

## Средства разработки программного обеспечения для процессоров ЦОС TMS320

Разработка программного обеспечения для процессоров цифровой обработки сигналов (ЦОС) семейства TMS320 фирмы Texas Instruments осуществляется с помощью кросс-средств, т.е. написание, компиляция и создание исполнительного модуля происходит на инструментальном компьютере, а затем с помощью специальных средств исполнительный модуль переносится для функционирования в среду процессора ЦОС. В качестве инструментальных компьютеров широко применяются персональные компьютеры ПК IBM PC, а также рабочие станции фирм Sun Microsystems, Hewlett Packard и др. Для отладки программного обеспечения на инструментальном компьютере путем моделирования работы процессора ЦОС служат программные симуляторы фирм TI и GO DSP, а отладка ПО в среде процессора ЦОС в реальном времени осуществляется с помощью специальных аппаратно-программных эмуляционных средств.

### Средства компиляции ПО для процессоров ЦОС TMS320

Разработка программного обеспечения для процессоров ЦОС семейства TMS320 поддерживается ассемблерами и оптимизирующими компиляторами языка C фирмы Texas Instruments, которые генерируют высокоэффективный компактный код. Кроме того, процессоры TMS320C54x и TMS320C6x поддерживаются алгебраическими ассемблерами, команды которых имеют привычный алгебраический синтаксис. Для сверхвысокопроизводительных процессоров нового поколения TMS320C62xx и TMS320C67xx язык C является основным языком программирования, причем предусматривается также автоматическая оптимизация ассемблерного кода, а совместимость с ранее разработанным ПО для широко распространенных процессоров TMS320C3x/C4x обеспечивается специальными конверторами. Ассемблеры и компиляторы языков C фирмы Texas Instruments выпускаются в версиях для функционирования на ПК в средах DOS, Windows95/NT, а также для рабочих станций UNIX.

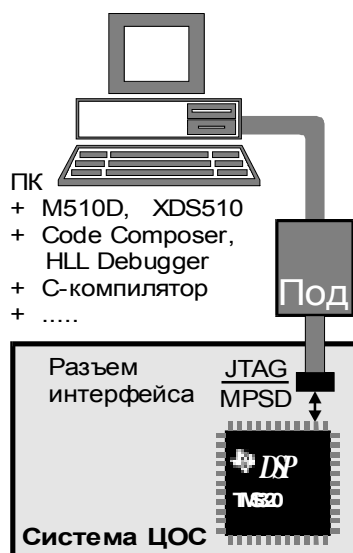


Рис. 1. Подключение скан-эмулятора к процессорам ЦОС TMS320.

### Скан-эмуляция процессоров ЦОС TMS320

Начиная с процессора TMS320C30, выпущенного в 1988 г., процессоры ЦОС TMS320 используют технологию скан-эмуляции для отладки аппаратно-программных средств систем на базе этих процессоров. Скан-эмуляция процессоров ЦОС TMS320 осуществляется с помощью встроенного в процессор интерфейса стандарта MPSPD (процессор ЦОС TMS320C3x) или JTAG (процессоры ЦОС TMS320C2xx/C4x/C5x/C54x/C6x/C8x) под управлением внешнего эмуляционного контроллера, располагаемого, как правило, в инструментальном компьютере (Рис. 1). Эмуляционный контроллер функционирует под управлением отладчика и соединяется с интерфейсом MPSPD или JTAG процессора TMS320 с помощью выносного буферного пода. Метод скан-эмуляции имеет следующие особенности по сравнению с другими способами отладки и методом внутрисхемной эмуляции, который был реализован для первых моделей процессоров ЦОС TMS320C1x/C2x:

- идентичность содержимого памяти, временных и нагрузочных параметров процессора в режимах эмуляции и реальной работы
- доступ к программно недоступным ресурсам процессора
- отсутствие временных, емкостных и других искажений

- исключение процедур установки/изъятия процессора из подсхемного гнезда и необходимости применения многоконтактного высокочастотного пода для вставки в гнездо процессора
- управление скан-эмуляцией процессора через скан-интерфейс с малым числом контактов
- простота подключения эмуляционного контроллера к эмулируемому процессору без извлечения его из схемы
- низкая стоимость средств скан-эмуляции

Аппаратно-программные средства скан-эмуляции процессоров TMS320 предоставляют разработчику следующие базовые возможности:

- контроль и установка внутренних регистров и портов процессора
- доступ во внутреннюю и внешнюю память процессора, загрузка и выгрузка программ и данных
- отладка программы одновременно в сопряженных окнах С-кода и ассемблера
- поддержка до 200 точек останова, выполнение программы в различных режимах в реальном времени
- поддержка аппаратных точек останова и подсчет числа событий
- измерение времени выполнения участков программы в режиме реального времени и ее профайлинг по секциям
- подключение эмуляционного контроллера к любому количеству процессоров с интерфейсами JTAG, объединенных в "дейзи-цепочку"

В настоящее время на российском рынке представлены скан-эмуляторы XDS510 (TI) и двухканальные скан-эмуляторы *MIRAGE-510D* (МикроЛАБ Системс) для ПК, а также дочерние универсальные эмуляционные модули *UECM* для систем ЦОС *TORNADO* фирмы МикроЛАБ Системс.



Рис. 2. Двух-канальный скан-эмулятор *MIRAGE-510D*.

эмулируемые процессоры TMS320 на расстоянии 1 м от инструментального ПК. Плата *MIRAGE-510D* содержит два независимых канала (каналы "А" и "В") с идентичными контроллерами управления скан-эмуляцией процессоров TMS320 и предусматривает установку микросхем канала "В" в подсхемники. Это минимизирует стоимость скан-эмулятора при поставке в одноканальном варианте (без микросхем канала "В") для однопроцессорных приложений. Активность каналов "А" и "В" эмулятора управляется программно.

Буферные поды осуществляют трансляцию сигналов между скан-интерфейсами эмулируемых процессоров и контроллерами управления скан-эмуляцией на плате *MIRAGE-510D*. Каждый буферный под подключается к плате скан-эмулятора *MIRAGE-510D* с помощью разъемного плоского экранированного кабеля, минимизирующего уровень внешних радиочастотных помех. Скан-эмулятор *MIRAGE-510D* предусматривает подключение двух типов буферных подов: MPSD под для процессоров ЦОС TMS320C3x и JTAG под для

### **Двух-канальный скан-эмулятор *MIRAGE-510D***

Универсальный скан-эмулятор *MIRAGE-510D* (Рис. 2) производства фирмы МикроЛАБ Системс предназначен для разработки и диагностики аппаратно-программных средств одно- и мультипроцессорных систем на базе процессоров TMS320. *MIRAGE-510D* функционирует в составе ПК IBM PC под управлением отладчиков TI HLL Debugger и интегрированной среды разработки Code Composer фирмы Go DSP.

*MIRAGE-510D* содержит два независимых канала управления скан-эмуляцией процессоров TMS320 и позволяет одновременно управлять двумя скан-интерфейсами MPSD/JTAG процессоров в любой комбинации.

Конструктивно *MIRAGE-510D* выполнен в виде платы, устанавливаемой в ПК IBM PC, и подключаемых к ней двух буферных подов, позволяющих располагать

процессоров ЦОС TMS320C2xx/C4x/C5x/C54x/C6x/C8x. Подключение подов к скан-интерфейсам MPSPD и JTAG эмулируемых процессоров осуществляется соответственно с помощью 12-ти и 14-ти контактных разъемов в соответствии с технической документацией фирмы TI.

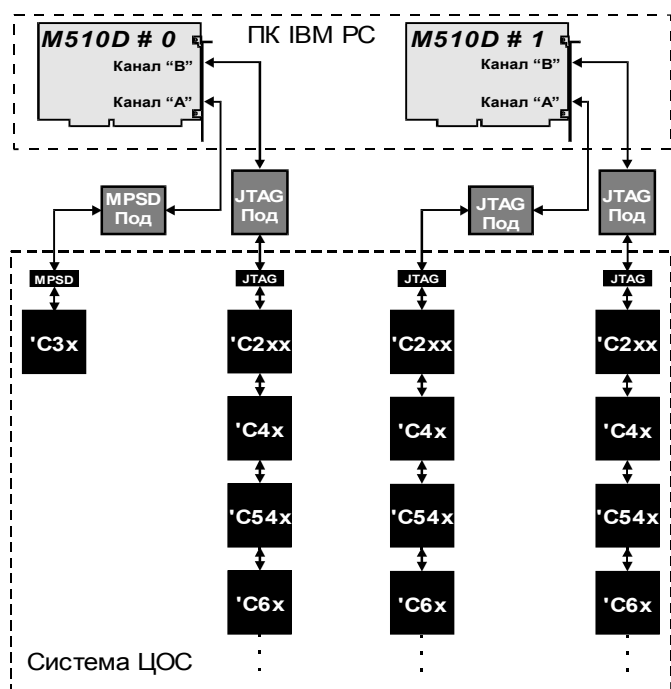


Рис. 3. Подключение скан-эмуляторов MIRAGE-510D к мультипроцессорной системе ЦОС с различными типами процессоров TMS320.

Для отладки мультипроцессорных систем допускается установка до двух плат MIRAGE-510D в один ПК, что позволяет одновременно управлять четырьмя скан-интерфейсами процессоров TMS320 в любой комбинации (Рис. 3).

MIRAGE-510D обладает следующими преимуществами перед эмулятором XDS510:

- MIRAGE-510D обеспечивает одновременное управление двумя скан-интерфейсами MPSPD/JTAG процессоров TMS320
- стоимость двух-канального MIRAGE-510D существенно ниже стоимости XDS510, который позволяет управлять только одним каналом скан-эмуляции
- MIRAGE-510D поставляется в одно- и двухканальном вариантах
- MPSPD под скан-эмулятора MIRAGE-510D имеет два выходных сигнала противоположной полярности для управления сбросом эмулируемого процессора, что повышает надежность управления скан-эмуляцией, и имеет светодиодную индикацию активности пода и сигналов POWER, CLOCK и RESET эмулируемого процессора ЦОС TMS320C3x

- JTAG под скан-эмулятора MIRAGE-510D имеет переключатель полярности синхронизации сигналов TMS/TDI для увеличения тактовой частоты скан-интерфейса JTAG и светодиодную индикацию активности пода и сигналов POWER, CLOCK и TRST эмулируемого процессора

Скан-эмулятор MIRAGE-510D выпускается более 5 лет. За это время российские и зарубежные пользователи высоко оценили его функциональные возможности и надежность. Так специалисты фирмы GO DSP применяют скан-эмулятор MIRAGE-510D для разработки и тестирования среды Code Composer и отмечают, что MIRAGE-510D идеально функционирует во всех ПК и со всеми процессорами ЦОС TMS320.

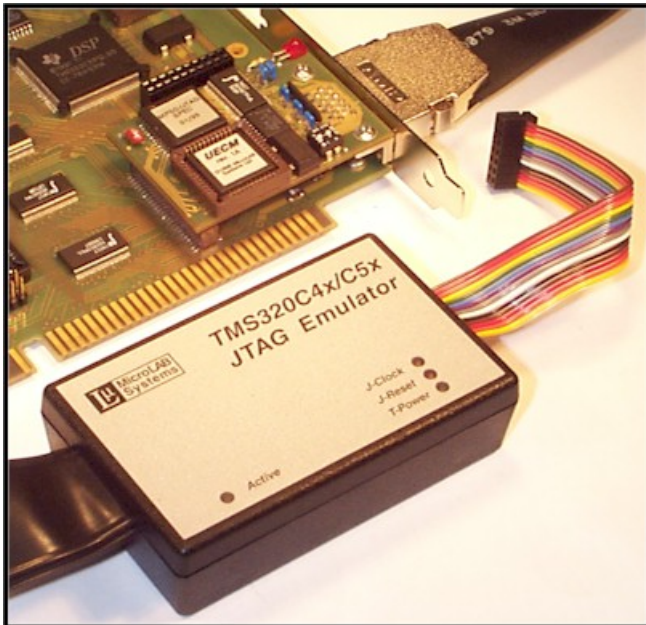


Рис. 4 Универсальный эмуляционный модуль UECM с буферным подом, установленный на плату системы ЦОС TORNADO.

## Универсальный эмуляционный модуль UECM для систем ЦОС TORNADO

Универсальный эмуляционный модуль UECM (рис. 4) производства фирмы МикроЛАБ Системс функционально эквивалентен одному каналу скан-эмулятора MIRAGE-510D и предназначен для разработки ПО систем ЦОС TORNADO фирмы МикроЛАБ Системс (речь о них пойдет в следующем номере журнала "Электроника и компоненты"). Модуль UECM устанавливается как дочерний модуль на платы систем ЦОС TORNADO и позволяет эмулировать как процессоры TMS320 на платах TORNADO, так и внешние процессоры TMS320, подключение к скан-интерфейсам которых осуществляется с помощью буферных подов, рассмотренных выше.

## Отладчики TI HLL Debugger

Отладчики TI HLL Debugger фирмы Texas Instruments поддерживают скан-эмуляторы XDS510, MIRAGE-510D и универсальный эмуляционный модуль UECM и обеспечивают отладку аппаратно-программных средств систем ЦОС на бпзн процессоров TMS320. Отладчики HLL Debugger представляют собой многооконные интегрированные программные оболочки, которые функционируют в средах MS-DOS, Windows и OS/2.

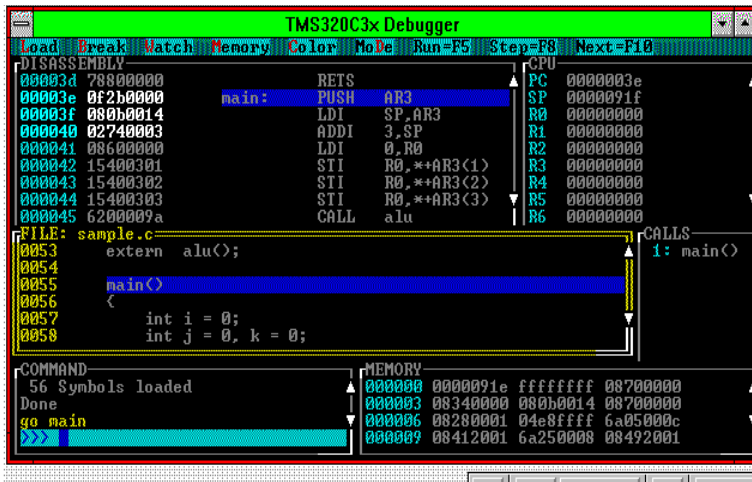


Рис. 5. Интерфейс отладчика TI HLL Debugger.

Отладчик TI HLL Debugger (Рис. 5) имеет сопряженные окна С-кода и Ассемблера, окна регистров процессора, памяти, структур данных, трассировки переменных, окно диалога, пэтч-ассемблер. Находясь в среде отладчика HLL Debugger, разработчик может контролировать и изменять содержание регистров и ячеек памяти процессора, загружать и управлять выполнением программы в среде процессора TMS320, а также одновременно отлаживать программное обеспечение на языке С и ассемблере в сопряженных окнах. Отладчики поддерживают программные и аппаратные точки останова в режиме реального времени, позволяют измерять времена исполнения участков программы и осуществлять многосекционный профайлинг программы.

Для каждого эмулятора, типа процессора и исполнительной среды поставляется отдельный отладчик HLL Debugger, совместимый с соответствующим ассемблером и компилятором языка С. Отладчики для скан-эмулятора MIRAGE-510D и модуля UECM полностью идентичны отладчикам для скан-эмулятора XDS510 и совместимы по пользовательскому интерфейсу с соответствующими программными симуляторами фирмы Texas Instruments. Это обеспечивает полностью сквозной и преемственный процесс разработки и отладки программного обеспечения для процессоров TMS320, начиная с программной симуляции и кончая отладкой на аппаратуре.

## Интегрированная среда разработки ПО Code Composer IDE фирмы GoDSP Corp.

Интегрированная среда разработки Code Composer (Рис. 6) производства фирмы GO DSP поддерживает отладку аппаратно-программных средств с помощью скан-эмуляторов XDS510, MIRAGE-510D и универсального эмуляционного модуля UECM. В отличии от отладчиков HLL Debugger настройка среды Code Composer на соответствующий эмулятор или модуль UECM осуществляется просто путем инсталляции драйвера соответствующего устройства. Следует отметить, что среда Code Composer создана на базе отладчиков фирмы Texas Instruments, наследует все их функциональные возможности и предоставляет разработчику ряд принципиально новых возможностей, которые также отсутствуют и в других отладочных средствах для процессоров ЦОС различных производителей. Code Composer является

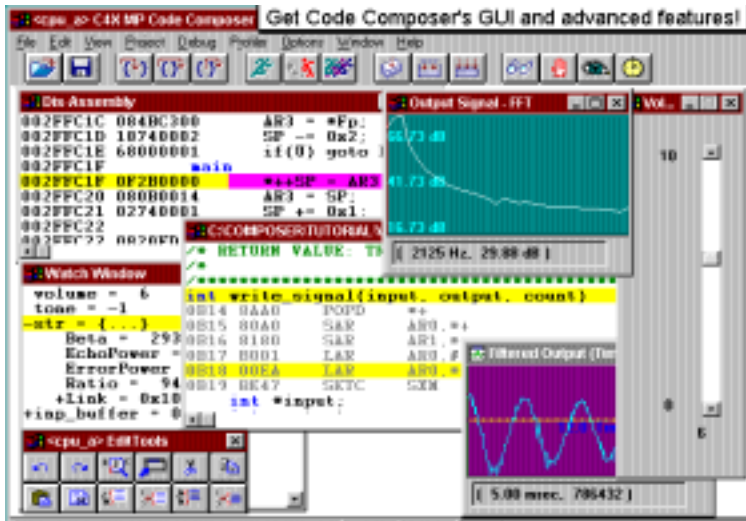


Рис. 6. Интерфейс интегрированной среды разработки ПО Code Composer IDE фирмы GoDSP Corp.

первой коммерческой интегрированной средой разработки программного обеспечения, ориентированной исключительно на приложения цифровой обработки сигналов на базе процессоров TMS320.

Среда разработки Code Composer функционирует под управлением операционных систем Windows95/NT и имеет дружелюбный пользовательский интерфейс аналогичный интерфейсу среды проектирования ПО Microsoft Development Studio фирмы Microsoft. Находясь в единой среде проектирования Code Composer, разработчик может составлять, редактировать, компилировать и отлаживать в реальном времени ПО для одно- и мультипроцессорных систем на базе полного семейства процессоров TMS320. Среда Code Composer поддерживает разработку ПО с применением операционных систем реального времени Virtuoso, SPOX, Nucleus, которые будут рассмотрены в одном из соедующих номеров журнала "Электроника и компоненты".

Code Composer имеет встроенный многооконный текстовый редактор и менеджер проектов, который существенно упрощает процесс манипуляции с файлами Вашего проекта. Кто работал с ассемблерами, линкерами и С-компиляторами фирмы TI, тот знает как мучительно устанавливать параметры команд для запуска этих приложений. Командный процессор среды Code Composer обеспечивает интерактивную настройку с последующем запоминанием параметров командных строк для активизации этих приложений. Под управлением среды Code Composer процесс компиляции может осуществляться в фоновом режиме параллельно редактированию или отладке других программных модулей.

Отладчик среды Code Composer предоставляет разработчику мощные средства доступа и контроля ресурсов процессора и памяти, обработки "точек останова", контроля времен исполнения участков программы, управления процессом выполнения программы и ее отладки в сопряженных окнах на языке С и Ассемблере.

В отличие от других отладчиков для процессоров ЦОС, Code Composer предоставляет разработчику средства контроля процесса обработки сигналов в дополнение к средствам контроля процесса исполнения программы. По аналогии с понятием "точка останова" в среде Code Composer введено понятие новой контрольной точки - "точка анализа" (Probe Point). Точка анализа задает в теле алгоритма точку, в которой выполняются контрольные операции над результатами обработки сигналов по аналогии с операцией осциллографирования сигналов в различных точках электронной схемы. В среде Code Composer иммитация подачи тестирующих сигналов может осуществляться с помощью операции установки "точки анализа" в соответствующую точку алгоритма и выполнении в ней операции ввода данных из файла, содержащего тестовый сигнал. Контроль результатов обработки сигналов в "точках анализа" осуществляется с помощью отображения данных из внешней и внутренней памяти процессора в графическом виде в различных формах представления сигналов во временной и частотной областях. Также в "точке анализа" могут выполняться файловые операции вывода, например для передачи данных в САПРы проектирования алгоритмов ЦОС или другие пакеты анализа сигналов.



Определить эффективность исполнения вашей программы и степень утилизации процессора позволяет процедура “профайлинга” - сбора статистики о ходе исполнения программы в контрольных “точках профайлинга” (Profile Point). Расстановка, отмена и перемещение точек анализа и профайлинга вдоль алгоритма осуществляется аналогично точкам останова и не требует перекомпиляции программы.

Среда Code Composer имеет в своем составе встроенный язык программирования GEL (GO DSP Extension Language), который позволяет автоматизировать и, как следствие, существенно упростить и ускорить процесс разработки ПО. Язык GEL имеет богатый набор встроенных функций доступа как к ресурсам процессора (ячейки памяти, переменные и т.д.), так и к ресурсам инструментального ПК (диалоговые окна, система меню и т.д.). С помощью языка GEL Вы можете, например, создать графический интерфейс пользователя для отладки Вашего приложения, осуществлять диагностику аппаратуры и многое другое.

Таким образом, интегрированная среда разработки Code Composer имеет следующие преимущества перед отладчиками HLL Debugger:

- это единая среда написания, управления компиляцией и отладки программного обеспечения
- дружелюбный интерфейс пользователя более удобен, имеется гораздо больше сервисных функций
- введены новые контрольные точки - “точки анализа”, в которых осуществляется ввод-вывод данных (сигналов) в тело алгоритма в процессе исполнения программы,
- графическое представление данных в памяти процессора в виде сигналов и спектров, а не только в невоспринимаемом шестнадцатичном формате
- “осциллографирование” сигналов в “точках анализа” в процессе исполнения программы
- автоматизация процесса разработки с помощью встроенного языка программирования GEL

По функциональным возможностям и по интерфейсу пользователя среда Code Composer сравнима с лучшими аналогичными средствами проектирования для CISC- и RISC-процессоров и не имеет аналогов среди отладочных средств для процессоров ЦОС различных производителей (Desktop Engineering, May 1997). По оценкам специалистов, разработка ПО в среде Code Composer повышает производительность в 2,5 раза, “Среда Code Composer превосходна! ... Скажите своему начальнику, что Вы не можете без нее работать!”. (см. Internet-телеконференцию COMP.DSP).

#### **Фирма МикроЛАБ Системс, Россия**

Разработчик систем ЦОС *TORNADO* и двухканальных эмуляторов *MIRAGE-510D*. МикроЛАБ Системс является официальным дистрибьютором фирм Accelerated Technology (ОСРВ *Nucleus*), DSP Software Engineering (ПО для систем связи), Eonic Systems (ОСРВ *Virtuoso*), Go DSP (IDE *Code Composer*), Hyperception (САПР алгоритмов ЦОС *Hypersignal for Windows*), Momentum Data Systems (САПР ЦФ *QEDesign*), Spectron Microsystems (ОСРВ *SPOX*). *ПО этих фирм поставляется со специальными скидками для российского рынка только через фирму МикроЛАБ Системс. Покупая лицензионное ПО у официального дистрибьютора, Вы дополнительно к скидкам получаете техническую поддержку и возможность бесплатно получать новые версии.*

