

СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

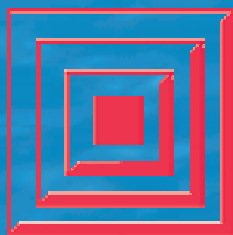
для встраиваемых систем реального времени

КАТАЛОГ

2008–2009



ВКТ



ВСТРАИВАЕМЫЕ
КОМПЬЮТЕРНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ

СОДЕРЖАНИЕ

- 3 «РТСОФТ» – ЛИДЕР РОССИЙСКОГО РЫНКА В ОБЛАСТИ ВСТРАИВАЕМЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ**
- 4 Системное программное обеспечение для встраиваемых систем и операционные системы реального времени
- 5 Быстрые изменения рынка встраиваемых систем и операционных систем реального времени
- 5 Не ошибитесь в выборе!

- 6 LYNXOS – ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ В СТАНДАРТЕ POSIX**
- 6 Основные свойства LynxOS
- 7 Поддержка приложений «жесткого» реального времени
- 8 Сетевые возможности
- 9 Пакеты поддержки целевых архитектур
- 9 Разработка приложений

- 11 LYNXOS-178 – ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА В СТАНДАРТЕ DO-178 ДЛЯ АВИАЦИИ И ДРУГИХ ОТВЕТСТВЕННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ**
- 11 Основные требования к ОСРВ для авиации
- 11 Документы, которые определяют требования к ОСРВ для авиации
- 13 LynxOS-178: соответствие современным требованиям к ОСРВ для авиации

- 16 BLUECAT LINUX – LINUX ДЛЯ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ**
- 17 Средства разработки приложений
- 17 Этапы разработки приложений BlueCat Linux
- 18 Пакеты поддержки целевых архитектур (BSP) для BlueCat Linux
- 19 Демонстрационные системы

- 20 СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ ДЛЯ LYNXOS И BLUECAT LINUX**
- 20 Средства разработки, отладки и анализа программ
- 20 Luminosity
- 20 Total/db
- 21 SpyKer
- 21 Aphelion Java Toolkit
- 22 LynxInsure++
- 22 Porting Kit

23 РАСШИРЕНИЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ RTX ДЛЯ WINDOWS

- 23 Возможности реального времени
- 24 Основные характеристики RTX v. 8.x
- 24 Архитектура RTX
- 25 HAL реального времени (Real-Time HAL)
- 26 Поддержка подсистемы реального времени (RTSS)
- 27 Разработка приложений и динамических библиотек для RTX
- 27 TimeView
- 28 Platform Evaluator

29 EMBEDDED TOOLSUITE (ETS) – ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА НА БАЗЕ WIN32 ДЛЯ ВСТРАИВАЕМЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

- 29 Ядро реального времени ETS
- 29 ETS Monitor
- 30 Embedded StudioExpress
- 30 LinkLoc и Visual System Builder
- 30 Свойства ядра реального времени ETS
- 31 Производительность ядра реального времени ETS

32 АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ОТЛАДКИ КОМПАНИИ LAUTERBACH

- 32 Семейство TRACE32-ICD
- 33 Концепция аппаратных средств
- 37 Концепция отладчика на уровне программного обеспечения
- 43 Отладчик от Lauterbach для OSCPВ LynxOS
- 43 Исследование OSCPВ LynxOS с помощью TRACE32

➤ «РТСОФТ» – ЛИДЕР РОССИЙСКОГО РЫНКА В ОБЛАСТИ ВСТРАИВАЕМЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

ЗАО «РТСофт» имеет многолетний опыт сотрудничества с ведущими мировыми производителями и пользователями современного системного программного обеспечения (ПО). «РТСофт» обеспечивает весь спектр услуг в области системного ПО и предоставляет своим заказчикам широкий спектр профессионального сервиса:

- консультации по выбору базового программного и аппаратного обеспечения, рекомендации по архитектуре системы, анализ и экспертизу технического задания, аналитические материалы;
- разработку системного ПО на заказ, включая установку выбранной ОС на целевую платформу, разработку компонентов системы (драйверы, протоколы, утилиты и т. д.), перенос приложений на новую платформу, локализацию ПО;
- интеграцию ПО и аппаратуры, подразумевающую сдачу проекта под ключ, с разработкой недостающих компонентов, ПО для тестирования, проверку на объекте. Размещение разработки всей базовой системы в «РТСофт» может иметь особое значение для тех организаций, которые хотят выпускать современную технику, но не располагают достаточными ресурсами для выполнения этой задачи. В этом случае «РТСофт» выполняет весь цикл разработки, сдачи и сопровождения на всем сроке жизни системы;
- поставку системного ПО, операционных систем по выбору заказчика, средств разработки и отладки;
- обучение работе с современными ОСРВ, микропроцессорными архитектурами и средствами разработки.

➤ НАШИ ПРЕИМУЩЕСТВА – ИСПОЛЬЗУЙТЕ ИХ!

- Сотрудничество с ведущими мировыми производителями встраиваемого компьютерного оборудования и программного обеспечения для OEM и системной интеграции: Kontron AG, GE Fanuc IP, Motorola, ELMA, LynuxWorks, Ardence, Microsoft и др. Широкая номенклатура и доступный сервис.
- Сертификат ISO 9001-2000, лицензии ГАН, Госгортехнадзора, Федерального космического агентства и др.
- Успешный многолетний опыт поставки, технической поддержки и разработки для самых серьезных отечественных и зарубежных заказчиков.
- Учебный и сервисный центры. Партнерские программы «РТСофт-Альянс» и «РТСофт-вуз».
- Разумная ценовая политика при работе с системными интеграторами, реселлерами и OEM.
- Постоянно развивающаяся региональная структура.
- Гибкий, индивидуальный и доброжелательный подход к работе с клиентом.

➤ ЛИЦЕНЗИИ И СЕРТИФИКАТЫ «РТСОФТ»



➤ СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ И ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

СПЕКТР ПРЕДЛАГАЕМЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

В данной брошюре приводятся основные сведения о системном программном обеспечении (ПО) и средствах отладки для встраиваемых систем и систем реального времени, которые поддерживает и рекомендует заказчикам компания «РТСофт».

Предлагаемые средства можно разбить на 5 групп:

1. **Классические операционные системы реального времени (ОСРВ)** – LynxOS (фирма LynuxWorks), ETS (фирма Ardence).
2. **Встраиваемые системы на основе Linux** – BlueCat Linux (фирма LynuxWorks).
3. **Расширения реального времени для Windows** – RTX (фирма Ardence).
4. **Специализированные программные платформы для вертикальных рынков** – LynxOS-178 (фирма LynuxWorks) для авиации.
5. **Аппаратно-программные средства отладки** – TRACE32 (фирма Lauterbach).

Приведенный перечень программных продуктов не является окончательным и будет расширяться в соответствии с требованиями заказчиков и тенденциями развития программного обеспечения.

➤ ОСНОВНЫЕ ПАРТНЕРЫ «РТСОФТ» В ОБЛАСТИ СИСТЕМОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И СРЕДСТВ ОТЛАДКИ



Ardence



➤ БЫСТРЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ РЫНКА ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ И ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Рынок встраиваемых систем и ОСРВ является быстроразвивающимся и динамичным. Некогда популярные ОСРВ утрачивают свои лидирующие позиции как с точки зрения функциональных возможностей, так и с точки зрения популярности на рынке. Другие же завоевывают симпатии потребителей и занимают все большее место в этом сегменте системного ПО. Открытость, функциональность, многоплатформенность, развитость инструментальных средств, надежность, максимальное следование современным стандартам, разумные цены, лидерство в своих сегментах и высокая репутация – всё это фундаментальные свойства программных продуктов, лежащих в основе продуктовой линии нашей компании.

Одной из заметных тенденций является усиливающееся давление Linux как на классические ОСРВ, так и на системы, основанные на Windows-технологиях. Многие ОСРВ стремятся обеспечить максимальную интеграцию с Linux на различных уровнях, в том числе и совместимость с Linux не только на уровне исходных кодов или интерфейсов, но и на уровне исполняемых файлов, как, например, в LynxOS. Кроме того, в Linux-сообществе появляется все больше инструментальных средств для кросс-разработки встраиваемых систем (например, BlueCat Linux фирмы LynuxWorks или Embedded Linux фирмы MontaVista). Современные ядра Linux с точки зрения производительности и масштабируемости позволяют в ряде случаев рассматривать Linux как успешную альтернативу классическим ОСРВ.

Неоспоримым фактом являются успехи Windows-технологий не только в области офисных или серверных приложений, но и в сегменте встраиваемых систем. Привычным становится применение операционных систем из семейства Windows Embedded в таких устройствах, как кассовые терминалы, телевизионные приставки, измерительные и медицинские приборы. Использование расширения реального времени RTX фирмы Ardenne совместно с Windows XP Embedded может рассматриваться как хорошая и недорогая альтернатива ОСРВ.

Многоядерность современных аппаратных платформ, массовый переход на коммутируемые последовательные архитектуры, развитые ресурсы новейших аппаратных средств требуют применения адекватного встраиваемого ПО для сокращения сроков вывода готового решения на рынок. Компания «РТСофт» постоянно отслеживает состояние и тенденции рынка ПО для встраиваемых систем и ОСРВ, чтобы предложить своим заказчикам наиболее перспективные и адекватные решения.

➤ НЕ ОШИБИТЕСЬ В ВЫБОРЕ!

Правильность выбора программного обеспечения определяет три важнейших показателя выпускаемых изделий: стоимость, время разработки и конкурентоспособность функциональных свойств. Проиллюстрируем это данными исследований экспертов в этой области. По расчетам Venture Development Corporation, доля ПО в конечной цене современной компьютерной встраиваемой системы достигла 80 процентов и сохраняет тенденцию к росту.

Компания Evans Data Corp. (EDC), другой лидер в области исследований компьютерного рынка, приводит результаты исследований «Embedded Developer Survey», в которых анализируются затраты времени разработчиков встраиваемых систем на выпуск аппаратного и программного обеспечения. По заключению EDC около 70 процентов разработчиков тратят более половины времени на выпуск программного обеспечения и менее половины времени на аппаратные средства!

Новейшие интерфейсы, такие как USB, FireWire, Bluetooth, требуют для своего функционирования в 3–7 раз большего объема кода, чем протоколы недавнего прошлого, и качество работы конечных систем, использующих эти решения, во многом зависит от качества и развитости системного ПО.

Усиление конкуренции между производителями встраиваемого ПО, его функциональное усложнение, увеличение быстродействия и удешевление 32- и 64-разрядных микропроцессоров, появление многоядерных микропроцессоров привело к колоссальному расширению спектра предложений на рынке ПО.

Из этого следует один очевидный и очень важный вывод: **ошибка при выборе программного обеспечения будет стоить в 4 раза дороже, чем при выборе аппаратной платформы!** Даже стоимость небольшой ошибки в таких областях, как авионика, системы жизнеобеспечения и оборонные проекты, может обойтись заказчику в сотни тысяч долларов.



➤ LYNXOS – ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ В СТАНДАРТЕ POSIX

LynxOS® 5.0 фирмы **LynuxWorks, Inc.** является результатом более чем двадцатилетнего опыта разработки операционных систем реального времени и предназначена для создания компьютерных, в том числе встраиваемых, систем, работающих в режиме жесткого реального времени. Разработка может осуществляться как на целевой системе (self-hosted), так и на инструментальном компьютере (host). Готовое ПО предназначено для работы на целевой системе (target). **LynxOS 5.0** обладает уникальным набором свойств, который позволяет считать эту операционную систему технологическим лидером на рынке ОСРВ общего назначения.

LynxOS сертифицирована на соответствие стандарту POSIX. LynxOS проверена на полное соответствие POSIX аккредитованными, независимыми экспертами. В частности, LynxOS сертифицирована на соответствие POSIX 1003.1-1996 фирмой Mindcraft, Inc. Это уникальное свойство отличает LynxOS от большинства других ОСРВ, которые являются POSIX-совместимыми (compatible) и в лучшем случае соответствуют стандарту POSIX на 90 процентов.

➤ ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА LYNXOS

- **Операционная система жесткого реального времени.** Поддерживает многозадачные и многопоточковые приложения. Может использоваться для приложений с высокими требованиями по времени реакции и надежности.
- **Совместимость с Linux.** Программы, написанные и скомпилированные в ОС Linux, могут запускаться и работать в среде LynxOS без каких-либо изменений в исходных текстах и без перекомпилирования. Это свойство LynxOS является уникальным для систем реального времени и чрезвычайно важным для пользователей! Это свойство LynxOS открывает доступ к огромному количеству готовых программных продуктов из мира Linux как при наличии, так и при отсутствии исходных текстов. LynxOS обеспечивает совместимость с Linux на уровне форматов объектных файлов ABI (Application Binary Interface), вызовов API, динамически подключаемых библиотек (DLL), компоновки и загрузки на этапе выполнения.
- **Соответствие стандарту POSIX** (Portable Operating System Interface). Полностью поддерживается стандарт POSIX.1003-1, а также подразделы POSIX.1003-1b и POSIX.1003-1c, определяющие расширения реального времени и работы с нитями (потоками).
- **Многоплатформность.** Поддерживает множество аппаратных архитектур (IA-32, PowerPC, MIPS, ARM, XScale, IBM) для оборудования различных фирм-производителей.
- **Поддержка многоядерных микропроцессоров.**
- **Поддержка самых современных сетевых средств и интернет-технологий.**
- **Операционная система для ответственных приложений.** Имеет все необходимое для создания современных систем, обладающих свойствами «горячей» замены/высокой доступности (Hot Swap, High Availability), и устройств с высоким коэффициентом резервирования.
- **LynxOS-178** – версия LynxOS, сертифицированная в соответствии со стандартом DO-178. Это означает полное соответствие строгим требованиям для мобильных систем военного и аэрокосмического применения с точки зрения надежности. Кроме того, LynxOS-178 имеет сертифицированный стек TCP/IP для ответственных приложений в области авионики, медицины, атомной промышленности и связи.
- **Большое число средств разработки** как в рамках самой LynxOS, так и host-систем (Linux, Windows, Solaris). Для разработчиков в среде операционной системы VxWorks LynuxWorks предлагает специальный пакет VxWorks Compatibility Layer package, который облегчает перенос программ из VxWorks в LynxOS.



➤ **Поддержка приложений «жесткого» реального времени**

В LynxOS® 5.x реализован широкий спектр возможностей, позволяющих пользователю разрабатывать приложения «жесткого» реального времени:

- количество задач – не ограничено;
- количество приоритетов – 256;
- диспетчеризация задач – вытеснение по приоритетам. 4 алгоритма диспетчеризации (FIFO, Priority Quantum, Round Robin, невытесняемый);
- детерминированное время переключения контекста благодаря эффективному алгоритму диспетчеризации реального времени;
- средства межзадачных взаимодействий как в стандарте POSIX (семафоры, разделяемая память, сокеты, сигналы, каналы, мьютексы, условные переменные), так и в терминах Unix SystemV (очереди сообщений, семафоры, разделяемая память);
- поддержка таймеров реального времени и часов POSIX;
- конфигурирование квантов времени для различных уровней приоритетов и для разрешения значения единицы (tick) таймера;
- выполнение задач в защищенном режиме, полная поддержка MMU (Memory Management Unit).
- поддержка многоядерных конфигураций и симметричной многопроцессорности (SMP).



➤ ПАКЕТЫ ПОДДЕРЖКИ ЦЕЛЕВЫХ АРХИТЕКТУР

LynuxWorks предоставляет пакеты поддержки целевых архитектур для LynxOS 4.0® (BSPs) для широкого спектра платформ, таких как любая AT-плата с процессором Intel, любая CompactPCI-плата с процессором Intel, Motorola Sandpoint 750, Intel XScale IQ80310, IBM 440GP, Motorola FADS-ZU, Thales VMPC6a/c, Force PowerCore 680 G3 & G4, Motorola CompactPCI for PPC MCP750, MCPN750, Motorola SPS FADS680T, Motorola PMC860, Radstone PowerXTreme 7a, Thales VCE405 и др.

LynxOS поддерживает специальные возможности для встраиваемых приложений:

- очень быстрое время загрузки;
- работу с флеш-памятью (M-systems TrueFFS);
- бездисковые, загружаемые по сети или из ROM конфигурации исполняемой системы.

➤ РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЙ

LynxOS предоставляет разработчику богатый выбор инструментальных средств как в рамках самой LynxOS, так и в среде host-систем. Среда разработки самой LynxOS поддерживает такие средства, как gcc, g++, gdb, различные версии си-

стемных библиотек (статические, динамические, многопоточковые), загрузчик динамических (ELF) библиотек, символьная отладка многопоточковых приложений, средства работы с графическими средами (X11R6, Motif, PosixDesk).

HOST		TARGET	
ПЛАТФОРМА Разработка и отладка приложений	Связь по TCP/IP- или последовательному каналу	Ядро Драйверы устройств Разработка встраиваемых приложений на целевой платформе (Native hosting)	
ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ (IDE'S)		Пользовательские приложения	Многоуровневые продукты
ИНСТРУМЕНТАРИЙ Компиляторы, Отладчики, Анализ в Runtime		СЕМЕЙСТВО ВСТРАИВАЕМЫХ ОС: LynxOS BlueCat Linux	
ОС РАЗРАБОТКИ Solaris, Linux, Windows		АППАРАТНАЯ АРХИТЕКТУРА Intel, PPC, MIPS, XScale, ARM (...)	

➤ КРОСС-СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ ДЛЯ LYNXOS:

- **Интегрированная среда Luminosity.** Основана на Java-платформе Eclipse.
- **SpyKer.** Инструмент отладки, диагностики и оптимизации быстродействия встроенной системы. Позволяет осуществлять динамический мониторинг и запись всех событий во встроенной системе.
- **Aphelion Java Toolkit.** Устраняет препятствия, характерные для использования Java во встроенных системах, включая проблемы с переносимостью, совместимостью, временем разработки и быстродействием.
- **LynxInsure++.** Предоставляет разработчикам детальную информацию для более глубокого понимания механизма работы приложения (ошибки в операциях с памятью, «утечки» памяти, ошибки в присвоении разделов памяти, в инициализации и присвоении переменных, проблемы с указателями, библиотеками, логические ошибки).
- **Porting Kit.** Включает исходные тексты всех BSP для конкретной архитектуры и может использоваться теми заказчиками, которые хотят портировать LynxOS на свою целевую систему.

➤ LYNXOS – ЯДРО HEWLETT-PACKARD LASERJET И XEROX DOCUMENT CENTRE SYSTEM



➤ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ ПОД УПРАВЛЕНИЕМ LYNXOS

- Разработка ЗАО «ВНИИРА ОВД» (Россия, Санкт-Петербург).
- Предназначены для работы в составе аэродромных (аэроузловых) и районных систем управления воздушным движением.
- Прошли государственные и сертификационные испытания в 1997 году.
- Установлены во Внуково, Шереметьево, Пулково, в Калининграде и во многих других аэропортах России и Казахстана.



➤ LYNXOS-178 – ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА В СТАНДАРТЕ DO-178 ДЛЯ АВИАЦИИ И ДРУГИХ ОТВЕТСТВЕННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

➤ Основные требования к ОСРВ для авиации

К операционным системам реального времени для авиации предъявляются чрезвычайно высокие требования. Особенно это касается гражданской авиации, где от работы ОСРВ зависят жизни сотен пассажиров. Не претендуя на полноту, сформулируем основные требования:

1. ОСРВ должны удовлетворять требованиям «жесткого» реального времени (детерминизму при различных нагрузках на систему), необходимым в ответственных приложениях и системах повышенной готовности.
2. ОСРВ должны обеспечивать высокую степень «живучести» системы так, чтобы при отказе какой-либо части программного обеспечения другая часть продолжала нормально функционировать. ОСРВ должна гарантировать отсутствие общего отказа системы.
3. ОСРВ должна удовлетворять жестким требованиям к качеству программного обеспечения, что подразумевает соответствие различным отраслевым, национальным и международным стандартам. Особенностью требований к ОСРВ для авиации является то, что ПО должно иметь доказанное качество.
4. Требования по надежности: вероятность сбоя в ПО должна быть минимальной.
5. Требования по безопасности (safety) и секретности (security) данных (в системе должны быть предусмотрены средства защиты наиболее важной информации).

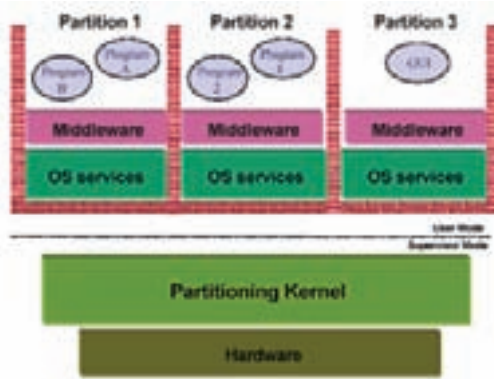
Несколько слов о терминологии. В английском языке используется два термина: safety и security, которые могут быть похожим образом переведены на русский язык. Однако, как правило, они обозначают несколько различные понятия. Чтобы не путаться в дальнейшем, будем использовать safety как синоним «безопасности», а security – как синоним «секретности».

➤ Документы, которые определяют требования к ОСРВ для авиации

Наиболее часто упоминаемыми документами применительно к современным требованиям к ОСРВ в области авиации, являются следующие:

- **Стандарт DO-178** (Software Consideration in Airborne Systems and Equipment Certification) – разработан и поддерживается ассоциацией RTCA (Radio Technical Commission for Aeronautics, www.rtca.org). Стандартом определено 5 уровней серьезности отказа и для каждого уровня определен набор требований к ПО, которые должны гарантировать работоспособность всей системы в целом при возникновении отказов данного уровня серьезности:
- **уровень А** – ПО должно обеспечивать защиту от сбоев, приводящих к катастрофическим (catastrophic) последствиям и должно удовлетворять 66 требованиям;
- **уровень В** – ПО должно обеспечивать защиту от сбоев, приводящих к опасным (hazardous) последствиям и должно удовлетворять 65 требованиям;
- **уровень С** – ПО должно обеспечивать защиту от сбоев, приводящих к большим (major) последствиям и должно удовлетворять 57 требованиям;
- **уровень D** – ПО должно обеспечивать защиту от сбоев, приводящих к минимальным (minor) последствиям и должно удовлетворять 28 требованиям;
- **уровень E** – ПО должно обеспечивать защиту от сбоев, не приводящих ни к каким последствиям.

- **Стандарт ED-12B** – европейский аналог DO-178B – определяется EUROCAE (The European Organisation for Civil Aviation Equipment, www.eurocae.org).
- **RTCA DO-248B** (Final Annual Report For Clarification Of DO-178B) – пояснительный документ для DO-178B. Основные темы (список наиболее часто задаваемых вопросов и ответов на них) включают такие разделы, как ранее разработанное программное обеспечение (Previously Developed Software – PDS), коммерческое ПО (Commercial Off-the-Shelf – COTS software), процессы верификации, исторические справки, автоматизированные средства и другие.
- **Стандарт DO-254** (Design Assurance Guidance for Airborne Electronic Hardware) – разработан и поддерживается ассоциацией RTCA (www.rtca.org/downloads/doclist_1004.htm#_Toc86220596). Этот документ разработан для того, чтобы помочь производителям самолетов и поставщикам авиационного электронного оборудования гарантировать, что их электронное оборудование безопасно выполняет требуемые функции. Документ регламентирует процессы жизненного цикла аппаратных средств и описывает пути обеспечения нужных свойств изделий с целью их сертификации в соответствии с предъявляемыми требованиями.
- **ARINC 653** (Avionics Application Software Standard Interface) – разработан компанией ARINC (Aeronautical Radio, Inc.) в 1997 году. Этот стандарт определяет универсальный программный интерфейс APEX (Application/Executive) между операционной системой авиационного компьютера и прикладным ПО (www.arinc.com/cf/store/documentlist.cfm). Требования интерфейса между прикладным ПО и сервисами операционной системы определяются таким образом, чтобы разрешить прикладному ПО контролировать диспетчеризацию, связь и состояние внутренних обрабатываемых элементов. В 2003 году принята новая редакция. ARINC 653 в качестве одного из основных требований для OSCPВ в авиации вводит архитектуру изолированных (partitioning) виртуальных машин.
- **Общие критерии для оценки секретности информационных технологий** (Common Criteria for Information Technology Security Evaluation – CCITSE) – это набор требований и

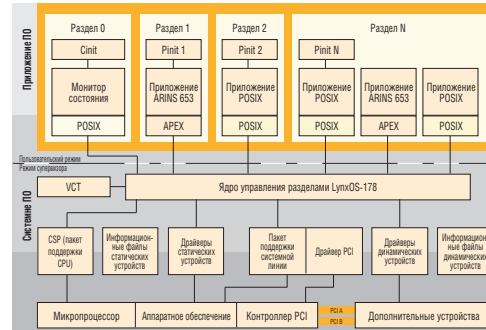


условий секретности, одобренный Агентством национальной безопасности и Национальным институтом стандартов и технологий США (United States National Security Agency/National Institute of Standards and Technologies, <http://csrc.nist.gov/cc/>), а также соответствующими органами в других странах (в данный момент еще 13 стран, кроме США). Первая версия требований была опубликована в январе 1996 года, вторая – в апреле 1998 года. В 1999 году CCITSE получил статус международного стандарта ISO 15408. Дополнительная информация по сертификации CCITSE: www.commoncriteria.org.

- **MILS** (Multiple Independent Levels of Security/Safety) – делает возможной математическую верификацию программного ядра системы путем уменьшения функциональности за счет предъявления к системам четырех обязательных групп требований (Information Flow, Data Isolation, Period Processing, Damage Limitation). Развивается проект усилиями заинтересованных компаний и организаций, таких как U.S. Air Force Research Laboratory, Lockheed Martin, Агентство национальной безопасности США и другими (mils.ois.com). На рисунке показана MILS-архитектура, которая представляет систему с изолированными разделами, каждый из которых включает ядро, middleware и приложение.
- **POSIX** (Portable Operating System interface for unIX) – определяет переносимый интерфейс операционных систем на уровне исходных текстов (www.risc.org). Основная спецификация разработана как IEEE 1003.1 и одобрена как международный стандарт ISO/IEC 9945-1:1990. С точки зрения OSCPВ наибольший интерес представляют три стандарта: 1003.1a (OS Definition), 1003.1b (Realtime Extensions) и 1003.1c (Threads).
- **Reusable software components**, Advisory Circular AC 20-148, FAA – определяет критерии возможности многократного использования ПО.

➤ LynxOS-178: СООТВЕТВИЕ СОВРЕМЕННЫМ ТРЕБОВАНИЯМ К ОСПВ ДЛЯ АВИАЦИИ

На практике ни одна ОСПВ не удовлетворяет максимальным требованиям, предъявляемым к ним стандартами POSIX, ARINC-653, DO-178B, и уровню 7 Common Criteria. Однако в наибольшей степени к ним приближена LynxOS-178 фирмы LynuxWorks. Основу LynxOS-178 составляет LynuxOS. Версия LynxOS-178 в составе различных изделий была сертифицирована по стандарту DO-178B (пример далее по тексту). Архитектура LynxOS-178 соответствует требованиям ARINC 653 и показана на рисунке ниже.



LynxOS-178 обеспечивает следующие группы системных сервисов в соответствии с ARINC 653:

- Partition Management: GET_PARTITION_STATUS и SET_PARTITION_MODE.
- Process Management: GET_PROCESS_ID и GET_PROCESS_STATUS.
- Time Management: TIMED_WAIT и PERIODIC_WAIT.
- Interpartition Communication. Существует два вида сервисов этого типа, которые обеспечивают взаимодействие процессов в различных разделах:
- Sampling Port Services: CREATE_SAMPLING_PORT и WRITE_SAMPLING_MESSAGE.
- Queuing Port Services: CREATE_QUEUEING_PORT и SEND_QUEUEING_MESSAGE.
- Interpartition Communication. Существует четыре вида сервисов этого типа, которые обеспечивают взаимодействие процессов внутри одного раздела:
- Buffer Services: CREATE_BUFFER и SEND_BUFFER.
- Blackboard Services: CREATE_BLACKBOARD и DISPLAY_BLACKBOARD.
- Semaphore Services: CREATE_SEMAPHORE и WAIT_SEMAPHORE.
- Event Services: CREATE_EVENT и SET_EVENT.
- Health Monitoring: RAISE_APPLICATION_ERROR.

LynxOS-178 – это оптимизированная, высокоразвитая система для ответственных авиационно-космических приложений. Однако уникальные свойства этой ОСПВ позволяют применять её в любых других ответственных компьютерных приложениях, где безопасность и надежность являются ключевыми, фундаментальными свойствами разрабатываемой системы. Транспорт, оборона, телекоммуникации, жизнеобеспечение – вот неполный перечень вертикальных рынков, которые также могут в полной мере воспользоваться преимуществами LynxOS-178.



➤ Исторический прорыв LynuxWorks на рынке сертифицированных операционных систем реального времени для авиации

Компания LynuxWorks (www.lynuxworks.com) совершила исторический прорыв на рынке встраиваемых приложений для авиационных систем. В марте 2006 года её операционная система LynxOS-178 стала первой и единственной в мире ОСРВ, получившей сертификат «Повторно используемое программное обеспечение» (RSC – Reusable Software Component) Федеральной администрации по авиации США (FAA).

С этого момента разработчики могут обращаться с LynxOS-178 как с программным черным ящиком, содержимое которого не требует повторной сертификации всего программного кода для соответствия DO-178B (ГОСТ Р ИСО/МЭК 51904-2002). Это позволит разработчикам значительно быстрее и с меньшими затратами получать государственные сертификаты, подтверждающие соответствие требованиям FAA.



В 2006 году вышло новое ядро ОСРВ, совместимое с требованиями MILS, – LynxSecure, которое содержит всего около 8 000 строк исходного кода и будет сертифицироваться по требованиям EAL-7.

Но уже сейчас LynxOS-178 востребована производителями. LynxOS-178 была сертифицирована по уровню А стандарта DO-178B в составе самолета Bombardier Challenger 300 фирмы Rockwell Collins.



LynxOS-178 развивается компанией LynuxWorks, чтобы обеспечить соответствие максимальным требованиям Common Criteria. LynuxWorks разрабатывает новое ядро ОСРВ, совместимое с требованиями MILS, – LynxSecure, которое будет содержать всего около 8000 строк исходного кода и соответствовать требованиям EAL-7. LynxOS-178 уже сейчас востребована производителями. Она была сертифицирована по уровню А стандарта DO-178В в составе самолета Bombardier Challenger 300 фирмы **Rockwell Collins** в июне 2003 года.



Еще один пример. LynxOS-178 входит теперь и в состав самолета KC-135. Основной задачей KC-135 Stratotanker является дозаправка в воздухе стратегических бомбардировщиков дальнего действия. ВВС США решили модернизировать самолеты KC-135, чтобы обеспечить соответствие международным нормативам GATM (Global Air Traffic Management) и требованиям стандарта DO-178В. Это дало значительные преимущества в плане эксплуатации, технического обслуживания и полной стоимости владения.



Более полный перечень решений LynuxWorks в военной и аэрокосмической отрасли можно найти на <http://www.lynxworks.com/solutions/milaero/milaero.php3>.

➤ **ОСРВ LynxOS-178 БУДЕТ РАБОТАТЬ В БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ (БПЛА) США**

Специалисты корпорации **Rockwell Collins**, получившие контракт Директората по авиационным технологиям армии США на программу MCAP III (Manned/Unmanned Common Architecture Program Phase III), посчитали ОСРВ LynxOS-178 **наиболее подходящим продуктом для использования в области перспективной авионики.**





> BLUECAT LINUX – LINUX ДЛЯ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ

BlueCat® Linux® фирмы **LynuxWorks, Inc.** – усовершенствованная реализация модели Linux, приспособленная для широкого диапазона встраиваемых систем. Сохраняя достоинства (гибкость, исходные тексты) всех других дистрибутивов Linux, BlueCat Linux поставляется как коммерческая версия для встраиваемых систем с хорошей технической поддержкой и следующими основными свойствами:

- BlueCat Linux – это средство кросс-разработки, которое позволяет создавать приложение на host-платформе (Linux или Windows) и обеспечивает необходимые средства для передачи разработанного ПО на целевую платформу;
- BlueCat Linux поддерживает множество независимых инсталляций в рамках одной host-системы. Это означает, что на одной host-машине можно разрабатывать сразу несколько приложений для различных целевых систем;
- BlueCat Linux сосуществует параллельно с возможностями и средствами самой host-системы, активируется с помощью выполнения командного скрипта и установки окружения выполнения. Это означает, что для кросс-разработки BlueCat Linux не требуется специального компьютера или даже специального раздела на жестком диске.

BlueCat Linux отличается от стандартных дистрибутивов Linux следующими дополнительными возможностями:

- **BlueCat Kernel Debugger** – расширенная версия gdb, которая отображает структуры данных ядра и поддерживает отладку в режиме ядра;
- **OS Loader** – средство уровня firmware для загрузки и установки приложения BlueCat Linux на целевой системе;
- **mkrootfs** – позволяет подобрать файлы и директории, которые должны быть включены в файл целевой системы для BlueCat Linux;
- **memory benchmarking** – определяет требования по памяти к системе;
- **mkkernel** – позволяет построить ядро с различными опциями;
- **mkboot** – позволяет создать загрузочный диск, жесткий диск или флоппи-диск;
- наличие готовых для выполнения, заранее собранных систем для каждой целевой платформы, которую можно использовать как прототип для развития собственного встроенного приложения. Причем этот прототип может сразу тестироваться на целевой платформе.

BlueCat Linux позволяет масштабировать приложение от небольших потребительских устройств до больших многопроцессорных систем. Обеспечивается поддержка для big- и little-endian-архитектур типа XScale, PowerPC (включая IBM 970), IA-32, ARM, MIPS и x86. BlueCat Linux v5.x базируется на ядре Linux 2.6, BlueCat Linux v4.x строится на базе ядра Linux 2.4.

➤ СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ ПРИЛОЖЕНИЙ

BlueCat Linux предоставляет разработчику богатый выбор инструментальных средств как в рамках самой BlueCat Linux, так и в среде host-систем. Среда разработки BlueCat Linux поддерживает такие средства, как gcc, g++, gdb, различные версии системных библиотек (статические, динамические, многопоточковые), загрузчик динамических (ELF) библиотек, символьная отладка многопоточковых приложений, средства работы с графическими средами (X11R6, Motif, PosixDesk).

Кросс-средства разработки для BlueCat Linux:

- Интегрированная среда Luminosity. Основана на Java-платформе Eclipse.
- SpyKer – инструмент отладки, диагностики и оптимизации быстродействия встроенной системы. Позволяет осуществлять динамический мониторинг и запись всех событий во встроенной системе.

➤ ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ ПРИЛОЖЕНИЙ BLUECAT LINUX

Разработка приложения для BlueCat Linux разбивается на несколько этапов:

1. Установка BlueCat Linux на инструментальном host-компьютере (Linux или Windows), на котором, кроме этого, могут быть установлены средства кросс-разработки.
2. Установка среды выполнения на host-компьютере путем выполнения простого скрипта SETUP.sh.
3. Разработка приложения для целевой платформы с использованием средств кросс-разработки. Процесс создания законченного приложения может включать любую из следующих задач:
 - конфигурирование ядра BlueCat Linux;
 - разработку драйверов ядра для приложения пользователя;
 - разработку прикладных программ пользователя;
 - создание корневой файловой системы с использованием утилиты mkrootfs.
4. «Прошивка» (копирование) BlueCat Linux в целевую систему. BlueCat Linux поддерживает такие загрузочные устройства, как флоппи- или жесткий диск, сеть (TFTP или NFS-сервер), ROM/флеш-память, параллельный порт.
5. Загрузка BlueCat Linux на целевой системе. В зависимости от загрузочного устройства, на которое скопирован BlueCat Linux, целевая система загружается либо прямо из загрузочного устройства, либо сначала грузится загрузчик (OS Loader) с загрузочного устройства, а затем уже сам образ BlueCat Linux.

➤ ПАКЕТЫ ПОДДЕРЖКИ ЦЕЛЕВЫХ АРХИТЕКТУР (BSP) ДЛЯ BLUECAT LINUX

LinuxWorks поставляет пакеты поддержки целевых архитектур для BlueCat Linux (BSPs) для указанных ниже платформ:

- **архитектура ARM:** процессор XScale (Intel IQ80310, IQ80321, DBPXA250, ADI Engineering BRH, ADI Engineering GbE HBA, Intel PXA250, Intel IXP1200), процессор ARM920T (ARM Integrator/CM920T-ETM, LSI Logic ARM926EJ-S, Protocom 818A), процессор ARM720T (Cirrus Logic[®] EP7212, Cirrus Logic CS89712, Cirrus Logic EP7312), процессор StrongARM[®] SA-1110 (Intel SA1110, IXDP1200);
 - **архитектура MIPS:** процессор MIPS32 RISC (MALTA), процессор TX39/H (Toshiba Pallas 3912);
 - **архитектура x86/Intel[®] IA-32:** процессор Pentium (Kontron CP306, Intel 815E, Force CPCI 730/735/736, PC-compatibles, Motorola CPV5350, CPN5360, Ampro CM3-P5e), процессоры Cyrix, AMD, Athlon, K6, K7 (PC-AT/x86-совместимые);
 - **архитектура SH3:** процессор SH7709 (Hitachi EBX7709).
- Список поддерживаемых целевых архитектур постоянно расширяется.
- **архитектура PowerPC:** процессор PowerPC750 (Motorola Sandpoint SP2 750, Force PowerPMC-260, Motorola MCP750 (CPCI), Motorola MCPN750 (CPCI), Radstone PPC4a-750, Motorola PrPMC750, ThalesPowerEngine7, Thales VMPC6a), процессор PowerQUICCII (Motorola MPC8260ADS, PQ2FADS_ZU), процессор Motorola MPC7400, MPC7410, MPC7457 (ThalesVMP6c, VMPC6d), процессор IBM 970 (Apple PowerPC G5), процессор IBM 440 (IBM 440GP), процессор IBM 405 (IBM 405GP, 405GPr, Thales VCE405);

> ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Как только пакет BlueCat Linux установлен на инструментальной машине, пользователю становятся доступны готовые для выполнения, заранее собранные демонстрационные системы (входят в поставку). Каждая демонстрационная система включает специально сконфигурированное ядро или приложение, которые отображают различные особенности BlueCat Linux. Для разработчиков встроенных систем важность наличия демосистем в том,

что каждая из них включает все файлы и средства, требуемые для повторного построения системы из этого «черновика». Таким образом, пользователю предоставляется набор шаблонов, из которого он может развить собственное встроенное приложение. Причем этот прототип может сразу тестироваться на целевой платформе.

Примеры демонстрационных систем:

ДЕМОСИСТЕМЫ ДЛЯ ARM INTEGRATOR

ДЕМОСИСТЕМА	ЗАГРУЗОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ПО УМОЛЧАНИЮ	ROM	RAM
Developer	Ethernet (используя OS loader) Ethernet (используя Boot Loader) Flash	3.6 MB	16384 KB
Osloader	Ethernet (используя OS loader) Ethernet (используя Boot Loader) Flash	952 KB	5632 KB
Showcase	Ethernet (используя OS loader) Ethernet (используя Boot Loader) Flash	2.9 MB	14336 KB

- **developer** – демосистема для разработчика с поддержкой shell, ftp, ping, gdb;
- **osloader** – демосистема, используемая для загрузки BlueCat Linux на целевую платформу;
- **showcase** – показывает возможности целевой платформы в качестве Apache web-сервера.

ДЕМОСИСТЕМЫ ДЛЯ IXP1200

ДЕМОСИСТЕМА	ЗАГРУЗОЧНОЕ УСТРОЙСТВО ПО УМОЛЧАНИЮ	ROM	RAM
Developer	Network (используя OS loader) Network (используя CygMon)	3395 KB	17000 KB
Ixasdk	Network (используя OS loader) Network (используя CygMon)	3395 KB	17000 KB
Osloader	Flash Network (используя OS loader) Network (используя CygMon)	1392 KB	6000 KB
Showcase	Network (используя OS loader) Network (используя CygMon)	2546 KB	15000 KB
Zebra	Network (используя OS loader) Network (используя CygMon)	3380 KB	17500 KB

- **developer** – демосистема для разработчика с поддержкой shell, ftp, ping, gdb;
- **osloader** – демосистема, используемая для загрузки BlueCat Linux на целевую платформу;
- **ixasdk** – демонстрирует возможности Intel IXA SDK;
- **showcase** – показывает возможности целевой платформы в качестве Apache web-сервера;
- **zebra** – демонстрирует механизм маршрутизации пакета Zebra.

➤ СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ, ОТЛАДКИ И АНАЛИЗА ПРОГРАММ ДЛЯ LYNXOS И BLUECAT LINUX

Операционная система реального времени LynxOS® 5.x фирмы **LynuxWorks, Inc.** предназначена для разработки ПО встроенных систем, работающих в режиме «жесткого» реального времени, производителями комплектного (ОЕМ) и телекоммуникационного (ТЕМ) оборудования, в частности изготовителями бортовых систем военного применения. Разработка может осуществляться как на самой целевой системе (self-hosted), так и на инструментальном компьютере (host). Готовое ПО предназначено для работы на целевой системе (target). **BlueCat® Linux®** – усовершенствованная реализация модели Linux для широкого диапазона встраиваемых систем.

В состав LynxOS и BlueCat Linux входят стандартные средства разработки программ, такие как компилятор C/C++, ассемблер, линковщик, библиотекарь, загрузчик динамических библиотек.

➤ СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ, ОТЛАДКИ И АНАЛИЗА ПРОГРАММ

➤ LUMINOSITY

Интегрированная среда **Luminosity**. Основана на **Java-платформе Eclipse**. Включает:

- Кросс-среда разработки на хосте Linux, Windows, Solaris
- Поддерживает LynxOS, LynxOS-178, BlueCat
- Встроенный FTP-клиент (для Woop, Tftp, Pftp) для переноса на целевую систему
- Разные типы проектов: приложение, драйвер, библиотека
- Шаблоны и примеры: для POSIX



➤ TOTAL/DB

Total/db – расширенная версия известного отладчика GNU gdb на уровне исходных текстов. Total/db можно использовать как в среде LynxOS, так и для кросс-отладки из SunOS, RedHat Linux и Windows 2000/XP Pro. Основные расширения Total/db:

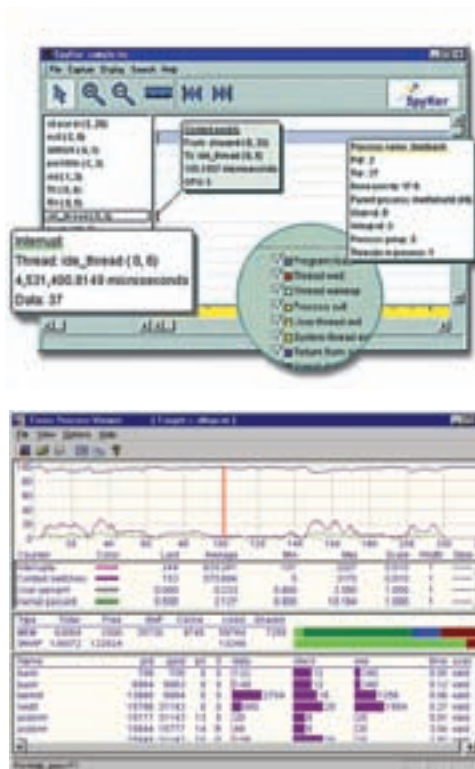
- отладка потоков (Thread) POSIX;
- отладка разделяемых библиотек;
- отладка драйверов устройств в ядре, включая статически и динамически прилинкованные;
- отладка ядра;
- расширенная удаленная отладка по последовательному каналу и TCP/IP (для кросс-отладки).

➤ SPYKER

Spyker – инструмент отладки, диагностики и оптимизации быстродействия встроенной системы для LynxOS и BlueCat Linux. Позволяет осуществлять динамический мониторинг и запись всех событий во встроенной системе (события операционной системы и приложений в работающей системе) и представляет данные в графическом виде в наглядной форме:

- всплывающие окна содержат информацию о событии, на которое указывает курсор;
- графическое увеличение и уменьшение интересующих пользователя зон на графике позволяет добиться большей детализации;
- фильтр системных событий;
- точное измерение временных промежутков между отдельными событиями.

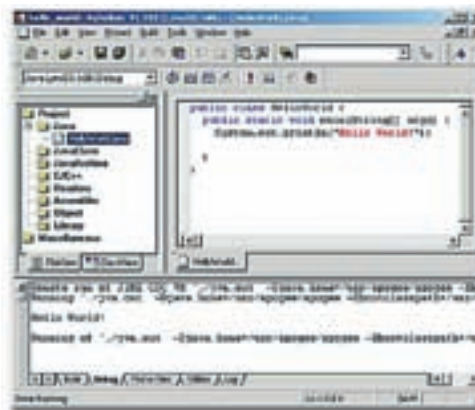
Spyker способен отслеживать системные вызовы, прерывания, переключения контекста и многие другие события.



➤ APHELION JAVA TOOLKIT

Aphelion Java Toolkit – инструмент создания встроенных Java-приложений для LynxOS, который устраняет препятствия, характерные для использования Java во встроенных системах, включая проблемы с переносимостью, совместимостью, временем разработки и быстродействием. Пользователь получает мощное средство разработки, которое:

- на 100 процентов совместимо со стандартами SUN®, что позволяет пользоваться последними официальными обновлениями SUN Java, выпускаемыми компанией SUN;
- имеет удобный интерфейс, облегчающий труд разработчикам, знающим Microsoft® Visual Studio®, и современные средства отладки;
- использует передовые технологии компиляции, что сообщает приложениям повышенное быстродействие, обычно несвойственное программам, написанным на Java.





➤ LYNXINSURE++

LynxInsure++ – комплекс интегрированных инструментов анализа и визуализации с целью повышения качества и быстродействия приложений и процесса отладки и тестирования для LynxOS. LynxInsure++ предоставляет разработчикам детальную информацию для более глубокого понимания механизма работы приложения. Эта информация используется для

повышения качества программного продукта за счет снижения долгосрочных и краткосрочных затрат на разработку и поддержку. Детальная информация, предоставляемая LynxInsure++, охватывает четыре ключевых аспекта разработки ПО: обращение к памяти, верификацию программного кода, оптимизацию, общий анализ.

➤ PORTING KIT

Porting Kit для LynxOS включает исходные тексты для всех BSP для конкретной архитектуры и может использоваться теми заказчиками, которые

хотят портировать LynxOS на свою целевую систему. Это может быть как производитель, так и пользователь конкретного оборудования.

Ardence

> РАСШИРЕНИЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ RTX ДЛЯ WINDOWS

Расширение реального времени RTX (Real Time Extention) для операционной системы Windows (Windows NT, NT Embedded, 2000, XP, XP Embedded, Vista) позволяет создавать приложения с детерминированным и очень малым временем реакции на внешние события. Кроме того, RTX обеспечивает пользователя средствами и утилитами для построения и выполнения программ реального времени вместе со средствами для измерения и тонкой настройки производительности как аппаратных, так и программных средств. RTX глубоко интегрировано в ядро Windows и для обеспечения необходимых функций использует сервис Windows и WIN32 API.

> ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Расширения реального времени добавляют к Windows специфическую для реального времени функциональность:

- процессы реального времени, управляемые собственным планировщиком. Этот планировщик работает уже по всем правилам планировщиков реального времени и использует алгоритм вытеснения по приоритетам. Кроме того, процессы реального времени имеют преимущество перед стандартными процессами Win32, вытесняя их. Процессы реального времени имеют совсем иную по сравнению со стандартными процессами Windows степень надежности и специфическую функциональность;
- программный интерфейс RTAPI для процессов реального времени, реализующий развитый набор средств, характерный для программных интерфейсов (API) операционных систем реального времени;
- взаимодействие процессов реального времени и стандартных процессов Win32 друг с другом;
- одно и то же приложение может использовать как стандартные функции Win32, так и специфические функции API реального времени (RTAPI), что позволяет выделять критические участки кода приложений Windows и контролировать время и надежность их выполнения;
- контроль за работоспособностью и временем реакции системы. «Зависания» стандартных приложений Windows или «крах» системы не приводят к «зависанию» приложений реального времени;
- работа с быстрыми часами и таймерами высокого разрешения;
- прямой доступ к памяти и физическим устройствам.

Ardence

➤ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ RTX 8.x

- надежное высокопроизводительное расширение операционной системы реального времени для Windows в Ring 0, поддерживающее частоту прерываний до 30 кГц;
- поддержка таймеров с разрешением до 1 мкс;
- поддержка прерываний MSI для шин PCI/PCI Express;
- чрезвычайно маленький объем занимаемой оперативной памяти – всего 250 Кбайт;
- поддержка пакетов Microsoft Visual Studio 6.0, .NET 2002, .NET 2003 и 2005, представляющих собой стандартную инструментальную среду для разработки, компиляции и отладки Windows-приложений;
- поддержка устройств всех стандартных Microsoft HAL, включая соответствующие спецификации ACPI контроллеров прерываний PIC, а также одно- и многопроцессорных контроллеров прерываний APIC;
- реализация технологии предотвращения инверсии приоритетов, обеспечивающей сохранение производительности приложения при запуске потоков (нитей) с более низким приоритетом;
- возможность применения во всех операционных системах Microsoft Windows типа Windows Vista, XP Pro, XP Embedded, 2000, Server 2000, Server 2003;
- планирование исполнения по приоритетам или с вытеснением, тип которого может быть указан для каждого потока;
- полное соответствие спецификациям Win32 API, что исключает необходимость применения различных преобразователей кодов при использовании директив API;
- независимый от типа Windows стек TCP/IP, совместимый с WinSock;
- полная поддержка архитектуры x86, включая многопроцессорные и многоядерные системы с процессорами, работающими в разделяемом и выделенном режимах;
- высокая производительность межпроцессного обмена данными.

➤ АРХИТЕКТУРА RTX

- уровень аппаратных абстракций **HAL реально-го времени** (Real-Time HAL);
- **RT-TCP/IP**. Поддерживает следующие протоколы: TCP, UDP, ARP, ICMP, IPv4, RIPv2. Основное назначение RT-TCP/IP – обеспечить производительность реального времени для сетевых приложений. Эта реализация основывается на стеке TCP/IP v.2.2 фирмы Treck, Inc.;
- подсистему реального времени **RTSS** (Real-Time Subsystem);
- программный интерфейс расширений реального времени **RTAPI** (Real-Time Application Programming Interface);
- **RTX USB**. Поддерживает USB 1.1 и USB 2.0 в среде реального времени.

Ardence

➤ HAL РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ (REAL-TIME HAL)

Real-Time HAL подменяет стандартный HAL (Hardware Abstraction Layer) Windows. Ardence использует следующие свойства HAL для построения на его базе подсистемы реального времени:

- доступность исходных текстов HAL (при подписании соответствующего соглашения с фирмой Microsoft);
- HAL является программным компонентом самого низкого уровня при взаимодействии драйверов ядра с аппаратурой. В частности, именно на уровне HAL происходит первоначальная обработка прерываний от таймера;
- кроме перечисленных выше функций (прерывания и таймеры) Real-Time HAL содержит поддержку функционирования всей подсистемы реального времени. Так, на основе прерываний от таймера строится диспетчер процессов реального времени. Real-Time HAL отвечает также за исполнение функций ввода-вывода подсистемы реального времени и пр.

На уровне HAL поддерживаются следующие функции реального времени:

- работа с прерываниями. Перехватывая аппаратные прерывания, Real-Time HAL различает прерывания, относящиеся к обработчикам реального времени и обработчикам Windows. Прерывания, которые должны обрабатываться драйверами Windows, отправляются по стандартной цепочке. При этом Real-Time HAL следит за тем, чтобы прерывания не маскировались драйверами Windows более чем на 5 мкс, исключая тем самым возможность пропуска критического события;
- быстрые часы и таймерные службы. Для измерений временных интервалов или для генерации прерываний Real-Time HAL позволяет работать с тиком, разрешение которого 1 мкс. Системный таймер синхронизирован с тиком и может работать с периодом 100 мкс или быстрее, обеспечивая работу как стандартных таймерных сервисов, так и дополнительных, входящих в состав подсистемы реального времени.

Ardence

➤ Поддержка подсистемы реального времени (RTSS)

Подсистема реального времени RTSS обеспечивает исполнение большинства функций и управление ресурсами расширений реального времени. С точки зрения реализации RTSS выглядит как драйвер Windows и выполняется в режиме ядра. Это позволяет достаточно простым способом устроить взаимодействие между процессами реального времени и процессами Windows. RTSS обеспечивает исполнение функций RTAPI и содержит планировщик нитей реального времени со 128 фиксированными приоритетами. RTSS содержит также менеджер объектов, предоставляющий унифицированные механизмы использования системных ресурсов. По сравнению с набором объектов Windows добавлены такие, как таймеры и обработчики прерываний. RTAPI является расширением Win32 и содержит набор функций, необходимых для управления устройствами. RTAPI реализован в двух видах: как подмножество подсистемы реального времени (RTSS) и как динамическая библиотека (DLL), которая может вызываться из Win32-приложений. RTAPI содержит следующие группы функций:

- управление процессами и нитями. Предоставляет Win32-совместимый интерфейс для управления, создания, изменения приоритетов, профилирования и завершения нитей реального времени;
- управление объектами RTSS. Предоставляет возможности унифицированного управления объектами RTSS (создание, закрытие, доступ). Объектами RTSS являются таймеры, обработчики прерываний и исключительных ситуаций (startup, shutdown, blue screen), нити, процессы, семафоры, мьютексы, разделяемая память, почтовые ящики, консольный и файловый ввод-вывод, регистры;
- взаимодействие между процессами. RTAPI использует семафоры, мьютексы (mutex) и разделяемую память для взаимодействия как нитей реального времени между собой, так и процессов реального времени с процессами WIN32;

- управление памятью. Позволяет фиксировать приложения в памяти, запрещая их выгрузку в файл подкачки;
- доступ к физической памяти. Приложение пользователя получает возможность доступа к данным по физическим адресам памяти;
- управление прерываниями. Содержит функции, позволяющие назначать и запрещать обработчики прерываний, разрешать и запрещать прерывания;
- часы и таймеры. Содержит функции управления часами и таймерами (создание, удаление, отмена, инициализация таймеров, назначение обработчиков прерываний);
- управление вводом-выводом. RTAPI предоставляет два способа управления устройствами ввода-вывода. Во-первых, приложения пользователя получают возможность непосредственного доступа к адресам портов ввода-вывода, что позволяет программировать работу устройств напрямую. Кроме того, внешнее устройство может управляться специальными (легко разрабатываемыми) драйверами, для работы с которыми RTAPI предоставляет специальный интерфейс.

RTX поддерживает как однопроцессорные, так и многопроцессорные конфигурации для Windows NT, 2000, XP, Vista. Исполнительная версия RTX, которая поддерживает работу многопроцессорных систем, обеспечивает все возможности однопроцессорной версии плюс возможности многопроцессорных систем, совместимых с архитектурой Intel MPS, что позволяет значительно повысить производительность приложений. Мультипроцессорная версия RTX реализует модель выделенного процессора, в которой RTSS выполняется только на одном процессоре, в то время как на других процессорах выполняются стандартные приложения Windows.

Ardence

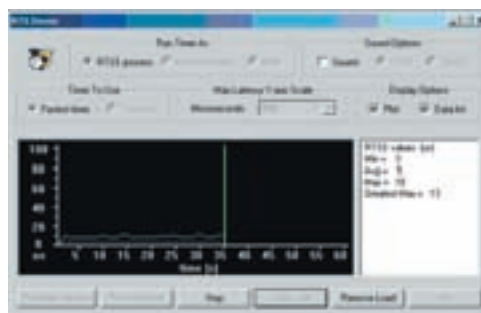
➤ РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЙ И ДИНАМИЧЕСКИХ БИБЛИОТЕК ДЛЯ RTX

Для создания приложений с поддержкой RTX можно использовать следующие средства разработки, отладки и тестирования:

- разработка: Microsoft Visual Studio или **RTX AppWizard** для построения RTX-приложений (.exe и .rtss) и динамических библиотек (.dll и .rtdll);
- отладка: **WinDbg** фирмы Microsoft, **SoftICE** фирмы NuMega или **Developer Studio Add-in** фирмы Ardence (вместе с Visual Studio);

Утилиты измерения производительности:

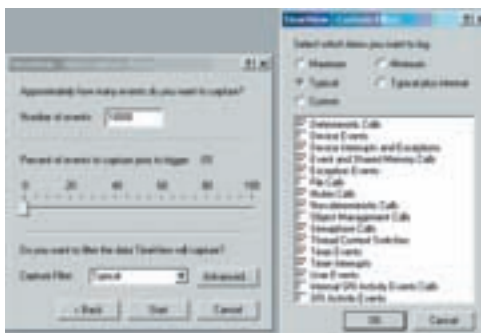
- **KSRTM** (Kernel System Response Time Measurement) – средство измерения времени отклика ядра на прерывание на уровне HAL;
- **SRTM** (System Response Time Measurement) – средство измерения времени отклика приложения на прерывание;
- **RTX Demo** – графическая версия SRTM;
- **RTSS ObjectViewer** представляет собой утилиту оперативного доступа к внутренним объектам среды RTX, предоставляющую разработчику текущую информацию о процессах, потоках и взаимодействии объектов межпроцессной связи, а также сведения о степени загрузки памяти подсистемами RTX;



- **PerformanceView** – средство контроля загрузки процессора системой Windows и приложениями RTX.
- **LTP** (Latency Test program) – находит периферийные устройства, которые «плохо себя ведут». LTP в цикле считает число откликов от периферийного устройства за определенный период времени, причем время отклика ожидается за достаточно короткий временной отрезок.
- В состав RTX SDK включены пакеты TimeView и Platform Evaluator.

➤ TIMEVIEW

TimeView – средство трассировки реального времени, которое позволяет разработчикам и системным интеграторам эффективно отслеживать события как в самой системе RTX, так и в множестве RTX-приложений пользователя одновременно. Появляется возможность фиксировать такие события, как переключение между потоками (Threads) и использование ресурсов для однопроцессорных и многопроцессорных конфигураций. Пользователю предоставляется графический интерфейс для задания параметров отслеживания (Data Collection Setup Wizard) и просмотра полученных данных. Пользователь может указать типы событий внутри своей программы, по которым он хочет собирать информацию. С помощью одного теста можно отследить до 5 000 000 событий.



Ardence

➤ PLATFORM EVALUATOR

Фирма Ardence разработала широкий набор тестов для измерения временных характеристик производительности как драйверов устройств, так и аппаратных средств, выполняющихся в среде Windows Vista/XP/2000/NT в режиме реального времени либо в стандартном режиме. Тесты позволяют разработчику в широком диапазоне варьировать загрузку системы, выбирать критерий измерения и определять точность измерений характеристик реального времени для любой аппаратной платформы. Полученные данные измерений производительности для различных конфигураций могут сохраняться и сравниваться друг с другом. Это очень полезно как для системных интеграторов при выборе аппаратных средств, так и для разработчиков ПО, которые могут легко оценить производительность конкретной системы.



- RT TCP/IP SDK. Средства разработки TCP-/IP-приложений реального времени.
- USB SDK. Средства поддержки USB 1.1/2.0 для приложений реального времени.

Ardence

➤ EMBEDDED TOOLSUITE (ETS) – ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА НА БАЗЕ WIN32 ДЛЯ ВСТРАИВАЕМЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Embedded ToolSuite (ETS) фирмы Ardence традиционно рассматривается как наиболее компактная операционная система на базе Win32 для встраиваемых приложений. Она предлагает среду разработки для встраиваемых приложений, в основе которой лежит Microsoft Visual Studio и небольшое по размеру исполнительное ядро (способное уместиться в ROM) для 32-разрядных процессоров семейства x86.

➤ Ядро РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ETS

Ядро реального времени ETS базируется на подмножестве Win32 API, выделенном Ardence. Приложение пользователя может применять исполняемые библиотеки Visual C++. Поддерживаются процессоры и аппаратные средства x86, Pentium, встраиваемые платы PC/AT, PC104 и SBC. Стек TCP/IP для ETS реализует Winsock API и поддерживает драйверы для 3COM, SMC, Novell NE2000, Digital, AMD, RealTek и последовательных сетевых контроллеров. MicroWeb Server для ETS может размещать приложение пользователя в сети World Wide Web, не требуя написания специального ПО для компьютеров клиентов. **ETS PEG** – небольшой, быстрый, легко конфигурируемый графический пакет, который предоставляет необыкновенно привлекательный и мощный, интуитивно понятный API для разработки приложений пользователя. Дополнительные средства включают **LinkLoc** (32-битный линкер) и **ETS Visual System Builder** (утилита Windows для упрощения конфигурирования ядра реального времени ETS).

Ядро ETS может выполняться либо в режиме WaitHost, либо NoWaitHost. Различие между этими режимами в том, что в режиме WaitHost ядро загружает целевую систему, инициализирует себя и затем ожидает, когда с host-машины поступит команда на выполнение встраиваемой программы. В режиме NoWaitHost ядро загружает целевую систему, инициализирует себя и затем сразу начинает выполнение приложения (размещенного в ROM или загруженного с диска). В общем случае режим WaitHost используется на этапе разработки приложения, а NoWaitHost – для готовых приложений.

➤ ETS MONITOR

Физически ядро реального времени ETS делится на 2 части: 16-разрядный ETS Monitor и 32-разрядные ETS-библиотеки, которые линкуются с приложением пользователя. ETS библиотеки поддерживают Win32 API, исполняемые библиотеки C/C++ и дополнительные компоненты ядра ETS. ETS Monitor управляет инициализацией аппаратных средств, переключением процес-

сора в защищенный режим, взаимодействием с отладчиком на host-машине или «пускателем» программ, загрузкой программ. ETS Monitor может загружаться с диска на PC/AT-совместимых целевых системах или собираться в общий файл (контейнер) с приложением пользователя при загрузке с ROM (или при загрузке с ROM-эмулятора).

Ardence

➤ EMBEDDED STUDIO EXPRESS

- Embedded StudioExpress. Расширение Visual C++ Developer Studio IDE, которое позволяет разрабатывать встраиваемые программы для ETS.
- Единственная среда разработки. Для всех этапов разработки (редактирование, компиляция, линковка, отладка) используется единственная и широко известная среда разработки.



➤ LINKLOC и VISUAL SYSTEM BUILDER

LinkLoc – 32-разрядный линкер, который осуществляет «сборку» целевой системы пользователя. Visual System Builder (VSB) – программа в среде Windows для конфигурирования ядра реального времени ETS и приложения пользователя, которая является посредником между пользователем и LinkLoc, обеспечивая простой и надежный путь «сборки» конкретной целевой системы. Для большинства приложений VSB требует заполнения нескольких таблиц, таких как базовая конфигурация приложения, базовая конфигурация монитора ETS, компоновка по памяти, связь с host-машиной, дополнительные ключи, файловая система, TCP/IP и IP-адрес, сетевой драйвер.



Результатом работы VisualSystem Builder является командный файл, в котором установлены опции для LinkLoc, соответствующие приложению пользователя.

➤ СВОЙСТВА ЯДРА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ETS

- Поддержка детерминированных мультипоточных встраиваемых приложений без инверсии приоритетов (31 уровень приоритетов).
- Квантование времени с точностью до 1 мс.
- Поддержка событий, критических секций, мьютексов, семафоров, таймеров.
- Алгоритм диспетчеризации Round-robin с изменяемым квантом времени.
- Надежные сетевые средства, включая встроенный стек TCP/IP WinSock 1.1, библиотеки, драйверы для Ethernet и последовательных каналов, модемов.
- Библиотека SNMP-агента с сетевой информацией SNMP MIB-II.
- Клиентская библиотека Microsoft WinInet FTP API.
- Динамические библиотеки (DLLs).
- Файловые системы, совместимые с MS-DOS, с поддержкой форматов FAT12, FAT16 и FAT32, и широкое разнообразие типов дисков, включая IDE (CHS- и LBA-форматы), флоппи-диски, PC Card ATA, M-Systems флэш-диски и RAM-диски.
- Поддержка беспроводной связи по протоколу 802.11B.
- Поддержка USB 1.1/2.0.
- Шаблон для CANbus.
- Графический интерфейс реального времени.
- Библиотека эмуляции работы с плавающей запятой.
- Поддержка исполняемых библиотек C/C++ и подмножества Win32 API.

Ardence

➤ РЕСУРСЫ ДЛЯ КОМПОНЕНТ ETS

Компонента	ROM (Код)		RAM (Данные)	
	Min	Max	Min	Max
ETS Monitor	Min 17K	Max 33K	Min 13K	Max 5K
Библиотеки ядра ETS	Min 33K	Max 51K	Min 13K	Max 8K
Всего для базового ядра	Min 50K	Max 84K	Min 26K	Max 13K
Поддержка потоков (multithread)	28K		6K	
Поддержка структурированных исключительных ситуаций	3K		<1K	
Эмулятор плавающей запятой	23K		<1K	
Система локальных файлов	50K		28K	
DLL-загрузчик	11K		4K	
Поддержка PC Card	32K		16K	
Поддержка флеш-дисков M-Systems	20K		4K	
Минимальный стек TCP/IP (2 сокета)*	100K		68K	
Минимальный стек TCP/IP (10 сокетов)*	100K		100K	
Стек TCP/IP для сервера (50 сокетов)*	100K		260K	
SLIP/PPP (2 драйвера)	20K		65K	
Драйвер Ethernet	от 4K до 11K		<1K	
GUI	270K		4K	
SNMP	33K		13K	
Последовательный Win32	19K		4K	

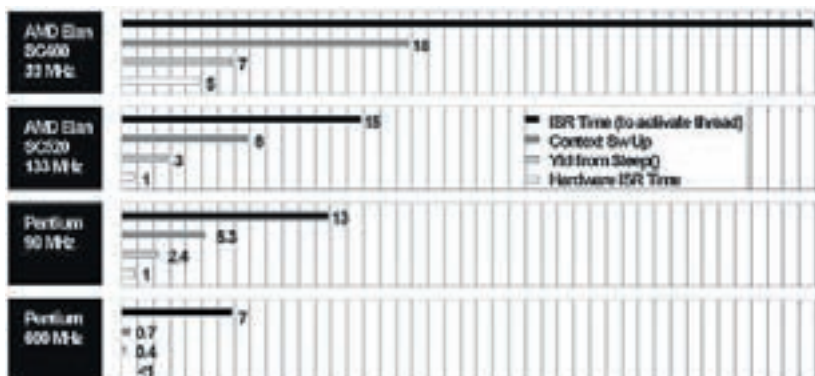
* По умолчанию число сокетов равно 10

➤ МИНИМАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИСПОЛНЯЕМЫХ БИБЛИОТЕК C++

	Размер ROM	Размер RAM	Размер RAM (только для системы)
Microsoft Visual C++	14K	4K	19K

➤ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЯДРА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ETS

Динамическая Следующая диаграмма показывает средние результаты измерения латентности прерывания на четырех различных машинах (время – в микросекундах).



➤ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ОТЛАДКИ КОМПАНИИ LAUTERBACH

➤ Внутрисхемный отладчик ICD

- Легкая отладка на языке высокого уровня и на уровне ассемблера.
- Интерфейс ко всем компиляторам.
- Настройка на операционную систему реального времени.
- Интерфейс со всеми хостами.
- Быстрая загрузка.
- Показ внутренней и внешней периферии на логическом уровне.
- Программирование флеш-памяти.
- Контрольные точки аппаратных средств и триггеры (если поддерживается встроенным интерфейсом микросхемы).
- Отладка мультипроцессорных и многоядерных конфигураций.
- Возможность расширения для трассировки и поддержки триггеров.
- Трассировка на уровне программного обеспечения.
- Виртуальный анализатор.
- Программное обеспечение, совместимое со всеми инструментами TRACE32.



TRACE32-ICD – микропроцессорные средства разработки, основанные на отладке и логической трассировке (BDM, JTAG, ETM, OCDS, NEXUS), встроенные в микросхему. На этой основе TRACE32-ICD обеспечивает очень эффективный по стоимости отладчик плюс мощный трассировщик и инструмент анализа на этапе исполнения. TRACE32-ICD может быть связан с хостом через Ethernet, USB или параллельный интерфейс LPT.

➤ Семейство TRACE32-ICD

➤ TRACE32-ICD

Успешный внутрисхемный отладчик с возможностью расширения для трассировки доступен с 1995 года. Он поддерживает больше 15 архитектур, включая такие популярные архитектуры, как ARM и PowerPC.



➤ TRACE32-POWERDEBUG/POWERTRACE

TRACE32-PowerDebug/PowerTrace – дальнейшее развитие успешного продукта TRACE32-ICD, основывается на многолетнем опыте внутрисхемной отладки и разработке средств трассировки специалистами Lauterbach. TRACE32-PowerDebug обеспечивает повышенную производительность системы. Главные особенности TRACE32-PowerTrace – повышенная производительность системы, очень большая память трассировки, расширенные возможности измерений во время выполнения и анализ производительности. Таким образом, TRACE32-ICD PowerTrace играет важную роль при проверке качества программного обеспечения.



➤ КОНЦЕПЦИЯ АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ

➤ TRACE32-ICD

Интерфейсы с хостом

- LPT
- Ethernet
- USB

Power Debug Module

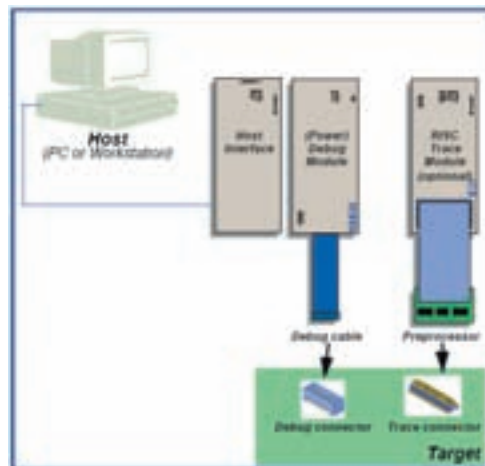
Универсальные аппаратные средства отладчика для всех архитектур.

Специфичный для CPU кабель отладки (Debug cable)

(Дополнительный) модуль трассировки на базе RISC-архитектуры

Универсальные аппаратные средства трассировки для всех архитектур:

- поддержка трассировки шины или программ/ потока данных;
- 64/128/256/512 К фреймов памяти трассировки;
- 94 канала;
- максимальная скорость для каждого CPU;
- 36-битовые временные отметки с разрешением 25 нс.



Препроцессор, специфичный для CPU

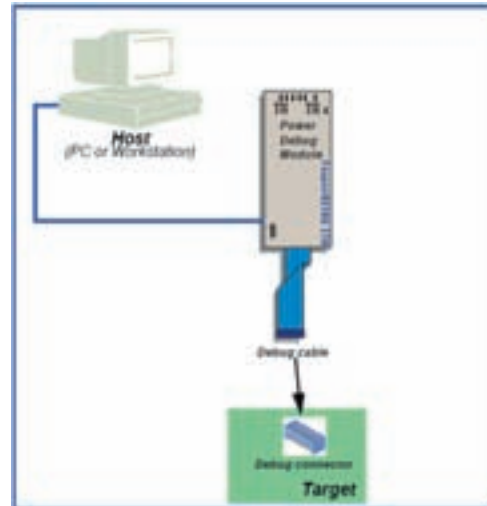
Специфичный для CPU препроцессор для передачи данных трассировки от целевой платформы до модуля трассировки на базе RISC-архитектуры.

➤ TRACE32-ICD POWERDEBUG

Power Debug Module

Универсальные аппаратные средства отладки для всей архитектуры. Связь с хостом через Ethernet или USB.

Кабель отладки, специфичный для CPU (Debug cable)



➤ TRACE32-ICD POWERTRACE

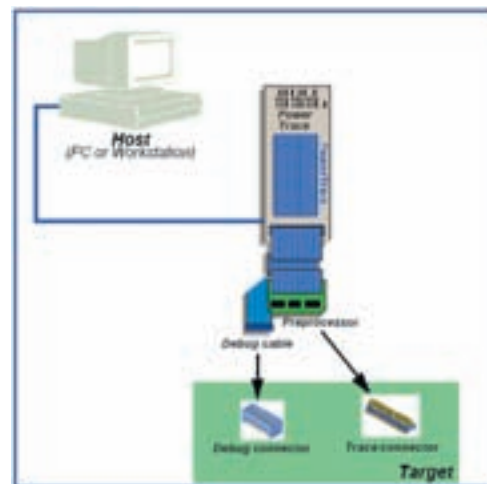
PowerTrace

- Универсальные аппаратные средства отладки для всех архитектур.
- Ethernet- или USB-интерфейсы.
- Поддержка трассировки программ и потока данных.
- 16М фреймов памяти трассировки.
- 96 каналов.
- Максимальная скорость для каждого CPU.
- 32-битовые временные отметки с разрешением 20 нс.
- Анализ времени исполнения и производительности.
- Покрывтие кода.

Кабель отладки, специфичный для CPU

Препроцессор, специфичный для CPU

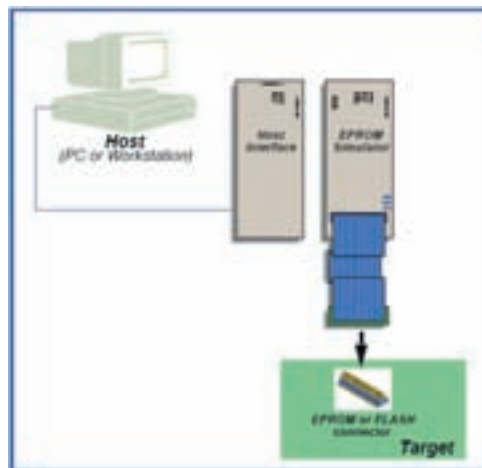
Специфичный для CPU препроцессор для передачи данных трассировки от целевой платформы до памяти трассировки в устройстве PowerTrace.



➤ Монитор TRACE32-ICD

Монитор TRACE32-ICD основан на решении ROM Монитора. Программа монитора размером 8 Кбайт может быть расположена в любом месте адресного пространства. Монитор может быть прилинкован и загружен отдельно, или он может быть прилинкован и загружен вместе с пользовательской программой. Чтобы осуществить мониторинг, некоторые векторы прерываний должны быть сохранены для использования программой монитора, и это должно быть учтено в целевом проекте программного обеспечения. Взаимодействие между отладчиком на хосте и программой монитора на целевой платформе осуществляется с использованием симулятора стираемой программируемой постоянной памяти (EPROM) или через RS232.

Симулятор EPROM может поддерживать два 8-битовых или один 16-битовый EPROM. Комбинация нескольких модулей позволяет 32- или 64-битовые конфигурации. Во время симуляции EPROM целевой системы может имитироваться программное обеспечение в симуляторе EPROM.



Интерфейсы с хостом

- LPT
- Ethernet
- USB

Симулятор EPROM

Универсальный симулятор EPROM

- 8/16/64 Мбит симулятор EPROM.
- Время доступа 40 нс.
- 5V и 3.3V.
- Коннектор к DIL, PLCC, SO44 и универсальный коннектор ESICON.

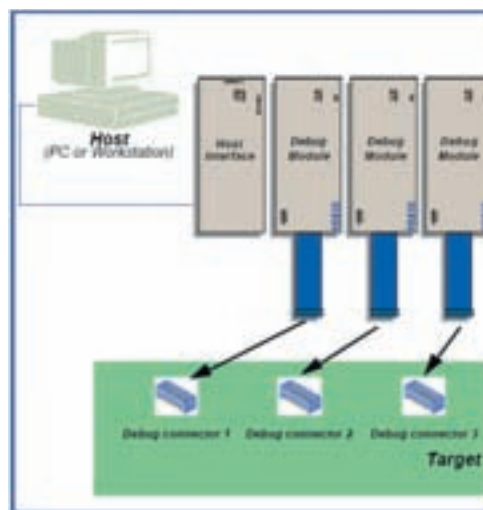
➤ Отладка мультипроцессорных систем

Максимум 4 отладчика может быть присоединено к хост-интерфейсу для конфигурирования мультипроцессорной среды разработки. Также можно использовать

2 отладчика и 2 модуля трассировки. Для задания конфигурации многопроцессорной системы в TRACE32 используется файл конфигурации.

➤ СТАРТ/ОСТАНОВ СИНХРОНИЗАЦИИ

Если несколько процессоров должны быть включены и остановлены одновременно в максимально возможной степени, необходимо определить, какие функции являются ведущими (master) и какие подчиненными в полной конфигурации. Система может также быть установлена так, чтобы все процессоры рассматривались как ведущие и ведомые – так, что когда любой процессор запущен, все другие процессоры запускаются, и когда любой процессор остановлен, все другие останавливаются. Синхронное начало может быть выполнено в пределах приблизительно 10 микросекунд. Синхронная остановка, например, в контрольной точке может быть осуществлена точно. При этом основное требование: у интерфейса отладки используемого процессора должны быть триггерный вход и триггерный выход. Если дело обстоит не так, то асинхронная остановка должна быть осуществлена средствами программного обеспечения, которое, однако, требует большего времени.



➤ Отладка многоядерных систем

Выражение «отладка многоядерных систем» применено к тестированию нескольких ядер на чипе. Если есть несколько ядер, объединенных на чипе, и у каждого ядра есть свой собственный интерфейс отладки, могут использоваться те же самые аппаратные средства и конфигурация программного обеспечения, что и для отладки мультипроцессорных систем. Возникает другая ситуация, когда все ядра управляются через один и тот же интерфейс отладки для экономии ресурсов. Это возможно, например, в конфигурации из нескольких каскадируемых ядер, которые работают через единственный порт отладки. Подобное решение является популярным в настоящее время для чипов с ядрами ARM, так как такую конфигурацию очень легко осуществить с помощью интерфейса JTAG. В этом случае отладчик требует возможности работы с определенным ядром в цепи и гарантии, что через последовательности контроля проходят другие ядра. В случае если разработчик хочет работать с единственным ядром, положение ядра в цепи может быть установлено средствами программного обеспечения.

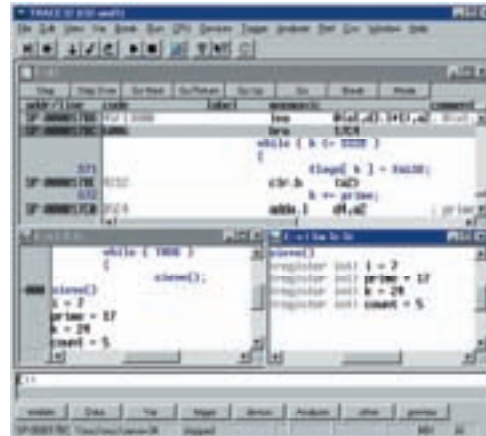
Если более чем одно ядро должно быть проверено одновременно, необходимы несколько модулей отладки, как и в случае отладки мультипроцессорной системы. Должны быть несколько коннекторов отладки с теми же самыми сигналами JTAG на целевой системе. Кроме того, можно использовать адаптер, который разделяет интерфейс JTAG для нескольких отладчиков.

Так как несколько отладчиков теперь используют один и тот же порт отладки, должны быть сделаны шаги, чтобы гарантировать, что только один отладчик получает доступ к порту отладки в любой момент времени. Это может быть автоматизировано задачей отладки на хосте, управляющем тем, кто имеет исключительный доступ к порту отладки с помощью программных средств семафора. Существуют и другие опции конфигурации для многократных ядер в чипе, кроме конфигурации в виде цепочки.

➤ Концепция отладчика на уровне программного обеспечения

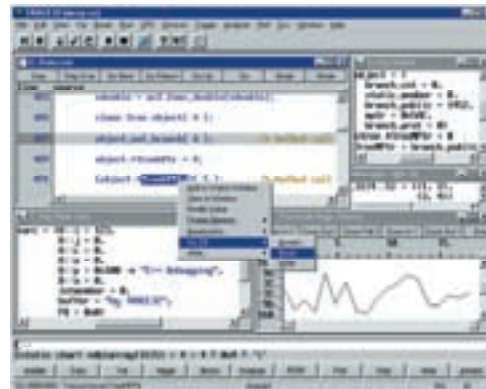
➤ Символьная отладка

Иерархическая база данных символов обеспечивает поддержку структурированной символьной отладки. Символьные имена могут иметь до 255 значащих символов типа long и могут использоваться для показа адреса программы, названия модуля и класса памяти. Дисассемблер может использовать символы для меток и/или операндов. Также могут использоваться имена для C++.



➤ Отладка на уровне языка высокого уровня

TRACE32 может загрузить вывод всех стандартных компиляторов для C, C++, Java, Паскаль, Modula2, PEARL и АДА от большинства продавцов компиляторов. Показ программы и отладка могут быть сделаны на ассемблере, языке высокого уровня или в смеси обоих. Можно построить окна для ассемблера и окна для языка высокого уровня на экране одновременно. Могут быть показаны и изменены все типы переменных, определенных для языка высокого уровня. Адреса могут быть абсолютными, относительными или базироваться по номеру строки.



➤ Отладка

Отладчик использует следующую реализацию контрольной точки, чтобы остановить выполнение программы на определенной команде:

- неограниченное число контрольных точек программного обеспечения для кода в RAM;
- ограниченное число так называемых внутрисхемных контрольных точек для кода в ROM или флеш-памяти.

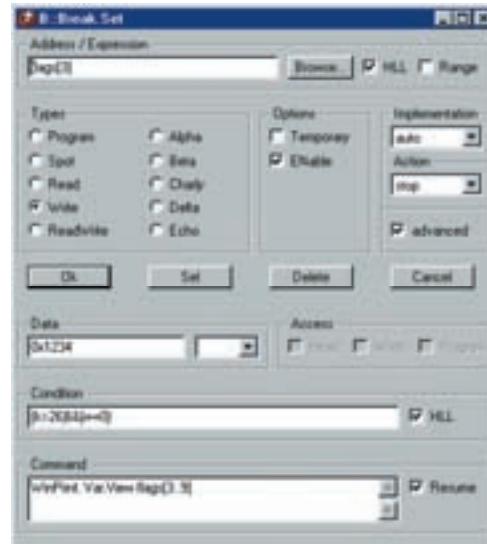
Могут также использоваться внутрисхемные контрольные точки, чтобы остановить выполнение программы после доступа чтения – записи к определенному адресу памяти. Число доступных внутрисхемных контрольных точек зависит от ресурсов, которые обеспечивает используемый центральный процессор.

➤ РАСШИРЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК

TRACE32-ICD обеспечивает также простой путь для установки сложных условий останова:

- установка контрольных точек при чтении и записи определенных значений данных;
- соединение контрольной точки с условием;
- соединение контрольной точки с командами, которые выполняются всякий раз, когда достигается контрольная точка.

Также возможна комбинация всех этих вариантов.



➤ НАСТРОЙКА НА ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ (RTOS)

Внутрисхемные отладчики обеспечивают функции показа, близко отражающие набор команд интегрированного отладчика RTOS. Могут быть показаны ресурсы системы, например задачи, объекты, разделы, очереди, области и семафоры.



Окно списка задачи и детализированное окно одной определенной задачи

➤ ПЕРИФЕРИЯ

- Показ периферии микросхемы.
- Определяемый пользователем показ периферии микросхемы.
- Выпадающее меню параметров настройки.
- Дополнительное описание для каждого поля.



➤ ПРОГРАММИРОВАНИЕ ФЛЕШ-ПАМЯТИ

TRACE32 поддерживает программирование внешней флеш-памяти так же, как программирование внутренней флеш-памяти микроконтроллеров. Программированием может управлять отладчик или процедура на целевой системе.



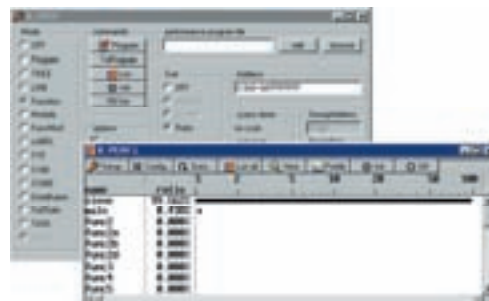
➤ ТРАССИРОВКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Если ваш TRACE32-ICD не оборудован аппаратным трассировщиком, вы можете использовать возможность трассировки с помощью программного обеспечения для сбора информации о программе и данных. Здесь вместо реальной памяти трассировщика на целевой системе используются массивы для хранения данных трассировки. Записи в это множество могут быть сделаны путем изменения целевой программы. Те же самые команды показа трассировки могут использоваться для трассировки программного обеспечения и реальной памяти трассировки. Типичное использование трассировки программного обеспечения – трассировка и анализ переключателей задачи. Трассировка процесса выполнения программы доступна для архитектуры, которая обеспечивает способность трассировки ветвлений, как все семейства PowerPC и SuperH SH4.



➤ Анализ производительности

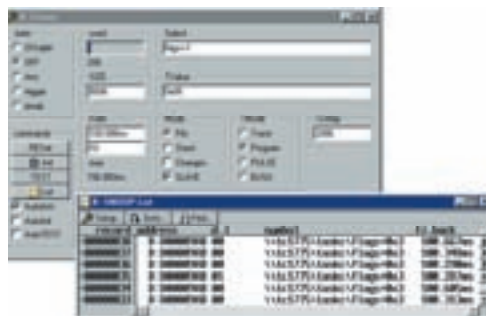
TRACE32-ICD предлагает долговременный анализ производительности. Например, чтобы определить, какие функции или модули используются больше всего в общем времени работы, текущий счетчик программы периодически регистрируется и статистически оценивается.



➤ Виртуальный анализатор

TRACE32-ICD обеспечивает возможность контроля изменения в отобранных данных в течение времени. Основное требование для этой возможности: интерфейс отладки используемого центрального процессора должен поддерживать чтение памяти целевой системы в то время, когда программа работает.

Чтобы контролировать отобранные данные, виртуальный анализатор читает соответствующие ячейки памяти в фиксированном шаблоне времени во время работы программы и передает их содержимое в память виртуального трассировщика. Так как виртуальный трассировщик – это программное обеспечение, он может иметь любой размер.



➤ Мощный язык скриптов

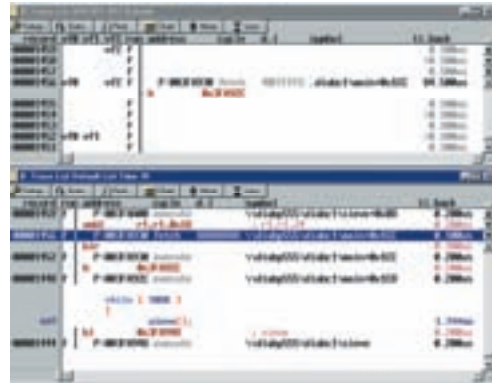
Пакетный язык скриптов PRACTICE в TRACE32 поддерживает автоматическое тестирование, автоматическое конфигурирование системы и конструирование командных макроопределений для ускорения цикла разработки.

➤ Настройка GUI

Пользовательский интерфейс TRACE32 открыт и позволяет адаптировать меню, кнопки и диалоги к требованиям пользователя.

➤ **ТРАССИРОВКА ПРОЦЕССА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ**

Расширение трассировки TRACE32-ICD работает как трассировка процесса выполнения программы для большинства центральных процессоров. Из-за высоких скоростей большинство центральных процессоров не обеспечивает полную видимость внутренней программы и потока данных. Они оборудованы так называемым портом трассировки (специальные штырьки центрального процессора). Через этот порт поступает сокращенная информация о внутренней программе, которая выполняется. Это сокращенная информация включает информацию статуса программы, адреса перехода прямых/косвенных ветвей и на некоторых центральных процессорах – сокращенную информацию потока данных.



TRACE32-ICD считывает эту информацию для каждого часа и обрабатывает данные, чтобы предложить разработчику полную информацию о программе/потоке данных. Сокращенные данные включают небольшое количество информации, чтобы обеспечить возможность выборочной трассировки.

➤ **Анализ производительности, основанный на трассировке**

Измерение производительности, используемое в TRACE32-ICD, является статистическим процессом. Такое измерение не имеет абсолютно никакого влияния на поведение в реальном времени.





➤ ОТЛАДЧИК ОТ LAUTERBACH ДЛЯ ОСРВ LYNXOS

Основные свойства:

- Оперативный, дружелюбный показ ресурсов системы LynxOS.
- Отладка ядра и/или приложений.
- Специфичный именно для LynxOS показ распечатки трассировки.
- Статистическая оценка и графический показ работы нити.
- Оценка времен работы функций нити.
- Статистическая оценка и графический показ состояния нити.
- Показ содержимого стека нити.
- Функции языка PRACTICE для данных LynxOS.
- Специальное выпадающее меню для LynxOS.

Система TRACE32 включает конфигурируемый многозадачный отладчик, обеспечивающий символьную отладку в ОСРВ. TRACE32 содержит готовую к работе конфигурацию для ядра реального времени LynxOS от LynuxWorks. В результате сотрудничества с LynuxWorks Lauterbach построил очень удобный интерфейс для LynxOS, который обеспечивает самую эффективную отладку с помощью TRACE32 целевых платформ, работающих в среде LynxOS.

➤ Исследование ОСРВ LynxOS с помощью TRACE32

➤ ОПЕРАТИВНЫЙ, ДРУЖЕЛЮБНЫЙ ПОКАЗ РЕСУРСОВ СИСТЕМЫ LYNXOS

Отладчик ОСРВ TRACE32 для LynxOS обеспечивает функции, близкие к набору команд SKDB (Simple Kernel Debugger) LynxOS. Процессы и нити могут быть показаны и исследованы. Кроме того, при использовании

двухпортовой памяти эмуляторов (если они доступны), показ всех этих областей может быть осуществлен в режиме реального времени. Таблицы обновляются непрерывно, вообще не затрагивая приложение.

magic	pid	ppid	prio	spaceid	signals	mask	sem	state	name
00122900	0.	0.	0.	0000	00000000	FFFFFFFF	00000000	ready	nullpr
00122C1C	1.	1.	16.	0001	00000000	00000000	00122C30	waiting	/init
00122D00	2.	1.	17.	0002	00000000	00000000	00000000	current	/hello_world

Окно списка процессов

magic	tid	pid	prio	stklen	signals	mask	sem	state	name
00107000	0.	0.	0.	0.	00000000	FFFFFFFF	00000000	ready	nullpr
00107300	1.	1.	16.	0.	00000000	00000000	00122C30	waiting	/init
00107700	2.	0.	17.	4096.	00000000	00000000	00137C04	waiting	TX
00107B10	3.	0.	17.	4096.	00000000	00000000	0013840C	waiting	KX
00107EC0	4.	2.	17.	0.	00000000	00000000	00000000	current	/hello_world

Окно списка нитей

➤ Отладка ядра и/или приложения

TRACE32 – это прежде всего инструмент отладки аппаратно-программных средств, поэтому вы в состоянии отладить очень многие вещи, включая код загрузки, фазу инициализации платы, процедуры прерываний, драйверы, ядро, и т. д. TRACE32 включает полную поддержку MMU, обеспечивая механизмы просмотра памяти на целевой платформе, используя виртуальные или физические адреса вместе с таблицами перекодировки одних в другие.

Дополнительно у TRACE32 есть специальная поддержка MMU сразу нескольких адресных пространств, которая позволяет отлаживать одновременно несколько приложений LynxOS (процессов).



Список контролируемых процессов

Внутренняя логика предоставляет свободный проход по всем областям памяти всех процессов. Специальный механизм обнаружения процесса позволяет останавливать приложение точно в пункте входа в процесс, разрешая вам отладить ваш процесс прямо от main() функции.

➤ Контрольные точки, относящиеся к нити

Может быть установлен любой набор контрольных точек в отладчике TRACE32, в зависимости от конкретной нити. Это означает, что контрольная точка остановится

в том случае, если принадлежит указанной нити. Это позволяет привязывать трассу отладки к конкретной нити даже в разделяемом коде.

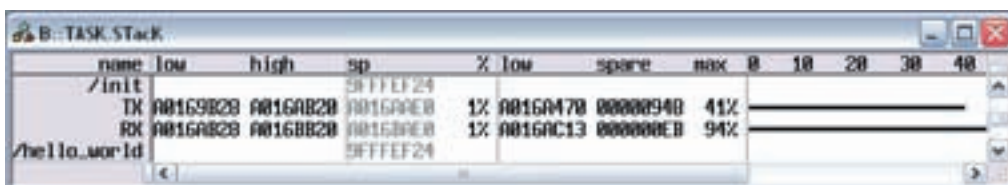


Список точек прерывания с привязкой к нитям

➤ Содержимое стека нити

В режиме реального времени системы весьма важно знать, какой объем стека используется каждой нитью. С этой целью специальное

окно показывает нить и максимальное использование объема стека каждой отдельной нитью.

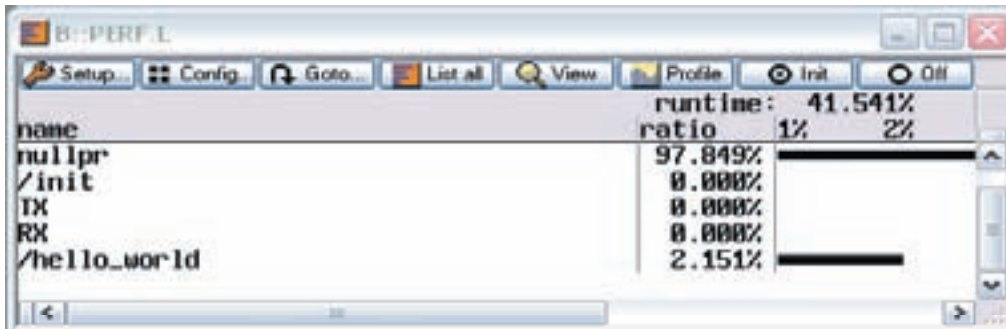


Окно содержимого стека нити

➤ ДИНАМИЧЕСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ РАБОТЫ НИТИ

Во время работы LynxOS TRACE32 способен к рекуррентной оценке каждой работающей нити и сбору результатов. Например, может показываться графически и постоянно обновляться процент процессорного времени,

который тратится на каждую нить системы. Чем более длительное время осуществляется измерение, тем более точные результаты получаются. Эта особенность доступна даже без какого-либо аппаратного трассировщика.



Список измерения производительности

➤ ПОКАЗ РАСПЕЧАТКИ ТРАССИРОВКИ, СПЕЦИФИЧНЫЙ ДЛЯ LYNXOS

Данные, зарегистрированные в оперативном буфере трассировки (если он доступен), могут быть показаны и интерпретированы специальным образом применительно

к операционной системе. Например, переключения нити могут показываться вместе с другой информацией.

➤ СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ГРАФИЧЕСКИЙ ПОКАЗ РАБОТЫ НИТИ

Беря данные из оперативного буфера трассировки (если он доступен), анализатор может вычислять статистические таблицы работы нити и время переключения нити.

Графическая диаграмма показывает, какая нить была активной в определенное время, создавая ясное представление о поведении системы.

➤ ОЦЕНКА РАБОТЫ ФУНКЦИЙ, ПРИВЯЗАННАЯ К КОНКРЕТНОЙ НИТИ

Могут быть сделаны статистическая и графическая оценка запросов функций, время работы функций в зависимости от фактически работающей нити. Это

необходимо, если различные нити вызывают одну единственную функцию в то же самое время или если переключение нити происходит внутри функции.

➤ СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ГРАФИЧЕСКИЙ ПОКАЗ СОСТОЯНИЙ НИТИ

При установке трассировки табличный и графический анализ работы нитей показывает различные состояния нити (то есть: работает, готова, ожидает, приостановлена и неопределенное

состояние) и время, которое каждая нить была в каждом состоянии. Графическое представление данных может помочь обнаружить проблемы установления приоритетов, критические пути и т. д.

➤ Функции языка PRACTICE для данных OS

Поддержка LynxOS включает расширенные функции языка PRACTICE для специальных данных LynxOS, которые используются в скриптах установки и тестирования.

Например, функция `task.proc.space (hello_world)` возвращает id области памяти MMU, которую использует этот процесс.

➤ СПЕЦИАЛЬНОЕ ВЫПАДАЮЩЕЕ МЕНЮ ДЛЯ LYNXOS

Поскольку меню пользовательского интерфейса TRACE32 может быть полностью настроено, вы можете создать новое выпадающее меню, включающее специальные команды операционной системы LynxOS. Мы поставляем поддержку LynxOS с примером для такого специального меню, которое обеспечивает быстрый и свободный доступ к особенностям LynxOS.



Trace32 с окном исходного кода, списком процессов и открытым меню LynxOS

ЗАО "РТСофт"
105077, Москва, а/я 158
тел.: (495) 742-68-28
(495) 967-15-05
факс: (495) 742-68-29
rtsoft@rtsoft.msk.ru
www.rtsoft.ru

ISO 9001:2000

