

## Программно-аппаратные средства разработки и отладки приложений для микроконтроллеров серии 1886

Андрей АНДРЕЕВ  
Сергей ШУМИЛИН

В статье приводится обзор новых программных и аппаратных средств разработки и отладки приложений для микроконтроллеров специального назначения серии 1886, а также основные возможности новой интегрированной среды разработки IDE 1886. Отображены основные аспекты работы с аппаратными эмуляторами и отладки приложений непосредственно на микросхемах в составе аппаратуры.

Российская компания ЗАО «ПКК МИЛАНДР», специализирующаяся на разработке электронной элементной базы для военной техники, в настоящее время предлагает широкий спектр серийно выпускаемых цифро-аналоговых микросхем с приемкой «5», таких как схемы памяти, приемопередатчики различных интерфейсов, регуляторы напряжения, синтезаторы частот. Одним из основных направлений в деятель-

ности компании является разработка и развитие серийно выпускаемых 8-разрядных микроконтроллеров серии 1886. Основные технические характеристики микроконтроллеров приведены в таблице.

Серьезное внимание компания уделяет разработке программно-аппаратных средств отладки приложений для микроконтроллеров. В настоящее время уже разработаны аппаратные эмуляторы микроконтроллеров, демон-

страционные отладочные платы, среда разработки и отладки программ Debug1886, а также утилита программирования внутренней памяти программ микросхем.

Аппаратные эмуляторы выполнены на базе ПЛИС, где реализована цифровая часть микроконтроллера (рис. 1), с помощью дополнительной мезонинной платы реализуется аналоговое окружение микроконтроллера. Для отладки приложений на аппаратном эму-

Таблица. Основные технические характеристики микроконтроллеров серии 1886

Параметр	1886BE1	1886BE2	1886BE3	1886BE4	1886BE5	1886BE6	1886BE7
Ядро	RISC 8 бит	RISC 8 бит	RISC 8 бит	RISC 8 бит	RISC 8 бит	RISC 8 бит	RISC 8 бит
Умножение аппаратное	8×8	8×8	8×8	8×8	8×8	8×8	8×8
Тактовая частота/производительность	33 МГц/8 MIPS	33 МГц/8 MIPS	33 МГц/8 MIPS	33 МГц/8 MIPS	40 МГц/10 MIPS	40 МГц/10 MIPS	40 МГц/10 MIPS
Питание ядра, В	4,5–5,5	4,5–5,5	4,5–5,5	4,5–5,5	3,0–5,5	3,0–5,5	3,0–5,5
Питание портов, В	–	–	3,0–5,5	3,0–5,5	–	–	–
Память программ	Mask ROM 32К×16	Flash 32К×16 Mask ROM 256×16	Flash 32К×16 Mask ROM 256×16	Flash 32К×16 Mask ROM 256×16	EEPROM 4К×16 Mask ROM 2К×16	EEPROM 4К×16 Mask ROM 2К×16	EEPROM 2К×16 Mask ROM 2К×16
ОЗУ	902	902	902	902	902	902	128
Память данных	–	–	EEPROM 256×8	EEPROM 256×8	EEPROM 256×8	EEPROM 256×8	EEPROM 256×8
Таймеры	4	4	1	1	3	3	1
Схема захвата	4	4	–	–	2	2	–
ШИМ	3	3	–	–	2	2	–
АЦП	12 каналов/ 10 разрядов	12 каналов/ 10 разрядов	–	–	8 каналов/ 10 разрядов	8 каналов/ 12 разрядов	–
ЦАП	–	–	–	–	–	12 разрядов	–
Компаратор	–	–	–	–	–	1	–
USART	2	2	1	1	1+LIN	1+LIN	1+LIN
SPI	1	1	–	1	–	1	–
I <sup>2</sup> C	1	1	–	–	–	–	–
USB	–	–	2 точки	4 точки	–	–	–
CAN	–	–	–	–	6 буферов RX/TX	–	–
Спец. возможности	–	–	Блок поддержки ГОСТ 28147-89	–	–	–	–
Встроенный регулятор напряжения	–	–	На 3,3 В до 40 мА	На 3,3 В до 40 мА	–	–	На 5 В до 20 мА
Диапазон рабочих температур, °С	–60...85	–60...85	–60...85	–60...85	–60...125	–60...125	–60...125
Тип корпуса	H18-64	H18-64	H16-48	H16-48	H14-42	H14-42	Не определен
Статус	Серийные поставки	Серийные поставки	Серийные поставки	Серийные поставки	Образцы	В разработке	В разработке

ляторе в схему микроконтроллера дополнительно интегрирован отладочный модуль, который расположен между процессорным ядром и памятью программ таким образом, чтобы «перехватывать» любое обращение в память программ (рис. 2).

В пошаговом режиме отладки перехватываются все обращения. Адреса обращений передаются в ПК, где в соответствии с кодом программы обратно в аппаратный эмулятор возвращается соответствующий машинный код операции. Кроме того, эмулятор может работать и в режиме реального времени. В этом случае код программы полностью загружается в память программ, модуль отладчика перехватывает только обращения по заранее заданным адресам остановки (breakpoints). Для того чтобы отладчик мог отобразить состояние внутренних регистров и ОЗУ, после перехвата он выполняет небольшую программу по сохранению контекста микроконтроллера, выгрузке необходимой информации и восстановлению контекста для дальнейшего выполнения программы. Этот процесс скрыт от пользователя.

Кроме аппаратных эмуляторов для каждого микроконтроллера разработаны демонстрационно-отладочные наборы (рис. 3).

Набор содержит демонстрационно-отладочную плату с контактирующим устройством для установки микроконтроллера, программатор, необходимые источники питания и диск с программным обеспечением, включающим исходные коды нескольких демонстрационных программ. На плате в зависимости от типа микроконтроллера реализованы дополнительные элементы, например интерфейсы RS-232, светодиодные индикаторы, клавиатуры и монтажное поле, где разработчик может реализовать свою часть схемы.

Начиная с микроконтроллеров 1886BE5 в схему процессорного ядра введен специальный блок внутрисхемной отладки, позволяющий проводить отладку приложений непосредственно на микроконтроллере в составе разработанной аппаратуры (рис. 4). В этом режиме перехват хода выполнения программы производится непосредственно самим ядром микроконтроллера при достижении счетчиком команд заранее заданного адреса.

После этого генерируется прерывание, которое передает управление подпрограмме отладки, передающей отладчику всю необходимую информацию о состоянии микроконтроллера. После чего задается следующий адрес перехвата и управление возвращается основной программе. Обмен информацией с отладчиком может осуществляться через любой интерфейс микроконтроллера, в качестве основного в среде разработки предлагается интерфейс стандартного программатора. Программа может выполняться как в пошаговом режиме, так и в режиме реального времени с остановкой по заданному адресу.

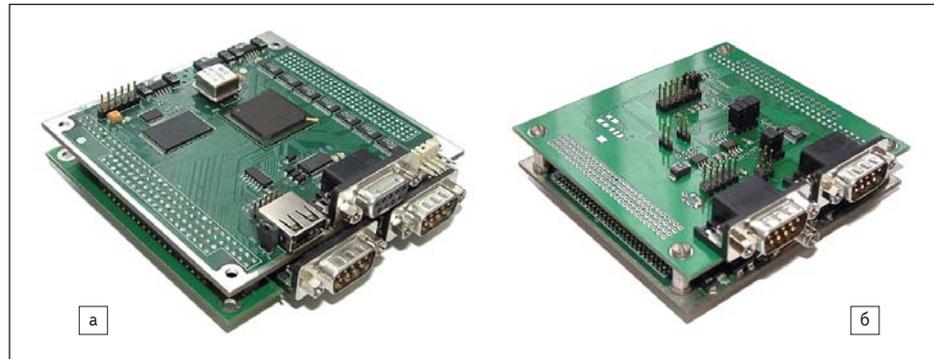


Рис. 1. Аппаратные эмуляторы: а) 1886BE2; б) 1886BE5

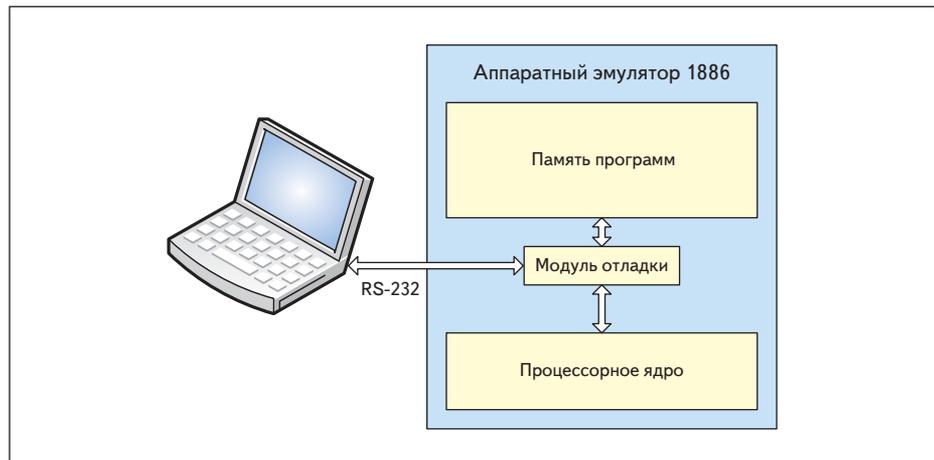


Рис. 2. Отладка приложений на аппаратном эмуляторе

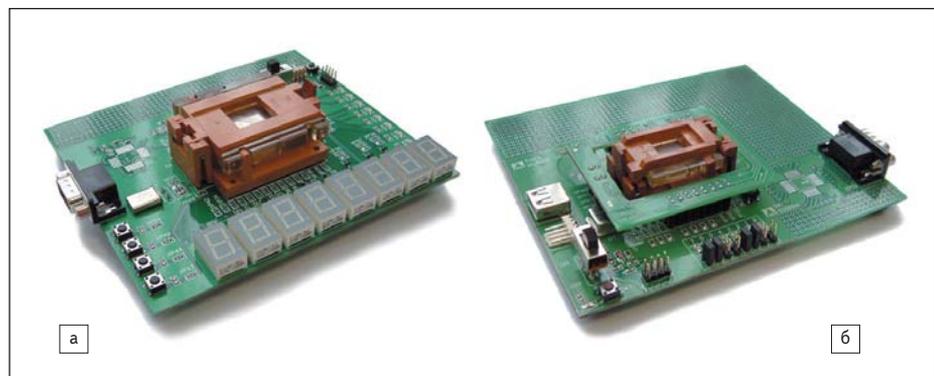


Рис. 3. Демонстрационно-отладочные платы: а) 1886BE2; б) 1886BE3

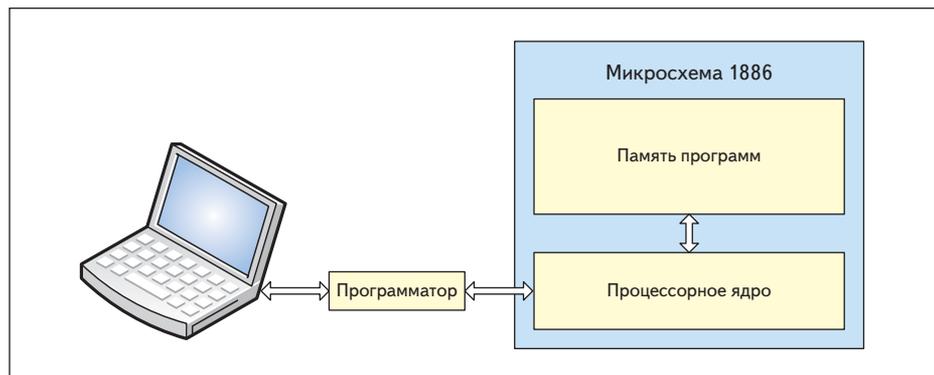


Рис. 4. Отладка приложений на микросхеме в составе аппаратуры

В связи с новыми требованиями по разработке и отладке приложений на языке высокого уровня «С» к выпуску готовится принципиально новая интегрированная среда разработки приложений для серии 1886 (рис. 5).

К основным преимуществам следующей версии среды разработки следует отнести возможность написания и отладки программ на языке высокого уровня «С» и полностью интегрированный в одной среде процесс разработки. Среда разработки представляет собой программный пакет для работы под ОС Windows и включает следующие основные подсистемы (рис. 6):

- **Редактор** — подсистема редактирования исходного кода. Редактор предназначен для создания, изменения, отображения исходного кода программ. Редактор автоматически проводит структурный разбор кода, выделяет ключевые слова, проводит форматирование и отслеживание пар скобок. Редактор позволяет работать с программным кодом, написанным на языке Си или ASM. При отладке приложений в редакторе выделяется выполняемая команда. Также в редакторе можно устанавливать точки останова.
- **Отладчик** — подсистема отладки приложений. Отладчик позволяет выполнять разработываемую программу в пошаговом режиме с отслеживанием состояния внутренних регистров микроконтроллера.
- **Средства программирования** — подсистема программирования микроконтроллеров. Позволяет проводить программирование внутренней памяти микроконтроллеров.
- **Менеджер проекта** — подсистема управления процессом разработки. Менеджер отслеживает состояние всего проекта, обеспечивает связь между различными подсистемами.

Среда разработки приложений на языке Си использует сторонние компиляторы. В настоящее время возможно использование двух компиляторов:

- HI-TECH PICC ANSI C Compiler компании HI-TECH Software;
- компилятор российской фирмы ЗАО «Интерстрон».

Серия микроконтроллеров 1886 совместима с микроконтроллерами PIC17xxxx фирмы Microchip. Поэтому для разработки могут использоваться программные средства, предназначенные для этих схем. Выбор компилятора HI-TECH был обусловлен открытой архитектурой его конфигурационного файла, описывающего структуру и основные характеристики микроконтроллеров, что позволило добавить микроконтроллеры серии 1886 в список поддерживаемых им кристаллов. Но, наряду с этим, ведется разработка собственного компилятора. Это обусловлено областями применения самих микроконтролле-

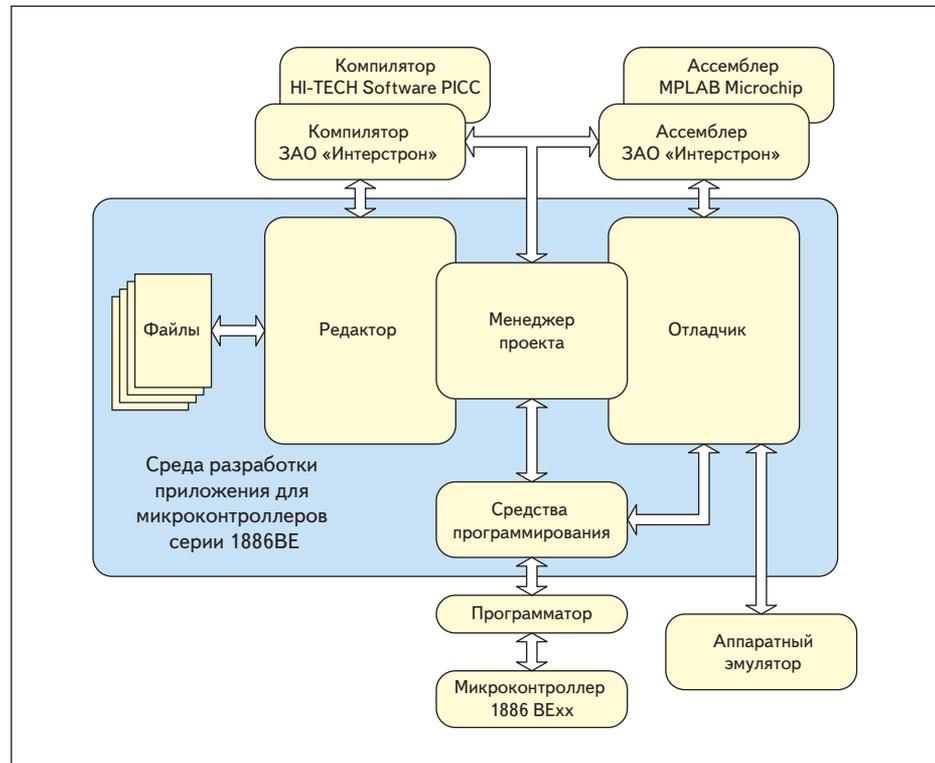


Рис. 5. Структура интегрированной среды разработки и отладки приложений для микроконтроллеров серии 1886BE

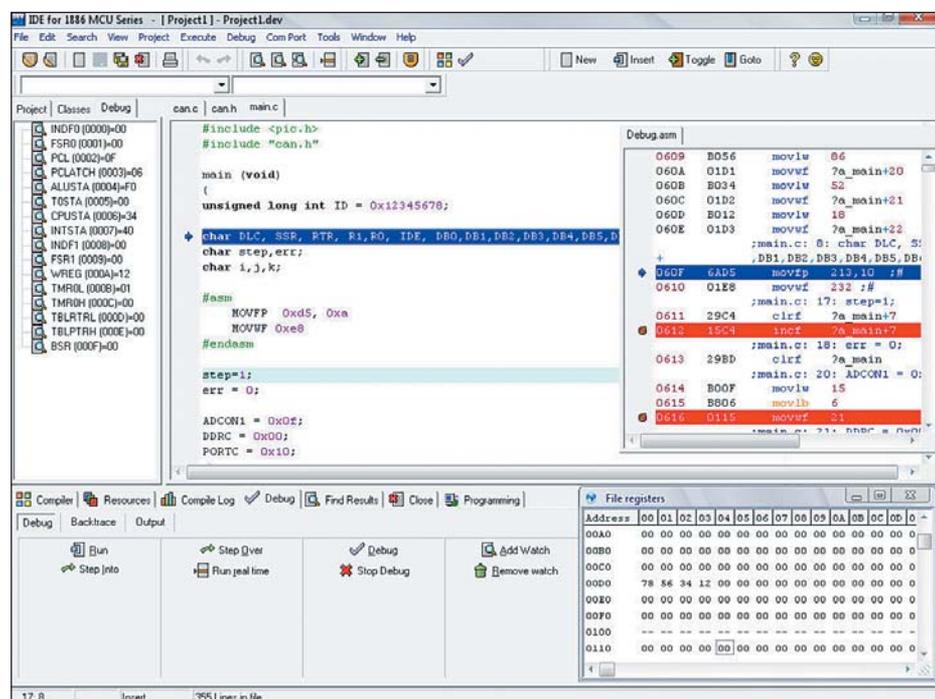


Рис. 6. Вид интегрированной среды разработки и отладки приложений для микроконтроллеров серии 1886

ров, так как в ряде случаев могут иметь место специальные требования не только к микросхемам, но и к программному обеспечению для данного микроконтроллера, исключающие какую-либо возможность внесения не документированных возможностей или «закладок».

Среда разработки реализована на базе проекта с открытым исходным кодом DevC++. Исходные коды этого проекта доступны в сети Интернет. На текущий момент интегрированная среда разработки приложений для микроконтроллеров 1886 проходит тестирование.