

# Микроконтроллер MDR32F9Q2I

## Часть 1. Первое знакомство с микроконтроллером и средствами разработки для него

Михаил Голубцов (Москва)

Цикл статей предназначен для тех читателей, которые хотят познакомиться с отечественным Cortex-M3 совместимым микроконтроллером и научиться его использовать в своих задачах. В этом цикле будут рассмотрены все основные аппаратные узлы микроконтроллера, а также их программирование. Будет представлена минимально необходимая информация для их практического освоения. В каждой статье будет приводиться пример практического применения на том или ином реальном примере, приведена схема и полный текст программы. С учётом того, что этот микроконтроллер ощутимо сложнее, чем, например, широко распространённая серия микроконтроллеров AVR, цикл статей может существенно снизить трудоёмкость освоения микроконтроллера.

Не секрет, что, по сравнению с импортными, выбор отечественных микроконтроллеров очень небольшой. При этом до недавнего времени практически все отечественные микроконтроллеры были ориентированы исключительно на применение в военных, космических и подобных им задачах. Микроконтроллеры для таких задач должны отвечать большому количеству повышенных требований. В первую очередь, это расширенный температурный диапазон, повышенная устойчивость к механическим воздействиям – ударам, вибрации, значительным ускорениям. Кроме того, во многих случаях требуется радиационная стойкость. Такие микроконтроллеры проходят достаточно много дорогостоящих испытаний. Так как задачи очень специфические и в большинстве случаев отсутствует серийное изготовление изделий на основе этих микросхем, часто микросхемы производятся в сравнительно небольших количествах. Всё это приводит к тому, что стоимость микросхем становится очень высокой. Так, например, стоимость отечественных микроконтроллеров может составлять от 3,5 до 10, а то и 15 тыс. руб. При этом по параметрам (кроме температурных параметров и параметров, относящихся к требованиям для 5 приёмки) эти микроконтроллеры часто соответствуют импортным стоимостью примерно от 50 до 300 руб.

Получается, что при разработке каких-либо изделий, не ориентирован-

ных на применение в заказах, где необходима специальная приёмка, – для атомной промышленности, космических аппаратов и т.д., – применение отечественных микроконтроллеров получается абсолютно нерентабельным. Поэтому, несмотря на призывы многих руководителей поддерживать отечественную электронику и использовать отечественные компоненты, можно с уверенностью утверждать, что в 99% случаев в проектах, не ориентированных на специальные применения, используются импортные микроконтроллеры.

Но сравнительно недавно одно из предприятий Зеленограда наладило производство отечественных микроконтроллеров индустриального исполнения не в металлокерамическом корпусе, а в пластиковом, типа LQFP. Он не ориентирован на применение в военных задачах, а поэтому проходит намного меньшее количество испытаний.

Основные параметры этого микроконтроллера:

- 32-разряда,
- ядро Cortex-M3,
- память программ 128 Кб,
- тактовая частота до 80 МГц.

Но самое главное – стоимость этого микроконтроллера, которая составляет 165 руб. Низкая стоимость наряду с достаточно неплохими параметрами делает этот микроконтроллер интересным для использования в отечественном оборудовании.

Для написания программ можно использовать традиционные средства разработки, применяемые для микроконтроллеров ARM. В широко распространённом компиляторе Keil этот микроконтроллер, начиная с версии 4.22, поддерживается производителем компилятора. После установки компилятора можно открыть пример программы для этого микроконтроллера. Для занесения прошивки в Flash-память программ и для отладки можно использовать отладчик MT-Link.

Далее мы познакомимся с последовательностью действий, необходимых для создания проекта, его настройки, набора простой программы и занесения её в микроконтроллер. Также познакомимся с базовыми возможностями отладки программы в среде Keil. Для этого мы будем пользоваться отладочной платой, предлагаемой производителем микроконтроллера, для которой в компиляторе Keil имеется готовый пример программы.

Отладочный комплект представляет собой печатную плату, на которой имеется:

- микроконтроллер MDR32F9Q2I в панели;
- разъёмы для подключения отладчика;
- три микропереключателя, определяющих режим работы микроконтроллера после подачи питания;
- разъём для подключения карты памяти microSD;
- разъём USB;
- три разъёма с выведенными на них входом АЦП, выходом ЦАП и входом компаратора;
- разъём Audio jack для подключения наушников;
- микросхема формирователя CAN и разъём DB9, на который выведены его выводы;
- микросхема формирователя RS232 и разъём DB9, на который выведены его выводы;
- батарейка для питания подсистемы часов реального времени микроконтроллера;
- монохромный графический индикатор с разрешением 128 × 64 точки

- шесть кнопок, подключенных к портам ввода/вывода;
- кнопка, подключенная к входу Reset микроконтроллера.

Для того чтобы познакомиться с применением микроконтроллера в среде компилятора Keil, следует скачать ознакомительную версию компилятора на сайте [www.keil.com](http://www.keil.com). Для этого на сайте нужно выбрать версию компилятора для работы с микроконтроллерами ARM. Для получения ссылки для скачивания необходимо заполнить небольшую анкету. Ознакомительную версию компилятора можно скачать бесплатно. Разумеется, её возможности урезаны по сравнению с коммерческой, но этих возможностей вполне достаточно для того, чтобы познакомиться с микроконтроллером и сделать несложные программы для него. Ограничения заключаются в размере программы – не более 32 Кб.

После скачивания компилятора необходимо установить его на компьютере. Для этого запускаем исполняемый файл. Путь установки оставляем тот, который предлагается установщиком. В окне *Customer information* совсем не обязательно вводить реальные данные,

можно заполнить произвольными значениями. После того как установщик скопирует файлы на жёсткий диск, появится окно *File Installation Completed*. В нём следует установить галочку напротив надписи *Add example projects to the recently used project list* и выбрать из выпадающего списка пример программы для отладочной платы от «Миландр»: *Milandr Board*. На этом установка компилятора завершена.

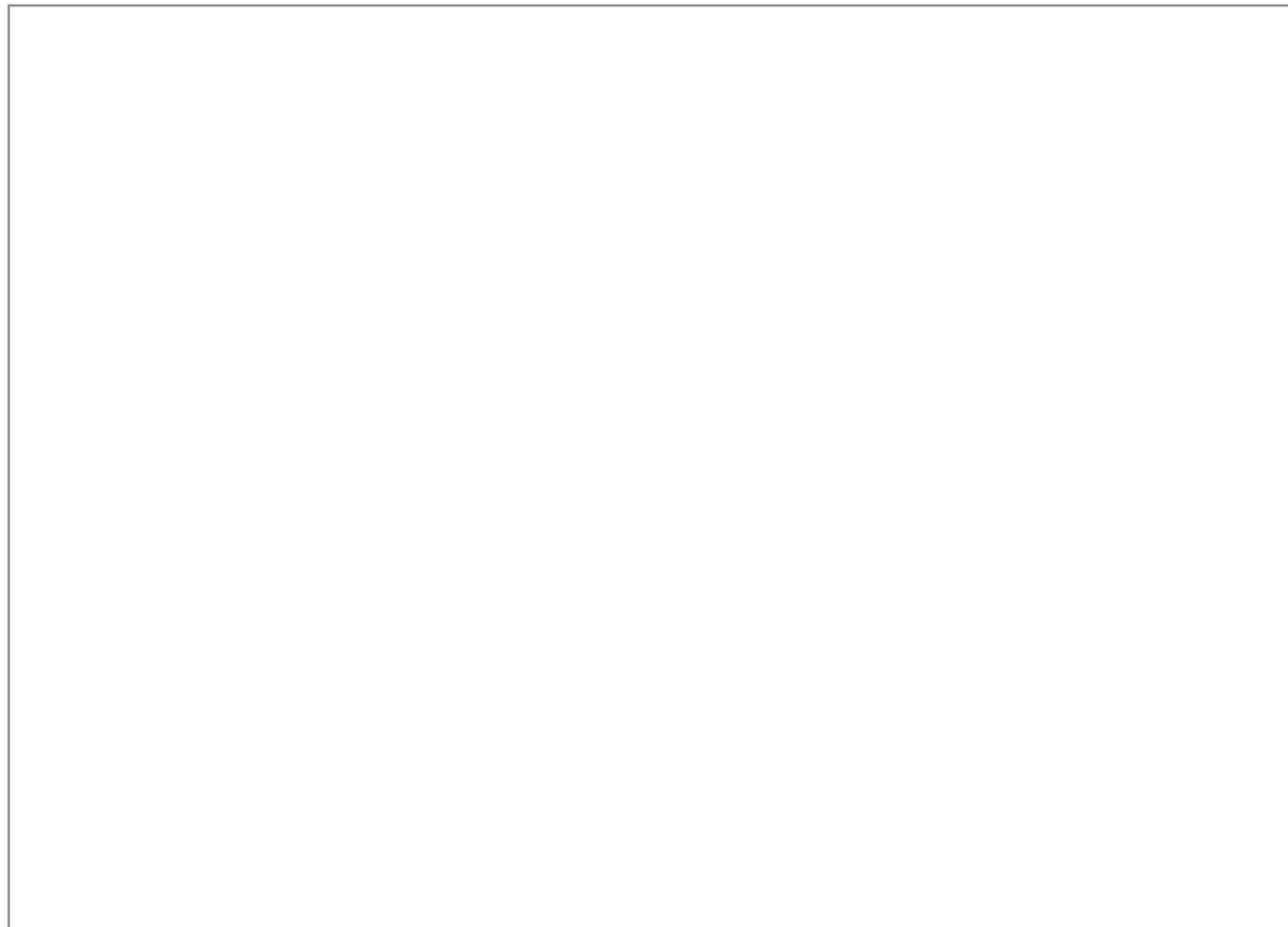
Для работы с отладчиком следует установить для него драйвер. Как уже говорилось, мы будем пользоваться отладчиком MT-Link. Подключим его к USB-порту компьютера (подключать его к отладочной плате пока не надо). Windows обнаружит новое устройство и откроет окно для поиска драйвера для него. На вопрос, разрешить ли Windows самостоятельно найти драйверы в Интернете, следует выбрать вариант «Нет, не в этот раз». В следующем окне выбираем вариант «Установка из указанного места». Теперь укажем расположение драйвера для отладчика. Если путь установки компилятора тот, что был предложен программой установки, то путь к файлам драйвера C:\Keil\ARM\Segger\USB Driver\x86.

После нажатия кнопки «Далее» процесс установки драйвера отладчика будет завершён.

После установки драйвера для отладчика можно приступить к экспериментам с отладочной платой. Поставьте три микропереключателя режима загрузки в положение 0 0 0, что соответствует работе с отладчиком, подключенным к разъёму JTAG-V. Подключите блок питания к отладочной плате. Подключите отладчик к разъёму JTAG-V на плате и к разъёму USB компьютера. Запустите Keil.

Если при установке была поставлена галочка, включающая пример программы для микроконтроллера «Миландр» как «последний использованный», то после запуска Keil в нём откроется этот пример. Если этого не произошло, откройте его самостоятельно. Пример находится в папке: C:\Keil\ARM\Boards\Milandr\MCU\_1986VE92U\Blinky.

Перед началом работы с проектом следует указать компилятору тип используемого отладчика и указать алгоритм программирования для памяти программ. Для этого выполним *Flash > Configure Flash Tools*. Появится окно



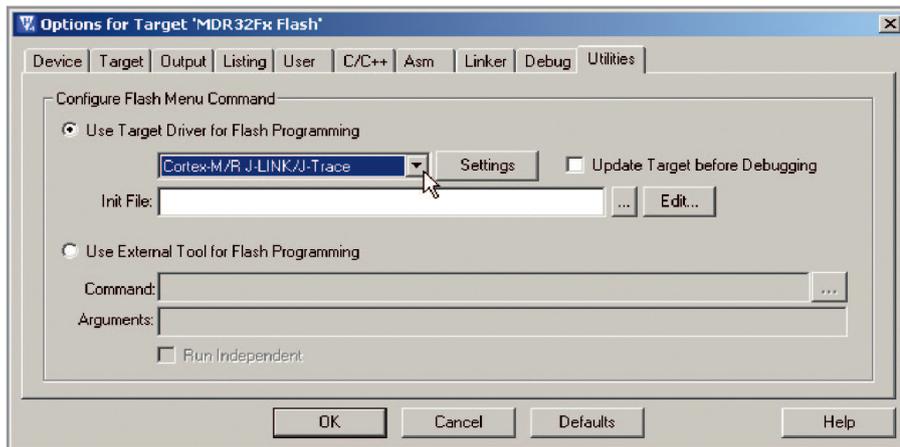


Рис. 1. Выбор типа отладчика для программирования

*Configure for target 'MDR32Fx Flash'*. В нём следует выбрать вкладку *Utilities*. Там надо указать тип отладчика в соответствии с рис. 1.

Теперь в этом же окне надо нажать кнопку *Settings*. Откроется окно (см. рис. 2), где нужно задать алгоритм программирования Flash. Для этого следует нажать кнопку *Add* и выбрать из предоставленного компилятором списка названия нужного нам процессора.

Мы настроили опции для прошивки программы в Flash-память микроконтроллера. Но надо настроить ещё опции для отладки программы. Для этого снова выполним *Flash > Configure Flash Tools*. Но на этот раз нужно выбрать вкладку *Debug* и на ней указать тип используемого отладчика (см. рис. 3).

Теперь, если нажать кнопку *Settings*, должно открыться окно настроек отладчика.

Если прошивка имеющегося у вас отладчика не последней версии, то Keil

может предложить её обновить. Если не позволить ему это сделать, работать он будет, но практически на каждое действие будет снова выдаваться предложение обновить прошивку, что очень неудобно. Если позволить, он самостоятельно обновит прошивку. Важно в течение процесса обновления не выключать питание и не отсоединять отладчик от компьютера и отладочной платы. Если аппаратная версия отладчика не самая новая, появится предупреждение об этом. Дело в том, что некоторые возможности для отладки в новых версиях отладчика реализованы аппаратно, а в том отладчике, который подключен в данный момент, – нет, и эти возможности будут реализованы программно. Так как тут уже ничего не обновить, имеет смысл поставить галочку, чтобы это предупреждение не выводилось повторно.

После этих предупреждений (или сразу, если их не было) мы должны

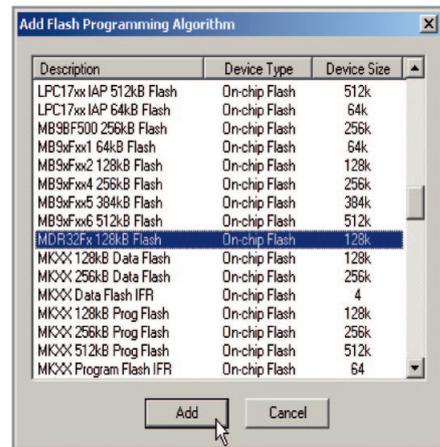


Рис. 2. Выбор типа процессора

увидеть окно, подобное показанному на рис. 4. По его содержимому мы можем увидеть, всё ли у нас получилось, – должен отобразиться серийный номер отладчика, номер версии его аппаратуры и номер прошивки. Увидеть, обнаружен ли микроконтроллер, можно, посмотрев JTAG Device Chain. Если там ничего нет – микроконтроллер не обнаружен. Если обнаружен, можно нажимать OK и приступать к работе.

Напомню, у нас уже открыт пример проекта для нашего микроконтроллера и мы только что настроили опции для отладки и программирования. Откомпилируем проект. Для этого выполним *Project > Rebuild All Target File*. В нижней части окна компилятора, под текстом программы, имеется окно сообщений. В случае удачной компиляции в нём должно отобразиться сообщение «0 Error(s)». Если имеются ошибки, они будут перечислены в этом окне. Дважды кликая мышкой по названиям ошибок, можно открывать в окне с программой то место, где эта ошибка обнаружена.

Для прошивки программы в Flash-память микроконтроллера необходимо выполнить *Flash > Download*. После этого следует нажать на кнопку *Reset* или снять и повторно подать напряжение питания на отладочную плату для запуска прошитой программы.

Для пошаговой отладки программы следует выполнить *Debug > Start/Stop Debug Session*. После этого станут доступны команды отладки. Все они располагаются в меню *Debug*. Основные из них: запустить программу, выполнить одну команду программы (сделать шаг), установить или снять точку останова, остановить выполнение программы. При этом по исходному тексту программы перемещается выделенная другим цветом линия, благо-

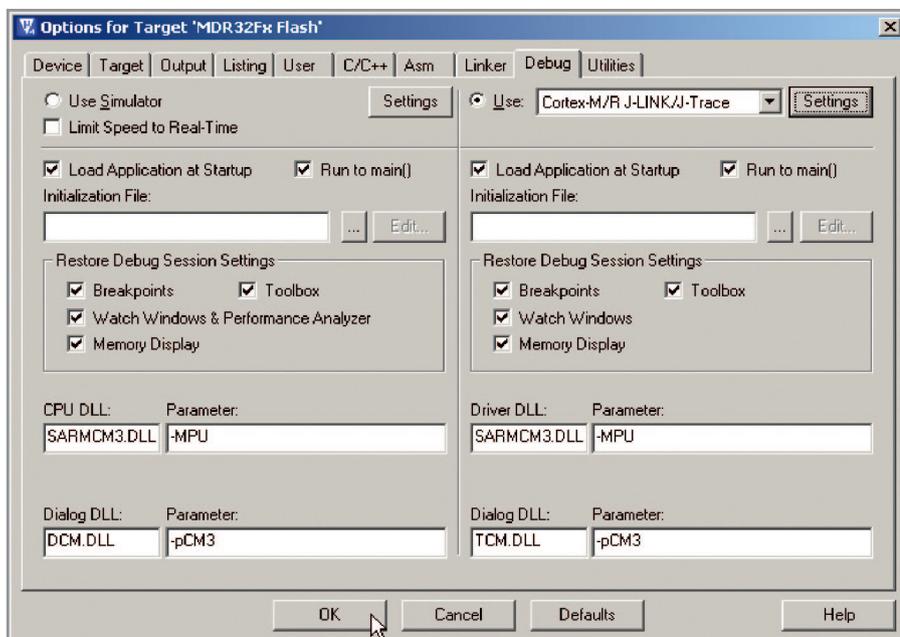


Рис. 3. Выбор типа отладчика для пошагового выполнения программы

даря которой можно видеть, какая команда программы выполняется в данный момент (рис. 5).

Несколько важных замечаний.

Обратите внимание, что у микроконтроллера имеется два порта для подключения отладчика: А и В. Это сделано из-за того, что выводы для подключения отладчика совмещены с выводами различных встроенных в микроконтроллер устройств. В зависимости от того, какие из них используются в том или ином проекте, выбирается тот вариант подключения отладчика, который позволит не занимать его разъёмом нужные для конструкции выводы микроконтроллера. Производители микроконтроллера рекомендуют подключать отладчик только к плате, на которую уже подано напряжение питания.

Если в программе настроить для работы на выход один или несколько выводов, используемых для подключения отладчика, его работа станет невозможной. В таком случае можно использовать другой разъём для отладчика, если он имеется в целевой схеме. Но если таким образом «выведены из строя» оба разъёма для отладчика, то ни один из них не станет работать. При этом в нижнем окне появляется сообщение о том, что микроконтроллер не обнаружен.

Для решения этой проблемы есть несколько простых путей:

- установить микропереключатели режима загрузки в положение 1 1 0 – режим загрузки по UART – и, пользуясь переходником RS232-UART или USB-UART (в комплект отладочной платы не входят), прошить в микроконтроллер программу, которая не использует выводы, задействованные отладчиком, после чего снова появится возможность использовать отладчик;
- установить микропереключатели режима загрузки в положение 0 1 1 – режим загрузки из внешней микросхемы памяти и отладки по JTAG-V (в этом микроконтроллере такой режим не используется – не все выводы выведены из кристалла; в варианте микроконтроллера с большим числом выводов имеется возможность выполнения программы из внешней микросхемы памяти). После снятия и повторной подачи напряжения питания микроконтроллер попытается выполнить программу из внешней микросхемы памяти. Разумеется, он её не обнаружит, и при этом не-

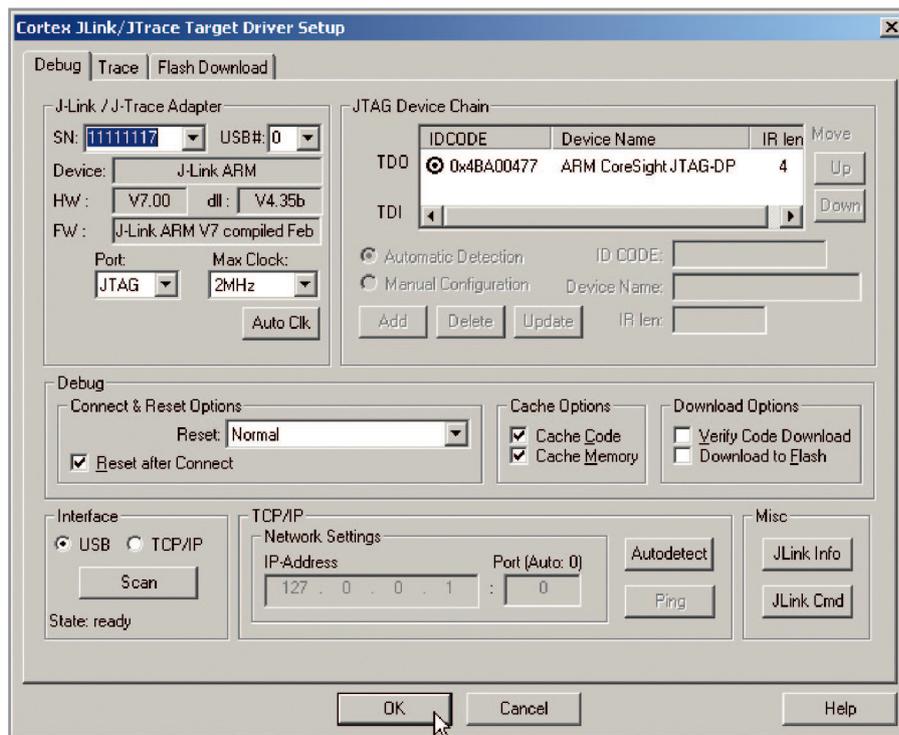


Рис. 4. Окно настроек отладчика

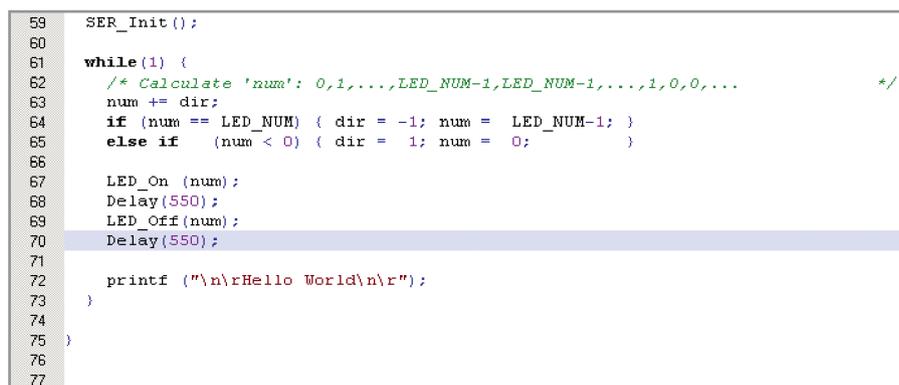


Рис. 5. Окно программы при отладке

прерывно будет происходить исключение «неверная команда». В таком состоянии зашитая в микроконтроллер программа пользователя не выполняется, и, соответственно, ничто не мешает использовать разъём JTAG-V для стирания неудачной программы;

- на время отладки программы ввести в неё паузу длительностью 5...10 с перед тем, как будут настраиваться порты ввода/вывода. Это позволит в случае ошибочной настройки выводов, используемых отладчиком на вывод, не потерять возможности стереть программу и записать новую – в течение этой паузы после нажатия на кнопку сброса отладчик будет работать, так как порты в этот момент ещё не настроены на выход;
- на время отладки программы ввести в неё настройку одного вывода порта, к которому подключена кнопка и

ожидание нажатия на эту кнопку. И только после того как будет обнаружено нажатие на эту кнопку, происходит настройка всех остальных портов ввода/вывода и начинается выполнение программы. Соответственно, до нажатия на эту кнопку выходы портов ещё не настроены и отладчик будет работать независимо от того, есть ли в программе ошибочные настройки портов (мешающие отладчику) или нет.

В заключение можно сказать, что появление этого микроконтроллера можно рассматривать как своего рода «революцию», которая позволит создавать конкурентоспособные электронные изделия на отечественной элементной базе. И это не просто микроконтроллер в пластиковом корпусе, он при этом полностью соответствует уровню аналогичных импортных микроконтроллеров.