

Инструментарий JTAG для процессоров Intel: упрощение разработки встраиваемых приложений

Печатается с разрешения WIND RIVER (<http://www.windriver.com>)

Иоахим Хамп (Германия)

Перевод Николая Горбунова

В статье приведено описание программно-аппаратных решений и услуг компании Wind River в области внутрисхемной отладки. Указаны их преимущества для разработки встраиваемых систем на базе процессоров Intel. Рассмотрены JTAG-эмуляторы Wind River Probe и Wind River ICE 2, а также интегрированная среда разработки и отладки Wind River Workbench On-Chip Debugging.

С развитием полупроводниковых и программных технологий изменяются и методики разработки, анализа и тестирования встраиваемых приложений. Доступность многоядерных и многопоточных процессоров, поддерживающих их операционных систем (ОС) и технологий виртуализации открывает новые возможности создания надёжных высокопроизводительных продуктов, обладающих при этом малыми размерами, разумным энергопотреблением и низкой себестоимостью.

Отладка встраиваемых приложений традиционно требовала целого семейства аппаратных и программных средств: для «оживления» аппаратуры использовался JTAG-инструментарий, для разработки ПО – отладочные агенты. Компания Wind River в корне изменила подход к отладке сложных встраиваемых приложений, объединив традиционные JTAG-средства с диагностическими ме-

ханизмами операционной системы (ОС) и инструментами анализа и профилирования и значительно расширив функциональные возможности отладочного комплекса по сравнению с традиционным JTAG-инструментарием.

Комплекс внутрисхемной отладки Wind River (Wind River OCD) – это интегрированное отладочное решение, объединяющее высокопроизводительные JTAG-эмуляторы с Wind River Workbench – мощной программной средой разработки и отладки (IDE) на базе платформы Eclipse. Благодаря визуализации детальной картины взаимодействий между программными и аппаратными компонентами, комплекс позволяет сократить все фазы процесса разработки, включая «оживление» оборудования, разработку BIOS и начального загрузчика, адаптацию ОС, оптимизацию драйверов устройств и стабилизацию прикладного кода.

ИНСТРУМЕНТАРИЙ JTAG для ПРОЦЕССОРОВ INTEL

Начиная с процессора Intel Atom (см. рис. 1), компания Wind River добавила в свою линейку многоплатформенных отладочных комплексов поддержку штатной отладочной функциональности, предоставляемой 32-разрядными процессорами Intel. В ближайшие планы Wind River также входит реализация поддержки ряда процессоров из состава линеек Intel Core 2 и Intel Xeon.

Эмуляторы JTAG от Wind River (см. рис. 2) – портативный Wind River Probe и многопоточный/многоядерный Wind River ICE 2 – предоставляют прямой доступ для чтения и записи к функциональным элементам кристалла, включая внутренние и периферийные регистры, внутреннюю и флэш-память и т.п. В частности, с их помощью разработчики могут получить доступ к управляющим регистрам технологии Enhanced Intel SpeedStep, чтобы производить тонкую настройку процессора для достижения оптимального баланса между производительностью и энергопотреблением.

Интегрированная среда внутрисхемной отладки Wind River Workbench OCD оптимизирует труд разработчика за счёт сокращения рутинных операций цикла редактирование – компиляция – отладка. Индивидуальное представле-



Рис. 1. Процессор Intel Atom

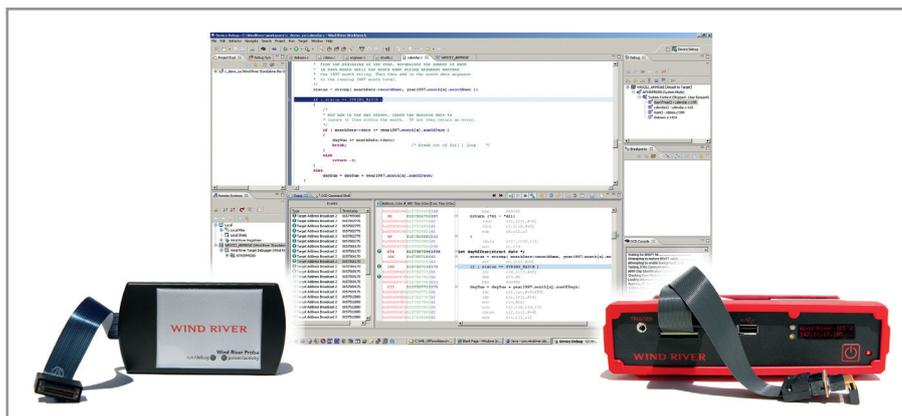


Рис. 2. Инструментарий внутрисхемной отладки Wind River OCD

ние вычислительных ядер и потоков Intel Hyper-Threading даёт возможность отслеживать состояние потоков и производить над ними операции параллельно и независимо друг от друга, а также управлять синхронизацией их выполнения. Более того, Workbench предоставляет единую среду разработки приложений для ОС VxWorks и Wind River Linux и позволяет одновременно производить отладку как при помощи JTAG-эмулятора, так и с использованием отладочных агентов.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СРЕДА WIND RIVER WORKBENCH OCD

Благодаря тому что среда Wind River Workbench OCD (см. рис. 3) основана на платформе Eclipse, её можно легко расширять с использованием сторонних плагинов Eclipse, как коммерческих, так и свободно распространяемых или разработанных самостоятельно. Например, можно добавить поддержку средств управления конфигурацией типа CVS или ClearCase, средств визуального UML-моделирования и генерации кода, инструментов статического анализа кода или средств симуляции/виртуализации. Это позволяет активно использовать инструментарий растущей экосистемы Eclipse и повышать эффективность взаимодействия разработчиков аппаратуры и программного обеспечения (ПО) за счёт использования единой среды, упрощающей совместное решение задач отладки специалистами разного профиля.

Централизованная проектно-ориентированная среда

Пакет программ Wind River Workbench предоставляет централизованную среду разработки, автоматизирующую процесс отладки и анализа. Лежащая в её основе проектно-ориентированная методология упрощает передачу задач между различными фазами проекта – от инициализации оборудования и написания микропрограмм до адаптации ОС и разработки прикладного кода.

Среда Workbench позволяет эффективно управлять проектами разработки как аппаратуры, так и ПО. Её гибкий интерфейс организации проекта даёт возможность настраивать представление данных в зависимости от типа проекта и характера выполняемой задачи. Для ускорения работы предусмотрен набор мастеров и утилит, которые проведут вас по процессу создания проекта.

Информация о файлах, входящих в состав проекта, задействованных целевых устройствах и выполняемых ими программах предоставляется Workbench в единой консоли. Поскольку различные стадии разработки требуют различных данных, вы можете создавать ваши собственные перспективы (см. рис. 4), предоставляющие только информацию, необходимую для решения конкретной задачи.

Перспектива внутрисхемного отладчика, предоставляемая в Workbench OCD «из коробки», является отправной

точкой для JTAG-отладки и содержит основные информационные элементы и задачи, связанные с этим процессом, например подключение к JTAG-эмуляторам Wind River.

Навигация в проекте

Реализованные в Workbench функции навигации (см. рис. 5) упрощают процесс работы с множеством проектов, помогая организовать все программные компоненты, входящие в состав проекта встраиваемого приложения, и эффективно ими управлять.

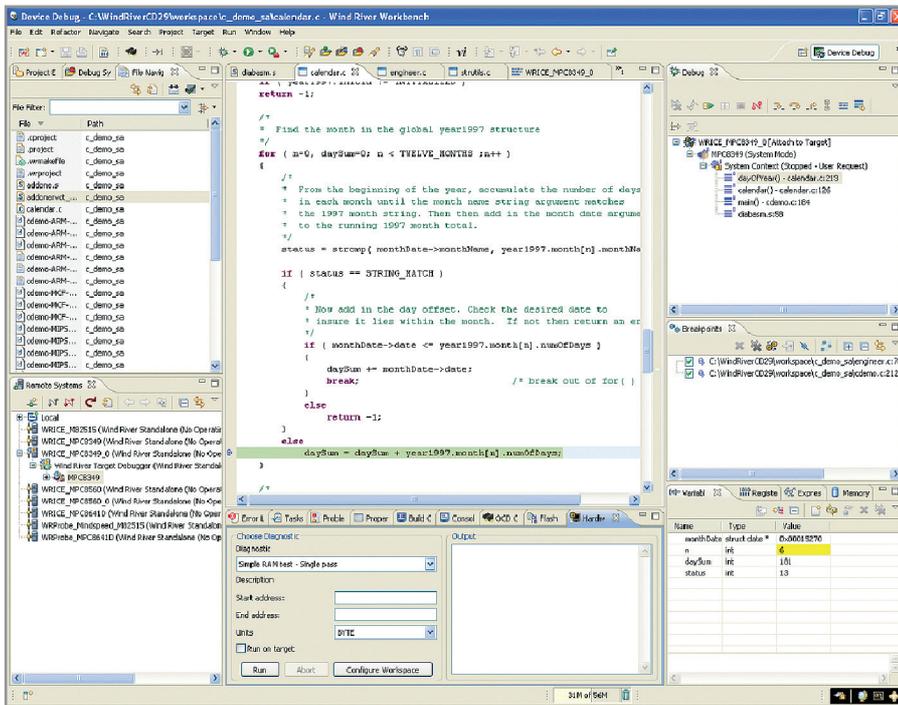


Рис. 3. Интегрированная среда Wind River Workbench OCD

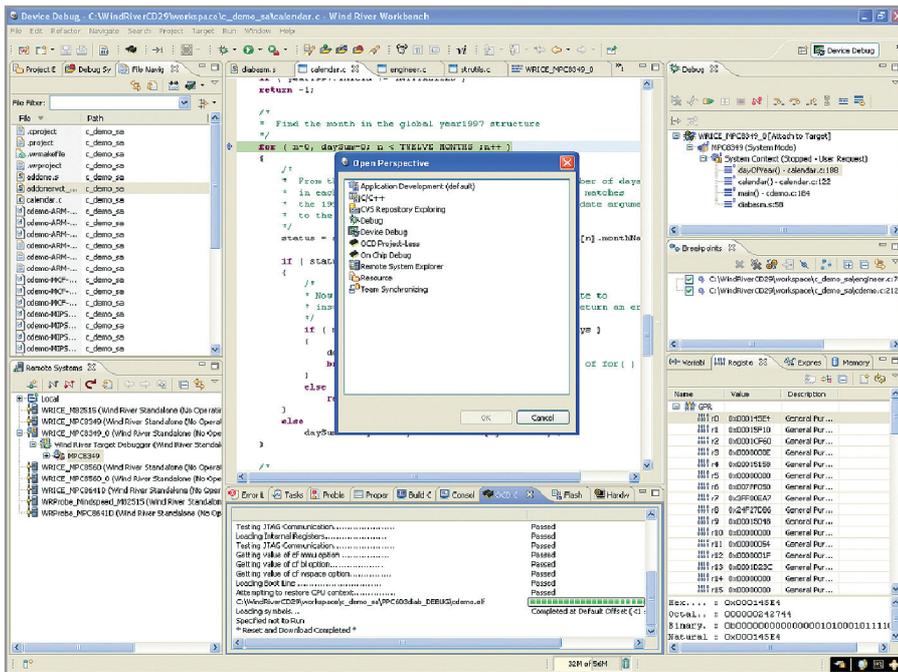


Рис. 4. Среда Workbench OCD позволяет задавать специализированные перспективы для конкретных задач

Более того, можно предоставлять доступ к созданным проектам другим членам команды, сокращая тем самым затраты времени на настройку и повышая эффективность работы. Сочетая отладку прикладного кода с внутрисхемной отладкой, также можно повысить эффективность взаимодействия разработчиков аппаратуры и ПО.

Интеграция с CVS позволяет видеть, когда разные разработчики модифицируют один и тот же код, и предотвращать тем самым конфликты редактирования. Файловый навигатор Work-

bench также позволяет быстро искать идентификаторы (названия переменных, функций и т.п.) по всем файлам, загруженным в рабочее пространство проекта, сокращая время переключения между необходимыми файлами.

Единая система компиляции

Система компиляции, реализованная в Workbench On-Chip Debugging, предоставляет все необходимые инструменты, возможности и параметры для управления процессом компиляции проекта – от глобальных установок до тонкой

настройки на уровне отдельных файлов. Использование единого централизованного решения для всего цикла редактирования, компиляции и отладки позволяет сэкономить время, которое обычно тратится на поддержку нескольких разрозненных инструментов.

Мощный редактор кода

В текстовом редакторе, входящем в состав Workbench On-Chip Debugging, реализованы самые передовые функции редактирования – от эмуляции vi до автоматического завершения кода (code completion), подсказки параметров функций и подсветки синтаксиса в исходных файлах, – что позволяет сократить цикл редактирование – компиляция – отладка и снизить количество ошибок. Редактор Workbench полностью интегрирован с системой управления проектами, системой компиляции, анализатором исходного текста и отладчиком, в результате чего можно легко переключаться между различными задачами, возникающими в процессе отладки программ в исходном тексте.

Редактор конфигураций JTAG

В дополнение к редактору исходных текстов, среда Workbench On-Chip Debugging содержит редактор конфигураций JTAG, предназначенный для редактирования файлов конфигурации целевого оборудования. Этот редактор позволяет подключать JTAG-эмулятор Wind River к платам, содержащим более одного устройства в цепочке сканирования. При этом устройства в цепочке представлены в виде диаграммы, что упрощает процесс редактирования файла конфигурации платы.

Когда в цепочку сканирования входят одно или два устройства, задать связи и конфигурации очень просто. Однако с увеличением числа устройств сложность резко возрастает, а с ней повышается и вероятность ошибки. Графическое представление позволяет вам легко разобраться и задать устройства, включаемые в цепочку, чтобы правильно настроить JTAG-эмулятор. Также эмулятору необходимо «знать», как адресовать устройства в цепочке сканирования, чтобы можно было работать только с выбранными устройствами, представляя остальные в «прозрачном» режиме (bypass mode). Редактор сохраняет эти настройки и затем загружает их в эмулятор.

Управление подключением и конфигурацией целевых систем

Среда Workbench On-Chip Debugging объединяет управление подключениями к целевому оборудованию и его конфигурацией в едином графическом представлении, устраняя необходимость в переключении между различными интерфейсами или ручной настройке соединений в командной строке. В качестве объектов соединения могут выступать вычислительные ядра, процессоры, процессы или симуляторы; можно даже поддерживать несколько соединений одновременно.

Управление стартом целевых систем

Утилита быстрого старта целевой системы (Quick Target Launch), включенная в состав Workbench On-Chip Debugging, основана на функции управления стартом, предоставляемой платформой Eclipse. Эта функция предназначена для упрощения процедуры запуска конкретной целевой системы в случае, если существует множество целевых систем и их возможных конфигураций. С помощью этой функции разработчик может выбирать требуемую стартовую последовательность (launch) либо подключаясь к уже запущенной целевой системе, либо начиная с полного перезапуска, мгновенно переходя, таким образом, к решению конкретных задач при необходимых начальных условиях.

Стартовые последовательности могут быть использованы для установления соединения с целевой системой, загрузки в неё образа ОС, загрузки отладочной информации в отладочный агент, выполнения сценариев, либо для выполнения всех этих задач в произвольном сочетании. Кроме того, стартовые последовательности можно объединять в группы, чтобы иметь возможность подключаться и загружать ПО в несколько процессоров или ядер одновременно.

Командная оболочка JTAG-эмулятора

Если вы предпочитаете интерфейс командной строки, вы можете работать с целевой системой через JTAG-эмулятор посредством командной строки. Командная оболочка со встроенной функцией журналирования позволяет производить тонкую настройку эмулятора и целевого оборудования. Вы также можете создавать низкоуров-

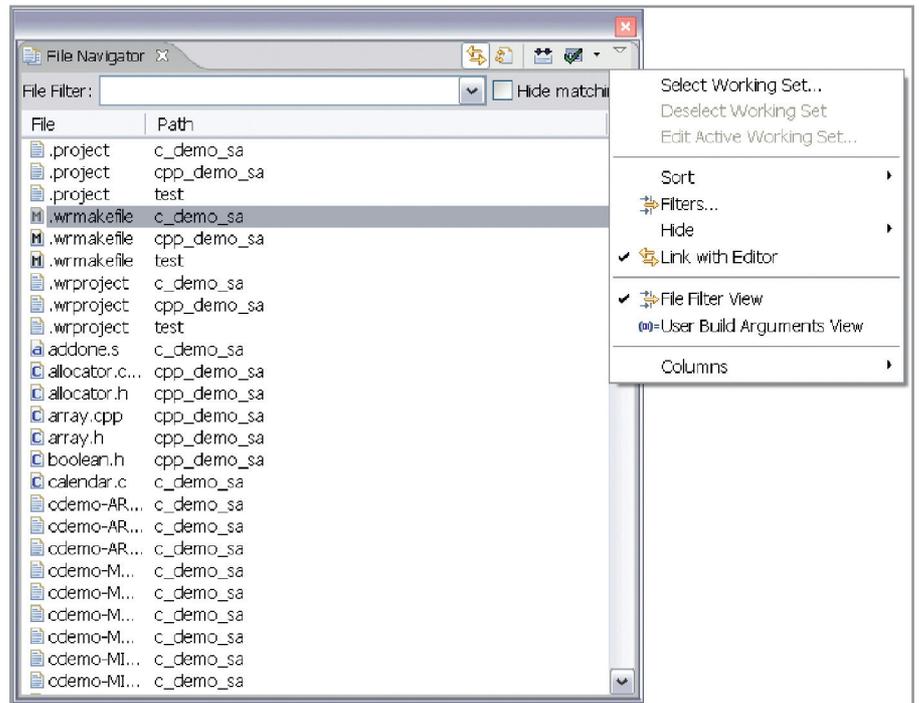


Рис. 5. Навигатор Workbench позволяет быстро искать идентификаторы

невые сценарии инициализации целевой системы и загрузки ПО, чтобы автоматизировать часто повторяющиеся задачи.

Командная оболочка используется для загрузки в эмулятор состояния регистров целевого оборудования и последующего выполнения низкоуровневых команд. Сессии командной оболочки можно записывать, сохранять в виде файлов и впоследствии выполнять как сценарии; поддерживается как запись в режиме «только команды»,

так и полная запись всей активности (вводимые команды и результаты их выполнения).

Консоль состояния целевой системы

В состав Workbench On-Chip Debugging также входит выделенная консоль, которая предоставляет информацию о состоянии JTAG-соединения и событиях, происходящих на целевой системе, чтобы можно было контролировать правильность выполнения заданий.

Command Name	Current Setting	Parameters	Description
SB	SB	[SB, I-HBC]	Set BreakPoint
VECTOR	LOW	[HIGH, LOW, IGNORE]	Vector Table Location
RST	YES	[YES, NO, HALT, RUN]	Monitor Target reset
TAR	0260	[0220, 0240, 0241, 0245, 0...	CPU TYPE
SLAVE	NONE	[NONE, 0260]	Target CPU(SLAVE)
CLK	1	[0, 3, 0, 5, 1, 3, 6, 12, 16, 20]	JTAG clock rate
RTP	NO	[YES, NO]	Real time Preservation
LENDIAN	NO	[YES, NO]	Little Endian Mode
MODE	64	[32, 64]	Processor Mode
HRESET	ENABLE	[ENABLE, DISABLE]	Emulator HRESET Control
RSTCONF	AUTO	[AUTO, HIGH, LOW]	Reset Configuration Word Lo...
TGTCONS	BDM	[BDM, COM1, COM2]	Target Console Redirection
TRESET	ACTIVE	[OPENC, ACTIVE]	Drive TReset line
TRGIN	OFF	[OFF, LEVELHI, LEVELLO, ED...	External Trigger In
TRGINFILTER	OFF	[OFF, ON]	Trigger In Filter Mode
TRGOUTMODE	OFF	[OFF, ONALLSTOPS, ONBRE...	Trigger Out Mode
TRGOUT	PULSEHI	[LEVELHI, LEVELLO, PULSEH...	External Trigger Out
INVC1	YES	[YES, NO]	Invalidate Instruction Cache ...
DLD	NORMAL	[NORMAL, B, 32]	Download Mode
CHECKSTOP	YES	[YES, NO]	Enable CheckStop Interrupt

Рис. 6. Графическое представление позволяет визуализировать возможности конфигурации выбранного JTAG-эмулятора для конкретной целевой системы

Графическое представление файлов конфигурации

Для упрощения процесса настройки среда Workbench On-Chip Debugging предоставляет шаблоны файлов конфигурации регистров (configuration files, CF) для большинства поддерживаемых процессоров. Эти файлы можно редактировать, используя представление Workbench On-Chip Debugging CF Options View. В данном представлении все параметры конфигурационного файла для указанной целевой системы, включая их названия, варианты значений, текущие значения и комментарии, даны в удобной, визуальной форме (см. рис. 6).

Удобный доступ к регистрам

Среда Workbench On-Chip Debugging предоставляет побитовый доступ к регистрам целевой системы, а также всю необходимую справочную информацию по их конфигурированию «в один клик». Это позволяет сократить время, проведённое за изучением документации по процессору. В дополнение к этому, можно создавать свои собственные графические представления выбранных групп периферийных регистров, чтобы эффективно управлять различными конфигурациями оборудования.

Утилита загрузки и сравнения бинарных файлов

Утилита загрузки и сравнения бинарных файлов позволяет разработчикам быстро извлекать нужную информацию из любой области памяти целевой системы, например, в случае непреднамеренного затирания кода загрузчика, поставляемого производителем оборудования в комплекте с отладочной платой. Эта возможность особенно полезна для резервного ко-

пирования и восстановления важного системного кода, например кода ПЗУ начальной загрузки.

Утилита позволяет визуально выделить область памяти целевого устройства, включая группы секторов флэш-носителя, и выгрузить их содержимое в файл на инструментальном компьютере. После сохранения образа его можно анализировать при помощи утилиты сравнения, например, на предмет повреждений. Утилита сравнения сопоставляет образы, полученные с целевой системы, с бинарными файлами, хранящимися на инструментальном компьютере; все различия записываются и отображаются в редакторе Workbench On-Chip Debugging.

Расширенная диагностика оборудования

В среде Workbench On-Chip Debugging реализованы исчерпывающие возможности диагностики оборудования, благодаря чему не потребуются никаких дополнительных инструментов, а значит, сэкономятся и деньги, и время на обучение. Благодаря интеграции стандартных проверочных процедур и циклических (scope loop) тестов в едином интерфейсе, не придётся тратить время на написание сценариев тестирования шин данных и адреса.

Компания Wind River предоставляет надёжное интегрированное программное решение, позволяющее быстро находить и устранять ошибки соединений и адресации. Набор мастеров, входящих в комплект, поможет сконфигурировать и запустить необходимые диагностические операции, включая:

- проверку и тестирование производительности шин данных и адреса;
- вычисление контрольных сумм (CRC) для заданной области памяти;

- тестирование ОЗУ по сценариям различной интенсивности: либо с заполнением заданной области указанным шаблоном и затем считыванием на предмет ошибок, либо с последовательной записью и чтением, однократно или циклически;
- циклические (scope loop) тесты, периодически выдающие заданный шаблон на шину данных или адреса для проверки внешним анализатором.

Анализатор исходного текста

Анализатор исходного текста упрощает процесс документирования структуры кода, чтобы обеспечить эффективную интеграцию деревьев кода в больших проектах. Эта функция особенно полезна, когда код разрабатывается несколькими программистами одновременно, повторно используется между различными проектами или интегрируется с унаследованной кодовой базой. Она поможет быстро разобраться в коде, разработанном другими людьми, и интегрировать его в существующий проект.

Благодаря этой функции, можно ментально оценивать влияние предлагаемого изменения в коде на весь остальной проект, таким образом увеличивая общую продуктивность команды и снижая количество ошибок.

Статистическое профилирование

Встроенные средства анализа производительности и покрытия кода помогают выявить «узкие места» и оптимизировать выполнение кода на целевом процессоре. В отличие от классического подхода к профилированию, инструментирования кода для этого не требуется: чтобы провести профилирование, достаточно выделить раздел кода. Среда Workbench On-Chip Debugging делает всё остальное автоматически и представит результаты в виде графика, таблицы или гистограммы, содержащей:

- название функции;
- полный путь к функции;
- адреса точек входа и выхода;
- процент времени, проведённого внутри каждой функции, для всех функций, выполнявшихся на целевой системе.

Многофункциональный отладочный модуль

Отладка является самым затратным этапом любого процесса разработки. Среда Workbench On-Chip Debugging

предоставляет для отладки множества проектов на множестве целевых систем единую консоль, позволяющую коллективу разработчиков оперативно обмениваться информацией, значительно сокращая длительность отладочного цикла.

Отладочный модуль Workbench On-Chip Debugging поддерживает множество типов соединений, включая JTAG-эмуляторы, агенты и симуляторы, и предоставляет максимум гибкости при отладке аппаратуры и ПО на самых различных стадиях – от ранней диагностики аппаратных прототипов до разработки прикладных приложений. Можно вести отладку кода в среде любой целевой ОС из среды любой инструментальной ОС. Отладка многоядерных систем значительно упрощается, потому что можно задавать перекрёстные связи между точками останова и отслеживать несколько целевых систем одновременно.

Визуализация, предоставляемая отладочным модулем (см. рис. 7), демонстрирует список процессоров, на которых запущен процесс отладки, и пронумерованный перечень отладочных сессий с активными задачами. В число

предоставляемых функций и диагностической информации входят:

- стандартная отладочная функциональность: старт/останов/завершение, пошаговое выполнение с входом в подпрограммы и без, выполнение до точки выхода, отладка в исходном тексте и дизассемблирование;
- данные на целевой системе: стек, потоки, процессы, задачи;
- системная информация: карта памяти, регистры, отслеживание локальных и глобальных переменных;
- многоядерное представление: каждый процесс, отлаживаемый на целевой системе, отображается в представлении отладчика с нумерацией и цветовым кодированием.

Командная оболочка целевой системы

В состав среды Workbench On-Chip Debugging входит командная оболочка целевой системы, предназначенная для управления задачами отладки. Она поддерживает стандартные языки сценариев, такие как команды GDB и интерпретируемые Tcl и C, позволяющие контролировать процесс выполнения ПО на высоком уровне. Оболочка под-

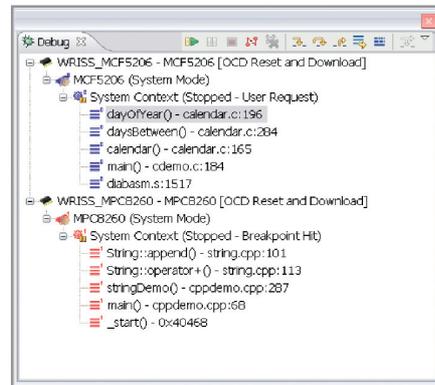


Рис. 7. Интерфейс отладочного модуля позволяет отслеживать и контролировать активные задачи

держивается в инструментальных ОС Linux, Solaris и Windows.

Точки останова

Точки останова – полезный инструмент, позволяющий остановить выполнение всего или части ПО целевой системы, когда происходит заданное пользователем событие. Среда Workbench On-Chip Debugging поддерживает как программные, так и аппаратные точки останова, срабатывающие либо по вычисляемому выражению, либо по значению данных, либо по номеру

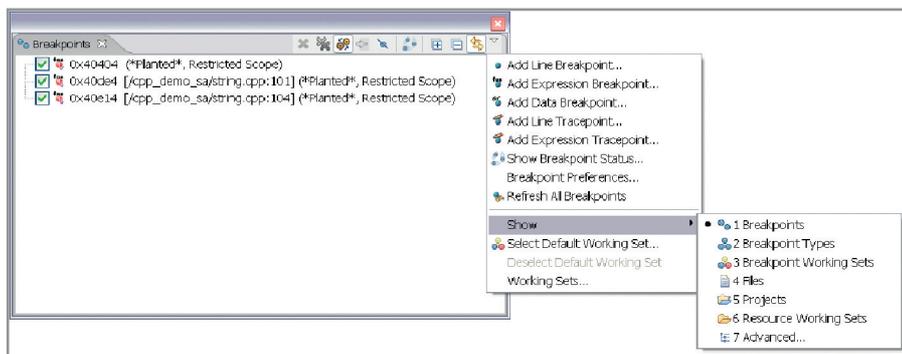


Рис. 8. Графическое представление упрощает управление списком точек останова

строки. Чтобы упростить управление множеством точек останова, их список выделен в отдельное графическое представление (см. рис. 8); ставить точки останова можно как непосредственно из списка, так и из представлений редактора кода, регистров и памяти.

Также можно:

- «включать» и «отключать» любые системные события;
- сохранять точки останова в файл, чтобы потом использовать их в других проектах;
- настроить точку останова так, чтобы при её срабатывании останавливались либо конкретное ядро, либо конкретный процессор, либо вся система целиком;
- задавать сценарий командной оболочки целевой системы, который будет автоматически выполняться при срабатывании указанной точки останова.

Программирование флэш-памяти

Среда Workbench On-Chip Debugging упрощает конфигурирование флэш-памяти, позволяя записывать двоичные образы на носители целевой системы быстрее, чем это обычно возможно при помощи стандартного командно-строкового интерфейса. Утилита программирования флэш-памяти включает набор диагностических алгоритмов для разрешения типовых проблем, позволяя:

- настраивать стартовые адреса флэш-памяти и рабочее пространство ОЗУ;
- выбирать, какие файлы будут загружаться на флэш-носитель из единой консоли;
- выполнять операции стирания и программирования простым выделением группы секторов;
- проверять записанные данные, сравнивая их с исходными файлами;
- программировать как NOR-, так и NAND-устройства.

Поддержку новых или нестандартных флэш-устройств можно легко до-

бавлять, используя как основу прилагаемые примеры исходных текстов и документацию.

Поддержка многоядерных конфигураций

Многоядерность подразумевает наличие либо нескольких устройств, способных исполнять программный код, на одном и том же кристалле, либо нескольких процессоров на одной и той же плате. В дополнение к этому, множество процессоров может быть распределено по множеству плат на системном уровне.

Развитие многоядерных вычислительных устройств и увеличивает их производительность, но также и усложняет задачу отладки как для проектировщиков аппаратуры, так и для разработчиков ПО, поднимая следующие вопросы:

- как эффективно визуализировать цикл редактирование – компиляция – отладка в многоядерной среде;
- как оптимизировать JTAG-интерфейс для работы с множеством SoC (SoC), используя один физический стык с целью снижения затрат;
- как переопределить требования реального времени применительно к процессу многоядерной отладки;
- как поддерживать разные процессоры от различных производителей;
- как отлаживать код в среде различных ОС на разных вычислительных ядрах.

Среда Workbench On-Chip Debugging предоставляет единую проектно-ориентированную среду, рассчитанную на отладку самых сложных многоядерных конфигураций и реализующую унифицированный интерфейс для проектов любой сложности, вне зависимости от расположения вычислительных ядер – на одной плате или на нескольких платах в интегрированной системе.

Управление соединениями с целевой системой

Удобный администратор соединений с целевой системой упрощает подключение к множеству вычислительных ядер одновременно и поддерживает несколько типов подключения, включая JTAG-эмулятор, драйвер прозрачного режима (TMD), программный агент или симулятор. Среда Workbench On-Chip Debugging позволяет подключать вплоть до 128 ядер и отлаживать до восьми из них одновременно при соединении посредством JTAG-эмулятора, решая проблему отладки нескольких ядер по одному физическому JTAG-интерфейсу. Дополнительно администратор соединений может загружать вплоть до четырёх различных цепочек сканирования одновременно, расширяя возможности многоядерной отладки до системного уровня.

Будучи реализованным на базе картка Remote System Explorer (RSE), входящего в состав Eclipse, администратор соединений (см. рис. 9) также предоставляет удалённый доступ к файловым системам целевых устройств с использованием различных сетевых протоколов.

Дополнительные возможности многоядерной отладки

При отладке многоядерных систем сложность отслеживания программных и аппаратных точек останова значительно возрастает. Среда Workbench On-Chip Debugging синхронизирует выполнение кода на системном уровне, позволяя запускать/останавливать всю систему одновременно. Можно задавать перекрёстные связи между точками останова и создавать сессии, затрагивающие несколько целевых систем сразу. Сессии будут пронумерованы и выделены цветом, что поможет определить, какое ядро вызвало проблему.

Также можно имитировать ошибки, например, отключать выбранные ядра, чтобы анализировать их влияние на всю остальную систему и оперативно выявлять программные и аппаратные зависимости между различными ядрами.

Высокопроизводительный JTAG-сервер

В многоядерных средах традиционные JTAG-серверы сталкиваются с ограничениями, в частности, с недостатком производительности и недоста-

точно широкой поддержкой существующих моделей процессоров. Патентованная технология Wind River оптимизирует производительность JTAG-сервера, предоставляя скорость и надёжность, необходимые для отладки приложений реального времени. Список поддерживаемых моделей при этом гарантирует поддержку отладки и глубинного анализа на большинстве популярных SoC.

Поддержка ОС и процессоров

Среда Workbench On-Chip Debugging поддерживает множество операционных систем, включая Wind River VxWorks, Wind River Linux (с поддержкой Wind River Real-Time Core для Linux), а также ядро Linux версий 2.4 и 2.6.

Поддержка Linux и VxWorks обеспечивает возможность анализа и отладки на уровне ОС, а также на уровне приложений, выполняющихся на целевой системе, что позволяет проследить сложные взаимодействия между прикладным кодом и ядром ОС. Для отладки Linux-приложений также предусмотрена отладка в пользовательском режиме Linux. Среда Workbench On-Chip Debugging даёт возможность отлаживать ядро Linux, пользовательские приложения и разделяемые библиотеки без необходимости в инструментировании кода ядра; при этом разработчики могут одновременно следить за системным и прикладным контекстами, что упрощает отладку взаимодействий ОС с приложениями.

Реализация в среде Workbench On-Chip Debugging интерфейса поддержки сторонних ОС (third-party operating system, TOS) позволяет подразделению профессиональных услуг Wind River по запросу добавлять поддержку сторонних коммерческих ОС или ОС внутренней разработки. Информация об объектах ядра записывается в формате XML, обеспечивая поддержку отладчиком всех описанных объектов и связанных с ними представлений. Интерфейс поставляется с полной документацией, шаблоном XML-файла описания и примером на основе VxWorks 6.

АППАРАТНЫЕ ОТЛАДочНЫЕ МОДУЛИ WIND RIVER

Модуль Wind River Probe

Модуль Wind River Probe (см. рис. 10) – самый мощный из доступных на рынке отладочных инструментов для «оживления» оборудования, программирования

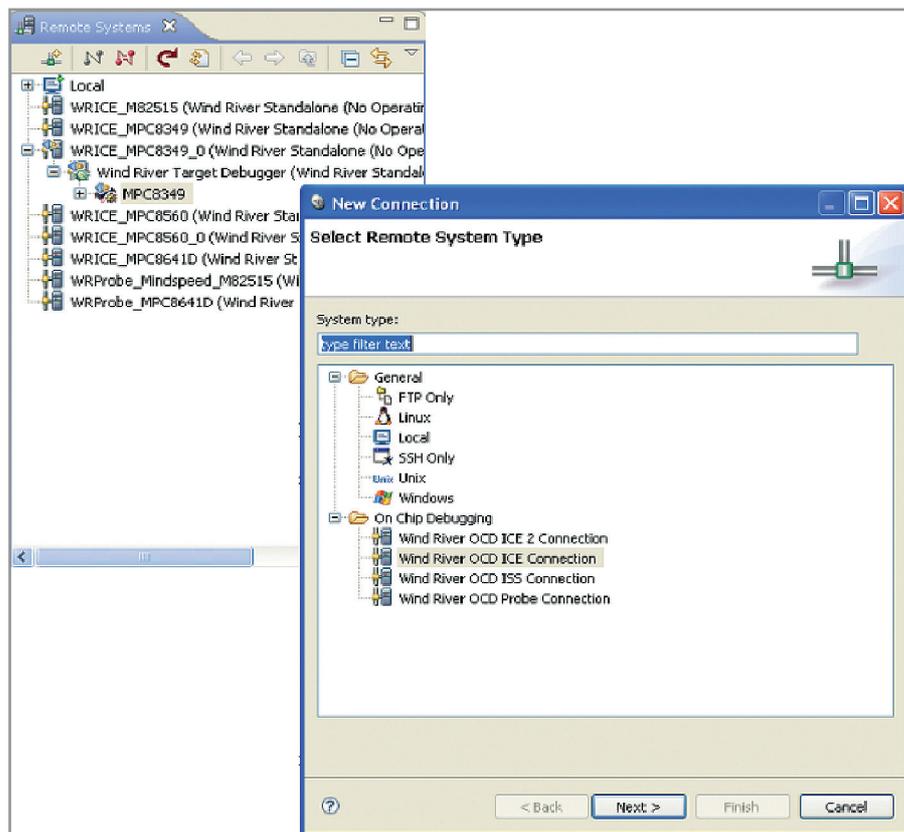


Рис. 9. Администратор соединений упрощает подключение к нескольким ядрам одновременно и поддерживает множество типов соединений

флэш-памяти и производства/тестирования. Он использует встроенные отладочные возможности процессора и технологию JTAG-ускорения Wind River для обеспечения высокопроизводительной отладки по USB-соединению, предоставляя высокую пропускную способность для загрузки ПО (до 1,5 Мбит/с на некоторых процессорах)

и беспрецедентную скорость выполнения операций.

Модуль Wind River ICE 2

Этот сетевой JTAG-эмулятор (см. рис. 11) был разработан специально для современных сложных вычислительных сред, включая 32- и 64-разрядные, одно- и многоядерные и мно-



Рис. 10. Модуль JTAG Wind River Probe



Рис. 11. Модуль JTAG Wind River ICE 2

гопоточные архитектуры. Достаточно простой в использовании, чтобы обеспечить все базовые потребности процесса отладки, и достаточно производительный, чтобы поддерживать до 128 EJTAG/JTAG-устройств в пределах одной цепочки сканирования, эмулятор Wind River ICE 2 идеален для отладки сложных систем, в том числе распределёнными коллективами разработчиков.

Вместе с Wind River ICE 2 можно использовать один и тот же эмулятор и в процессе разработки, и в процессе тестирования и производства. Реализованная в Wind River ICE 2 технология JTAG-сервера позволяет поддерживать множество отладочных соединений с целевыми устройствами одновременно. Также существует возможность подключения к эмулятору Wind River ICE 2 внешнего модуля трассировки, предоставляющего дополнительную информацию о процессе выполнения ПО целевой системы.

Профессиональные услуги

Заказные разработки

Подразделение профессиональных услуг Wind River помогает компаниям-разработчикам снизить риски и увеличить конкурентоспособность. Данное подразделение сочетает в себе опыт в разработке ПО встраиваемых систем и чёткий проектный подход, направленный на целевое решение задач клиента. Проверенный временем послужной список, соблюдение сроков разработки и глубокое понимание динамики рынка и технологий делает компанию Wind River неоценимым

партнёром разработчиков. Основанные на высококлассной проектной методологии, услуги компании Wind River включают в себя заказное проектирование устройств, разработку пакетов поддержки оборудования (board support package, BSP), оптимизацию драйверов, интеграцию связующего ПО и перенос унаследованного кода и инфраструктуры.

Профессиональные услуги компании Wind River помогут задать вашим усилиям оптимальное направление, даже если целевая/инструментальная ОС или аппаратная архитектура не поддерживается «из коробки». Вне зависимости от конфигурации программно-аппаратной среды, подразделение профессиональных услуг поможет адаптировать отладочные решения под ваши нужды, включая:

- добавление в Workbench поддержку вашего процессора и/или ОС;
- тестирование Workbench на вашем дистрибутиве Linux;
- тестирование с Workbench ваших плагинов Eclipse;
- интеграцию в Workbench ваших программных агентов.

Установка и начальная настройка

Правильная установка и настройка среды Workbench On-Chip Debugging гарантируют, что перед началом проекта не придётся впустую тратить время на решение проблем, которых можно было легко избежать. Компания Wind River предлагает услугу установки и настройки, чтобы вы могли быть уверены, что ваш проект начнётся вовремя. В состав услуги входят:

- установка среды на инструментальную и целевую платформы на территории заказчика, с демонстрацией примеров построения и настройки проекта;
- настройка и конфигурирование, включая организацию файловой системы, развёртывание дополнительных программных пакетов и адаптацию драйверов;
- дополнительные услуги, включая ревизию дизайна проекта и консалтинг;
- практикум по работе с каналами технической поддержки Wind River.

Услуги компании Wind River по установке и настройке выведут вашу команду разработчиков в режим максимальной производительности кратчайшим путём, придадут уверенность, что основные источники пользова-

тельских ошибок позади, и подробно ознакомят со всем потенциалом платформы Wind River.

Обучение

Компания Wind River предлагает исчерпывающие обучающие программы по пакету программ Workbench On-Chip Debugging. По окончании этих курсов разработчики могут эффективно проектировать, разрабатывать, тестировать и отлаживать ПО встраиваемых систем в кросс-средах. Учебные занятия доступны в различных форматах, включая как регулярные плановые занятия в открытых группах, так и выездные курсы, ориентированные на задачи конкретного заказчика.

Доступны также программы персонализированного обучения, нацеленные на индивидуальную подготовку каждого разработчика в команде с учётом его потребностей. Будучи ориентированным на конкретные области, в которых каждому члену команды в рамках конкретного проекта требуется дополнительная подготовка, данный подход гарантирует целевым коллективам разработчиков быстрый рост производительности.

Техническая поддержка

Компания Wind River предоставляет всеобъемлющую техническую поддержку своих продуктов. Подразделения технической поддержки компании распределены по всему миру и укомплектованы квалифицированными инженерами, имеющими богатый опыт работы в области встраиваемых приложений вообще и с технологиями Wind River в частности. В крупных центрах технической поддержки эксперты компании могут проводить диагностику, содействовать в решении проблем и давать рекомендации по дальнейшим действиям.

Поддержка осуществляется круглосуточно через интернет-страницу технической поддержки Wind River (www.windriver.com/support). Также на этой странице доступна документация на продукты, программные компоненты и другие ресурсы, способствующие разрешению проблем; дополнительные возможности, например, обновления ПО и технические заметки, доступны на условиях подписки. На интернет-странице также работает форум сообщества разработчиков, где можно делиться опытом и обсуждать различные вопросы, связанные с разработкой встраиваемого ПО.

