×8-бит: 4,67 мкс (на тактовой частоте 3 МГц);
- деление 16÷8-бит: 4,67 мкс (на тактовой частоте 3 МГц);

Все микроконтроллеры серии H8/300L SLP, за исключением новейшего H8/3802 и его клонов с flash-памятью H8/38004 и H8/38002, имеют очень близкий набор периферийных устройств.

Основные параметры микроконтроллеров:

- Напряжение питания — от 1,8 до 5,5 В.
- Встроенный в микроконтроллер драйвер ЖКИ (25×4, 32×4 или 40×4).
- Один 16-разрядный таймер.



Все РОН могут использоваться как для хранения данных, так и в качестве указателей на данные (адресные регистры). Регистр R7 обычно используют как указатель стека (SP), который аппаратно будет использоваться при вызове подпрограмм.

Регистры управления CPU включают в себя 16-разрядный счетчик программ и 8-разрядный регистр состояния кода.

Счетчик программ: этот 16-разрядный регистр содержит адрес следующей инструкции, которая будет выполняться. Все инструкции являются 16-битными в каждый момент времени. По этой причине младший разряд счетчика программ игнорируется (и всегда равен 0).

Регистр состояния кода: этот 8-разрядный регистр содержит информацию о внутреннем состоянии CPU. Информация этого регистра доступна для чтения и записи (команды LDC, STC, ANDC, ORC и XORC) и содержит бит разрешения прерываний (I), полупереноса (H), флаг отрицательного числа (N), нулевого результата (Z), переполнения (V) и переноса (C). Флаги N, Z, V, и C используются при операциях ветвления, когда переход зависит от значения полученного результата.

Бит 7: Бит разрешения прерываний (I). По умолчанию все прерывания запрещены и этот бит установлен. Бит доступен для чтения и записи.

Биты 6 и 4: Биты для пользователей (U). Могут свободно использоваться.

Бит 5: Флаг полупереноса (H). Если во время операций сложения и вычитания с учетом бита переноса или без учета, а также при выполнении команды сравнения произошел заем или перенос бита 3, то флаг устанавливается. Во всех других случаях бит сброшен.

Бит 3: Флаг отрицательного числа (N). Бит содержит в себе самый старший бит (знаковый бит) результата.

Бит 2: Флаг нулевого результата (Z). Бит устанавливается, если результатом инструкции был нуль. Во всех других случаях бит сброшен.

Бит 1: Флаг переполнения (V). Флаг устанавливается, когда в ходе выполнения программы произошло переполнение. Во всех других случаях бит сброшен.

Бит 0: Флаг переноса (C). Бит устанавливается, если был перенос, и сброшен во всех остальных случаях. Флаг используется при следующих операциях:

- инструкции сложения;
- инструкции вычитания;
- сдвиговые инструкции (для сохранения значения сдвинутого бита).

Флаг переноса также используется как битовый аккумулятор при выполнении команд работы с битами.

- Три 8-разрядных таймера (один в H8/3802 и клонах).
- Один сторожевой таймер (нет в H8/3802 и клонах).
- Один асинхронный таймер для подсчета внешних событий.
- Два USART (один в H8/3802 и клонах).
- Для реализации часов реального времени есть возможность подключения к МК второго кварца с частотами 32,768 кГц или 38,4 кГц.

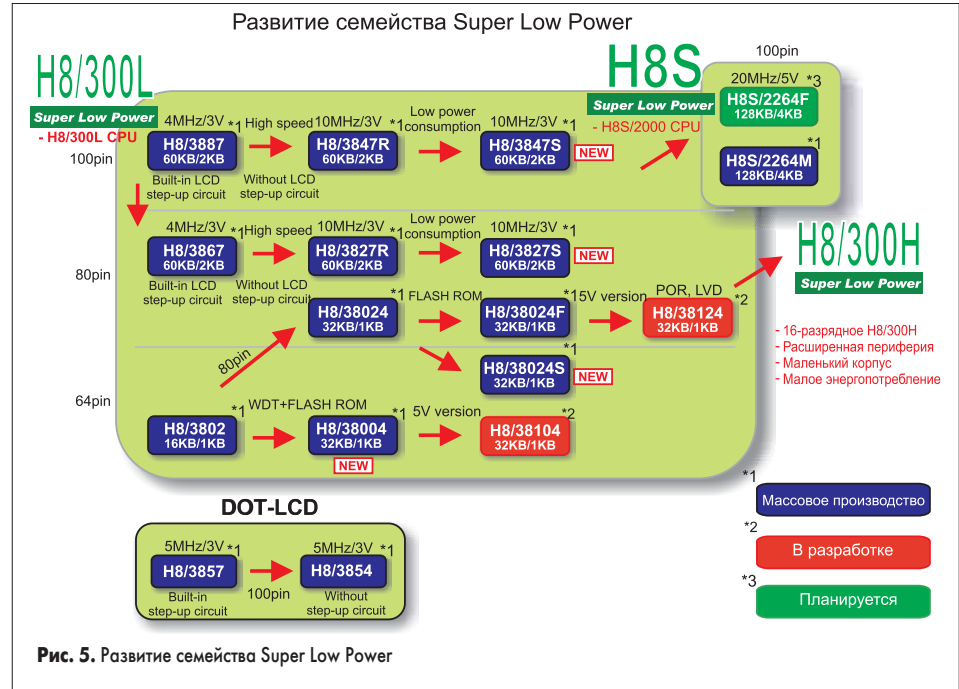


Рис. 5. Развитие семейства Super Low Power

- От 4 каналов АЦП для H8/3802 и его клонов до 10–12 каналов 10-разрядного АЦП со временем преобразования 15,5 мкс на канал при тактовой частоте 2 МГц.
- Встроенный в микроконтроллер H8/3802 и его клоны интерфейс E10T, предназначенный для внутрисхемной отладки и программирования. Данный интерфейс отсутствует у микроконтроллеров с OTP-ПЗУ.

В настоящее время производитель массово выпускает микроконтроллеры семейства H8/300L SLP первого поколения (см. рис. 5). Базовыми микроконтроллерами были H8/3887 и H8/3867, являющиеся наиболее высокотехнологичными изделиями. Оба этих микроконтроллера имеют на кристалле 5-В источник напряжения для нужд LCD-драйвера. Продолжением серии являются микроконтроллеры H8/3847 и H8/3827 полностью совместимы с вышеуказанными «соответственно» по выводам и программно, но являются более дешевыми по причине отсутствия некоторых особенностей. Все эти микроконтроллеры работают на максимальной частоте до 6 МГц.

H8/3847R и H8/3827R разработаны для приложений, где нужна более высокая производительность, но, в то же время, необходимо сверхнизкое потребление энергии. Эти микроконтроллеры также полностью совместимы по выводам с H8/3887 и H8/3867 соответственно. Кроме того, их максимальная тактовая частота составляет 16 МГц, и они не имеют встроенного источника напряжения для LCD-драйвера.

Самые младшие микроконтроллеры семейства H8/300L SLP H8/3802, H8/3802A, а также выпущенный на рынок в сентябре 2003 года микроконтроллер H8/38004 являются наиболее простыми и дешевыми. Кроме того, микроконтроллеры H8/38024 и H8/38004 в отличие от H8/3802, который предлагается с масочной или OTP-памятью, предлагаются также и с flash-ПЗУ (объем 32 кбайт). Микроконтроллеры также оснащены модулем E10T для внутрисхемной отладки и программирования, который поддерживается новейшими

существенно более дешевыми средствами отладки. Помимо внутрисхемной отладки интерфейс E10T позволяет производить внутрисхемное и внутрисистемное программирование и перепрограммирование. Это функция обычно очень востребована в приложениях, где необходимо периодическое обновление программного обеспечения (удаленная телеметрия, охранные системы и т. д.).

Все микроконтроллеры серии H8/300L Super Low Power имеют на кристалле встроенную цепь понижения напряжения до 1,5 В независимо от напряжения V_{cc}. Работа этого преобразователя разрешается и запрещается программно. Результатом работы этого понижающего преобразователя является сверхнизкое потребление тока независимо от напряжения V_{cc}, которое может находиться в диапазоне от 1,8 до 5,5 В. Рис. 6 поясняет влияние этого встроенного понижающего

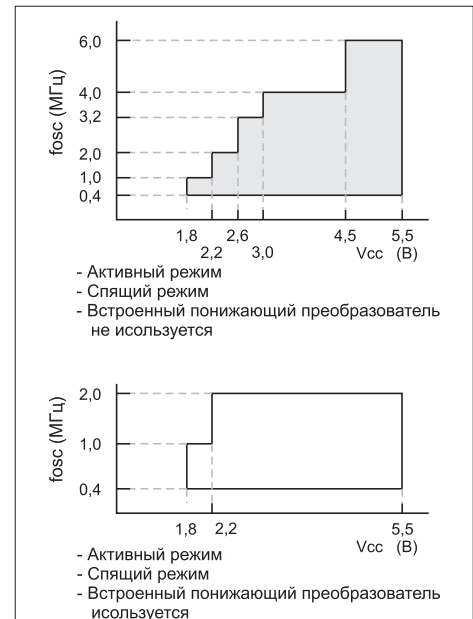


Рис. 6. Зависимость тактовой частоты микроконтроллеров на примере микроконтроллера H8/3867

Таблица 2. Значения потребления тока в зависимости от режима работы

Режим работы	Потребление тока		Микроконтроллер
Активный режим (стандартная частота)	4 мА типовое 0,7 мА типовое	6,5 мА максимум на 10 МГц, V _{cc} =5 В 1,0 мА максимум на 2 МГц, V _{cc} =5В	H8/3847R H8/3887
Активный режим (сниженная частота)	1,3 мА типовое 0,3 мА типовое	2,0 мА максимум на 10 МГц, V _{cc} =5 В 0,5 мА максимум на 2 МГц, V _{cc} =5В	H8/3847R H8/3887
Спящий режим	2,5 мА типовое 0,4 мА типовое	4,0 мА максимум на 10 МГц, V _{cc} =5В 0,6 мА максимум на 2 МГц, V _{cc} =5 В	H8/3847R H8/3887
Субактивный режим (ЖКИ включен)	15 мкА типовое	30 мкА максимум на 32 кГц, V _{cc} =2,7 В	
Субактивный режим	7,5 мкА типовое	16 мкА максимум на 32 кГц, V _{cc} =2,7 В	
Сторожевой режим	2,8 мкА типовое	6 мкА максимум на 32 кГц, V _{cc} =2,7 В	
Режим ожидания	1,0 мкА типовое	5 мкА	

преобразователя, а также показывает зависимость максимальной тактовой частоты от напряжения питания.

Во время работы встроенного понижающего преобразователя такая частота микроконтроллера может составлять от 0,4 до 2 МГц при V_{cc} = 2,2...5,5 В и от 0,4 до 1 МГц при V_{cc} = 1,8... 2,2 В.

Работа понижающего преобразователя не влияет на работу встроенного LCD-контроллера, на работы источника питания для LCD или на работу АЦП. Для напряжений ниже 1,8 В или выше 5,5 В производитель не гарантирует правильность работы преобразователя. Типовые значения тока потребления для некоторых микроконтроллеров в зависимости от режима работы приведены в таблице 2.

Очень важным элементом в различных электронных счетчиках является асинхронный счетчик внешних событий. Разумеется, основной обязанностью асинхронного таймера, присутствующего в микроконтроллерах серии H8/300L SLP, является именно подсчет событий. Счетчик умеет производить подсчет внешних событий независимо от тактовой частоты и частоты делителя. Счетчик имеет 16-разрядную конфигурацию и может производить подсчет до 65536 внешних событий. Также асинхронный счетчик может быть сконфигурирован как 2 независимых 8-разрядных счетчика. Перегрузка и остановка счетчика происходит программно, в случае возникновения переполнения счетчика происходит автоматический вызов соответствующего прерывания, обслуживающего асинхронный счетчик. В случае, если в данный момент счетчик не используется, его можно программно отключить, дополнительно снизив энергопотребление микроконтроллера.

В качестве основного средства отладки микроконтроллеров с flash-памятью производитель предлагает универсальный внутрисхемный эмулятор E7 (название для заказа HS0007TCU01H). Этот эмулятор использует функции самого микроконтроллера, а именно встроенный в микроконтроллер интерфейс JTAG, который в настоящее время присутствует в 8-разрядных микроконтроллерах серии H8/300L Super Low Power, а также в 16-разрядных микроконтроллерах H8/300H Tiny. Как и всякий эмулятор реального времени, эмулятор E7 позволяет проводить трассировку в режиме реального времени, используя высокоскоростное соединение, а также проводить отладку и загрузку программ в память микроконтроллера.

К особенностям эмулятора относится следующее:

- простота соединения с компьютером через последовательный порт USB 2.0;
- возможность быстрой загрузки программ в память микроконтроллера (скорость передачи через USB — до 12 МБ/с);
- 255 программных точек останова, а также одна аппаратная точка останова;
- буфер трассировочного счетчика программ (до 4 ветвей);
- бесплатный C-компилятор, пригодный для использования с микроконтроллерами H8/300L Super Low Power и H8/300H Tiny;
- интегрированная среда разработки High-performance Embedded Workshop (HEW), включающая в себя отладчик, ассемблер и менеджер проектов
- генератор проектов, позволяющий создавать базовые программы инициализации микроконтроллера и создающий код на C;
- симулятор для программ, созданный для ядер H8.

Производитель также обеспечивает всех заказчиков бесплатной поддержкой и бесплатными новыми версиями программного обеспечения по мере их выхода в свет.

Эмулятор работает на компьютерах с операционными системами Microsoft Windows 98SE, 2000, ME и XP. Для работы необходима шина USB 2.0.

Входящая в комплект поставки среда разработки HEW является общей для всех микроконтроллеров 8-, 16- и 32-разрядных микроконтроллеров и микропроцессоров от Renesas (H). Среда является достаточно простой в обращении, обладая в тоже время большими возможностями. Бесплатную полнофункциональную среду отладки HEW версии 2.2 можно найти на сайте www.gnuh8.com. Там же можно найти бесплатные компиляторы для всех существующих в настоящее время микроконтроллеров

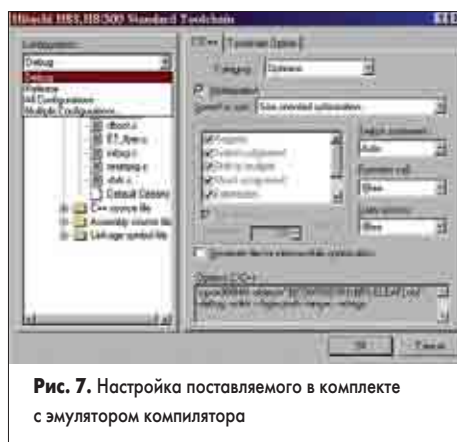


Рис. 7. Настройка поставляемого в комплекте с эмулятором компилятора

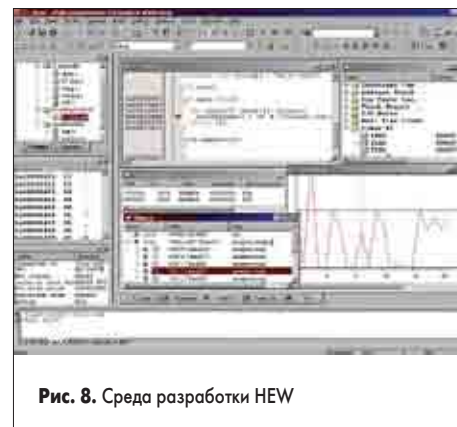


Рис. 8. Среда разработки HEW

производства Renesas (H) от стороннего производителя программного обеспечения KPT. Подключение того или иного компилятора производится через меню среды разработки, обеспечивая таким образом универсальность системы для всех микроконтроллеров производства Renesas (H).

В настоящее время эмулятор E7 поддерживает следующие типы микроконтроллеров:

- 8-разрядные МК серии H8/300L Super Low Power: 38024F, 38004F;
- 16-разрядные МК серии H8/300H Tiny: 3664F, 3664N, 3672F, 3670F, 3684F, 3687F, 3694F, 36014F, 36024F, 36037F, 36057F.

Производитель собирается и в дальнейшем изготавливать микроконтроллеры со встроенным отладочным интерфейсом E10T, что позволит использовать эмулятор E7 и с другими новейшими микроконтроллерами.

Более полную информацию о внутрисхемном эмуляторе E7 можно найти на сайте производителя по адресу <http://www.w.renesas.com/products/mpumcu/tool/e7>.