

Программируем ЦПОС Blackfin

Владимир Бартнев, Максим Бартнев (Москва)

Приведены примеры программирования ЦПОС Blackfin с использованием отладочного модуля STAMP. На основе программы расчёта числа π методом Монте-Карло предложен новый способ оценки производительности ЦПОС.

Семейство ЦПОС Blackfin и отладочные модули STAMP

Семейство программируемых 16-разрядных ЦПОС Blackfin – это результат совместных усилий фирм Analog Devices и Intel по разработке новой архитектуры Micro Signal Architecture ADI [1]. Особенностью данной архитектуры является сочетание в одном микропроцессоре возможностей цифровой обработки сигналов, SIMD-обработки мультимедийных данных и RISC-подобный набор команд.

Главная цель создателей семейства Blackfin состояла в реализации ЦПОС массового применения с наивысшими показателями производительности при минимальной стоимости. Как показывают примеры использования ЦПОС этого семейства за последние несколько лет в различных мобильных устройствах, использующих в том числе интернет- и мультимедийные приложения, им это удалось. В частности, первый цифровой программируемый радиоприёмник (Software Defined Radio) для приёма DRM-радиостанций был изготовлен именно на ЦПОС этого семейства.

В настоящее время семейство ЦПОС Blackfin насчитывает около 30 прибо-

ров. Если первый ЦПОС этого семейства ADSP-21535 при тактовой частоте 300 МГц обеспечивал 600 млн. операций типа умножения-накопления в секунду, то более поздние представители, такие как ADSP-BF533 и ADSP-BF537, работают на частоте 750 МГц и производят свыше млрд. умножений-накоплений в секунду, а новейший прибор ADSP-BF561 стал двухъядерным, и его производительность достигает 2,4 млрд. умножений-накоплений в секунду. Сигнальные процессоры семейства Blackfin имеют развитую периферию, и, что самое главное, их цена поддерживается на низком уровне.

Как научиться программировать ЦПОС семейства Blackfin? С чего начать? В настоящее время разные фирмы выпускают различное оборудование (Development Kits) для разработки и отладки программного обеспечения применительно к ЦПОС Blackfin. Стоимость такого оборудования – от нескольких сот до нескольких тысяч долл. США. Начинающим программистам можно рекомендовать бюджетный вариант отладочного модуля, называемый STAMP. Выпускаются две разновидности этого модуля – ADSP-BF533 STAMP и ADSP-BF537 STAMP, в зависимости от того, какой ЦПОС (ADSP-BF533 или ADSP-BF537) установлен на

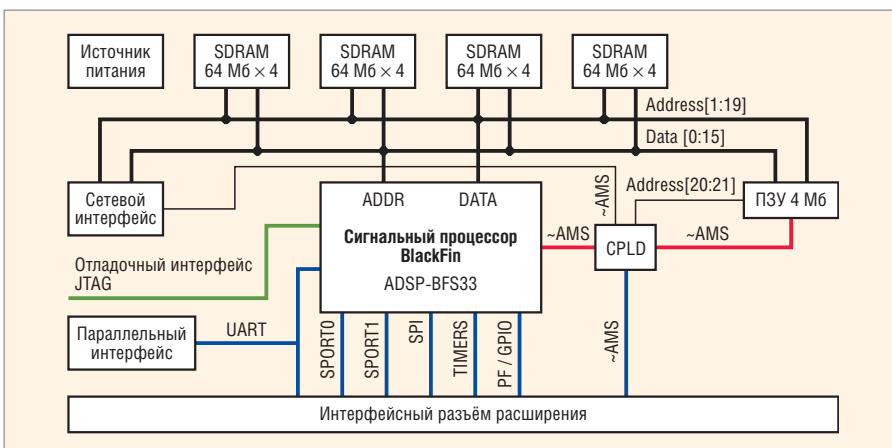
плату. Имея низкую стоимость, модуль STAMP содержит на плате 128 Мб SDRAM, 4 Мб флэш-памяти, интерфейсы PCI, JTAG, RS-232 и контроллер сети Ethernet (см. рисунок). Доступная и открытая операционная система *uClinux* с широким набором программных продуктов для модуля STAMP ускоряет разработку программного обеспечения для встраиваемых систем с минимальными затратами.

Установка программного обеспечения

Ниже описывается процедура установки необходимых программ с диска *uClinux for the ADSP-BF533 Processor*, входящего в комплект поставки платы STAMP и содержащего подробные инструкции по установке, настройке и ПО. Инструкции содержатся в файле *X:\cygwin\Cygwin_Instructions.pdf* (здесь и далее буква X обозначает ваш привод CD-ROM). Рекомендуется прочитать этот документ перед началом работы с платой. Кроме ответов на вопросы, файл содержит обширный перечень сетевых ресурсов, посвящённых использованию STAMP, *uClinux* и других компонентов.

Центральное место в наборе представленного на диске программного обеспечения занимает кросс-компилятор языка Си для процессора BF533 и компоновщик (toolchain). Эти программы поставляются как в виде исходных кодов (архивы в каталоге *X:\toolchain\source*), так и в собранном виде; включены сборки для операционных систем на базе ядра Linux для x86-совместимых процессоров (rpm-пакеты в каталоге *X:\toolchain\binaries*), а также для среды *Cygwin* (входит в состав имеющегося на диске специально подготовленного дистрибутива).

Однако для сборки программ, помимо компилятора, требуются стандартная библиотека Си, различные пользовательские библиотеки, заголовочные файлы ядра и т.д. Всё необходимое для разработки программного обеспечения платы STAMP, предназначенного для работы под управлением операционной среды *uClinux*, содержится в дистрибутиве



Блок-схема модуля STAMP

uClinux, распространяемой в виде дерева исходных кодов. Это дерево также представлено на диске в нескольких вариантах. Во-первых, архив, содержащий все исходные коды *uClinux*, находится в папке `X:\kernel\source`. Во-вторых, дерево с исходными кодами включено в специально подготовленный дистрибутив *Cygwin*.

Отметим, что попытка использования архива с поставляемого диска совместно с `glibc`-пакетами компилятора и компоновщика для ядра ALT Linux Master 2.4 не была успешной. В то же время применение размещённого на диске варианта среды *Cygwin* под управлением операционной системы Windows XP позволило добиться желаемых результатов. Поэтому далее будет описан процесс разработки именно в среде *Cygwin*. Получить последнюю версию можно на интернет-странице разработчиков программного обеспечения [2].

Для установки версии среды *Cygwin*, специально адаптированной для *uClinux*, следует запустить исполняемый файл, содержащийся в каталоге `X:\cygwin`; потребуется не менее 900 Мб свободного дискового пространства. Кроме того, дополнительное дисковое пространство потребуется при сборке *uClinux*, поэтому рекомендуется иметь по меньшей мере 1,5 Гб свободного места на диске перед установкой *Cygwin*. В процессе установки мастер запросит желаемый путь. В инструкции предполагается, что для установки был выбран путь `c:\uClinux`. Обратите внимание на запрос о версии *Cygwin* и выберите ту версию, которая точно соответствует типу файловой системы на томе, куда производится установка. В противном случае работа входящих в состав среды программ будет приводить к ошибкам!

Кроме *Cygwin*, мастер также предложит установить дополнительные утилиты. В данной статье не приводится описание этих утилит, так как для работы на начальном этапе освоения программирования ЦПОС устанавливать их не обязательно, а сам процесс может отнять значительное время.

После завершения установки запустите интерпретатор командной строки среды *Cygwin* через меню «Пуск/Start». По умолчанию ярлык для запуска находится в папке *Программы/Programs – uClinux* и называ-

ется *Cygwin uClinux*. Также по умолчанию будет создан ярлык для запуска интерпретатора командной строки на рабочем столе.

После запуска интерпретатора в открывшемся чёрном экране после курсора `$` следует набрать `c: cd\uClinux\cygwin\usr\uClinux-dist`. Это означает переход в указанную директорию. Затем наберите команду `$make`. Произойдёт сборка ядра системы, и при отсутствии ошибок можно перейти к написанию первой программы на Си.

В любом текстовом редакторе напишем первую тестовую программу, например, *hello.c*:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main(int argc, char *argv[])
{
    fprintf(stderr, "Hello,
STAMP\n");
    fflush(stderr);
    return 0;
}
```

Теперь скомпилируем эту программу, набрав в командной строке:

```
$gcc -o hello.exe hello.c
```

Появившийся исполняемый файл можно запустить командной строкой *\$hello.exe*, на что компьютер ответит:

```
hello, STAMP
```

Теперь осталось откомпилировать ту же программу, но в кодах для ЦПОС Blackfin. Для этого потребуется создать `make`-файл и запустить строку `$make hello`.

В результате на локальной странице появится исполняемый файл *hello*. На этом завершается первый этап тестирования готовности компьютера к программированию ЦПОС Blackfin.

ЗАГРУЗКА ПЕРВОЙ ПРОГРАММЫ В МОДУЛЬ STAMP

Модуль STAMP имеет встроенный последовательный порт, который используется и для подключения консоли. Для эмуляции была использована программа *HyperTerminal*, входящая в стандартный набор Windows. Если у вас эта программа не установлена, вы можете воспользоваться лю-

бой другой терминальной программой (в том числе и программой *ВуVAC*, которую можно найти на поставляемом диске). После запуска программы *HyperTerminal* введите произвольное имя для создаваемого соединения и выберите из списка портов тот, к которому подключена плата STAMP. Пропишите следующие настройки COM-порта:

- скорость (бит/с) 57 600;
- биты данных – 8;
- чётность – Нет;
- стоповые биты – 1;
- управление потоком – Нет.

Чтобы начать сеанс подключения к модулю STAMP, нажмите кнопку сброса на плате. После этого активизируется загрузчик U-Boot. По нажатию любой клавиши (до истечения времени окончания попытки загрузки) загрузчик перейдёт в интерактивный режим и выведет приглашение следующего вида:

```
BOOT>
```

После того как налажено соединение с модулем STAMP через последовательный порт, следует перейти к следующему этапу настройки оборудования – установке локальной сети. Для взаимодействия с платой STAMP потребуется организовать локальную вычислительную сеть с использованием оборудования Ethernet. Плата имеет встроенный сетевой адаптер, поддерживающий скорости передачи 10 и 100 Мбит/с. Если у вас уже есть настроенная сеть такого типа, подключите к ней плату STAMP и скорректируйте настройки платы и программного обеспечения в соответствии с используемыми IP-адресами.

Авторы использовали сеть, состоящую из двух узлов – ноутбука и платы STAMP. Для упрощения настройки и минимизации требуемого оборудования концентратор не использовался – применялся кросс-кабель. За информацией по настройке сетевого интерфейса в операционной системе Windows XP обратитесь к руководству по операционной системе или вашему системному администратору.

Для проверки настроек сети рекомендуется произвести следующую процедуру. В командной строке загрузчика UBOOT введите `ping 192.168.2.5`, где группы цифр соответствуют IP-адресу платы. Если сеть

настроена правильно, результатом будет:

```
Using MAC Address
00:FFFFFFE0:22:FFFFFFE:01:42
host 192.168.2.5 is alive
```

В случае ошибки:

```
Using MAC Address
00:FFFFFFE0:22:FFFFFFE:01:42
ping failed; host 192.168.2.5 is
not alive
```

Заметьте, что шестнадцатеричные числа, указанные после обозначения MAC Address (собственно, MAC-адрес встроенного в плату STAMP сетевого адаптера), будут отличаться для каждой платы STAMP. Для управления загрузкой программ модуля STAMP по локальной сети нам потребуется программа *3CServer*, которую необходимо установить и запустить; затем, войдя в меню SETUP, надо задать конфигурацию служб TFTP и FTP. В первом случае необходимо указать директорию `x:\uClinux\cygwin\usr\uClinux-dist`, где содержится файл операционной системы `vmLinux`, во втором – указать адрес локальной страницы `\x:\uClinux\cygwin\home`.

После нажатия кнопки сброса на плате можно наблюдать процесс загрузки как в окне программы *HyperTerminal*, так и в окне программы *3CServer*. В окне программы *HyperTerminal* появляется приветствие *WELCOME TO CLINUX* и командная строка `/>` с мигающим курсором, в которой следует задать сетевой адрес модуля STAMP:

```
/> ifconfig eth0 inet
192.168.2.5 up <enter>.
```

Теперь можно перейти к загрузке первой тестовой программы *hello*.

Остановимся более подробно на этом этапе работы. Во-первых, мы подключаемся к компьютеру командой `/> ftp<Enter>`, о чём свидетельствует новая командная строка `ftp>`. Однако, чтобы произошло соединение, необходимо выполнить команду `ftp>o 192.168.2.4 <Enter>`, в которой указан IP-адрес компьютера. При запросе пароля и логина следует просто нажимать `<Enter>`. Теперь, когда установлено соединение с компьютером, можно просмотреть директории с подготовленной программой на Си

при помощи команды `ftp> ls`. Если вы увидели программу `hello`, то её необходимо переслать в память модуля STAMP, предварительно задав двоичный формат передачи файла командой `ftp>binary <Enter>`. Пересылка осуществляется командой `ftp> get hello <Enter>`. Чтобы запустить программу, надо переключиться на компьютер командой `ftp>quit<Enter>`. Появляется командная строка `/>` с мигающим курсором, и, чтобы убедиться в наличии программы `hello` в памяти платы, следует набрать команду `/> ls <Enter>`. Прежде чем запустить программу на исполнение (теперь уже в ЦПОС), необходимо получить разрешение командой `/>chmod u+x bello<Enter>`. Запуск программы производится командой `/>./bello<Enter>`. В ответ ЦПОС ответит *Hello, STAMP*.

На этом завершается второй этап освоения программирования ЦПОС Blackfin с использованием аппаратно-программного комплекса, состоящего из компьютера и модуля STAMP.

ПРОГРАММА ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЦПОС

Приведём в качестве примера программирования ещё одну, более сложную программу для ЦПОС Blackfin. Это – программа расчёта числа π методом статистического моделирования (метод Монте-Карло). Выбор этой программы не случаен, поскольку задачи подобного типа требуют для получения точного результата высокой производительности процессора. Данная программа может вызвать интерес и у специалистов, оценивающих производительность ЦПОС.

Применяемые в настоящее время тестовые программы оценки производительности ЦПОС, как правило, основаны на алгоритме БПФ (FFT) с разным числом точек преобразования, поэтому являются детерминированными и не могут характеризовать интегральную эффективность ЦПОС. В предлагаемом авторами тесте числовые случайные величины изменяются в широком диапазоне значений в процессе выполнения, а выходные вероятностные оценки характеристик производительности, например, в виде времени расчёта числа π при выполнении заданного числа испытаний, наиболее полно характеризуют производительность ЦПОС любого типа. По точности расчёта числа π

при большом числе испытаний можно судить и о качестве применяемого компилятора, и об используемых библиотеках применяемых функций. В качестве оценки производительности удобно взять отношение числа испытаний ко времени расчёта числа π . Единицу производительности можно назвать π -stone.

Несколько слов об алгоритме расчёта числа π . В его основе лежит формирование двух независимых случайных величин x и y , распределённых равномерно в диапазоне от -1 до 1 . Каждая пара чисел проверяется на попадание в круг единичного радиуса с центром в начале координат. Фактически рассчитывается площадь круга S , которая, как известно, выражается через искомое число π . Программа расчёта числа π написана на языке Си и легко переносима на любые платформы ЦПОС, так как в ней использованы стандартные библиотечные функции. Датчик случайных чисел [3] оформлен в виде внутренней подпрограммы. Текст программы приведён на сайте журнала.

Подготовленный в редакторе текст программы обрабатывается кросс-компилятором на компьютере и затем, как было показано на примере программы *bello.c*, загружается по сети в модуль STAMP. Запустив программу, необходимо ввести число испытаний (n), после чего будет выведен результат расчёта числа π (π_i), время в секундах, затраченное на эту работу (sec), и введённая нами единица производительности (stn). В частности, для модуля STAMP на процессоре ADSP-BF533 были получены следующие результаты для 1000 испытаний: $\pi_i:3,136$; $sec:0,221742$; $stn:4509,75$. Итак, производительность ЦПОС составила 4509 единиц π -stones.

В заключение хотелось бы отметить, что изложенная методика программирования и отладки программ ЦПОС Blackfin прошла всестороннюю апробацию и показала свою доступность, простоту и эффективность.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.analog.com.
2. <http://Blackfin.uclinux.org/>.
3. *Бартенев В.Г., Бартенев М.В.* Анализ эффективности многоканальной системы с адаптивным порогом на модуле ЦОС STAMP. Цифровая обработка сигналов. 2005. № 4.



Seagate купит производителя флэш-памяти

Ведущий мировой производитель накопителей на основе жёстких магнитных дисков согласился с наметившейся мировой тенденцией перехода на использование устройств хранения данных на основе микросхем флэш-памяти вместо традиционных винчестеров. Подтверждением тому является появившаяся информация относительно возможного приобретения компанией Seagate Technology флэш-бизнеса у одного из чипмейкеров, имеющих опыт в этой области. Что касается конкретных имён и цифр, то в качестве потенциального партнёра Seagate упоминают компанию Intel – за весьма существенную сумму в \$1...2 млрд. производитель винчестеров рассчитывает приобрести 49% акций IM Flash Technologies, совместного предприятия Intel и Micron.

Справедливости ради скажем, что некоторые наблюдатели с изрядной долей скепсиса относятся к возможности столь крупного приобретения Seagate, рассматривая в качестве наиболее вероятного партнёра менее крупных чипмейкеров, например, Hynix и SanDisk. А вот главные лица пока отказались от официальных комментариев, а значит, вся представленная информация может проходить лишь по статье «слухи».

Несмотря на некоторую «несерьёзность» данных, которые пока ничем не подкреплены, тенденция популяризации флэш-накопителей очевидна – если на рынке решений для персональных компьютеров о переходе на SSD-накопители пока говорить рано, то вот в секторе серверных систем и дисковых массивов ситуация иная. Здесь позиции «флэша» сильнее день ото дня, ведь твердотельные приводы выигрывают за счёт своей надёжности, меньшей потребляемой мощности и высокой производительности, а разница в стоимости винчестеров и SSD-накопителей заметно ниже. Другими словами, переплачивая за стоимость одного гигабайта флэш-памяти, компании рассчитывают выиграть за счёт экономии электроэнергии, повышения скорости передачи данных и надёжной работы устройств хранения данных. Среди заинтересованных в широком использовании SSD-накопителей значатся такие крупные производители серверных вычислительных систем, как EMC, Dell, Sun Microsystems, Xitech и др.

Основной причиной, по которой Seagate интересуется именно покупкой

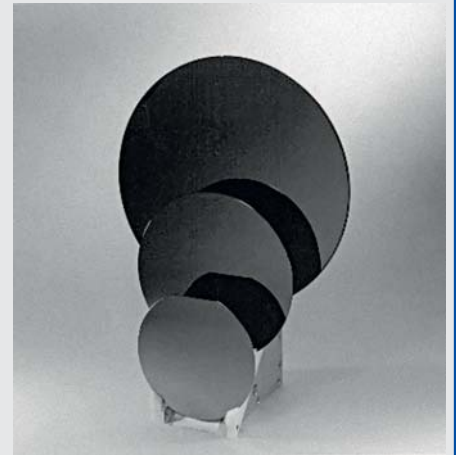
производителя интегральных микросхем флэш-памяти, является необходимость в наличии постоянного источника относительно недорогой флэш-продукции. В этом случае компания получает возможность не только выпускать разнообразные SSD-накопители в достаточных объёмах для удовлетворения растущего спроса на данный тип товаров, но и в случае необходимости проводить агрессивную ценовую политику, – рынок твердотельных устройств хранения данных является очень перспективным, и ни один производитель не отдаст свой кусок «пирога» без боя. То есть главной на сегодня интригой остаётся не сама возможность покупки Seagate одного из чипмейкеров, а какой конкретно производитель будет выбран в качестве главного стратегического партнёра.

3dnews

Toshiba переходит на 300-мм кремниевые пластины

Японская компания Toshiba остаётся одним из самых крупных мировых производителей интегральных микросхем, но эта роль требует постоянной модернизации собственных производственных мощностей, которые должны выпускать продукцию по всё более низкой себестоимости. Особенно это касается рынка интегральных микросхем флэш-памяти, переживающим не самые лучшие времена в связи с постоянным снижением стоимости микрочипов, а значит, снижением прибыльности флэш-бизнеса. Именно поэтому в ближайших планах компании Toshiba значится переход на использование 300-мм кремниевых пластин вместо 200-мм.

Обе процедуры – снижение доли оборудования, работающего с 200-мм «полуфабрикатом», и повышение количества 300-мм станков – идут в параллельном режиме. Так, согласно самым свежим данным, компания Toshiba планирует сократить объёмы выпуска полупроводниковой продукции, выпускаемой на мощностях фабрики Yokkaichi Operations из 200-мм пластин, на 60%. Но полностью отказываться от соответствующего оборудования не планируется – на нём будет изготавливаться целый ряд специализированных микросхем, в частности, MCP-решения (Multi-Chip Package – объединение в одном корпусе нескольких кристаллов интегральных микросхем).

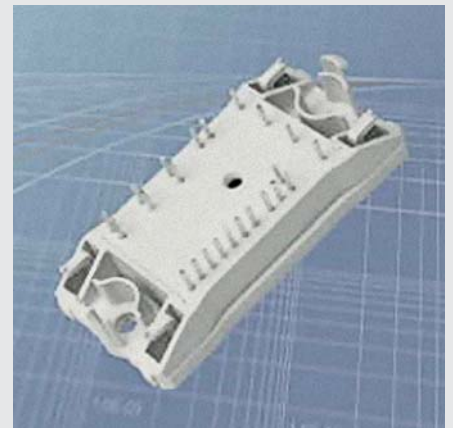


Сообщается, что основным поставщиком аппаратуры является компания FlashVision, которая затем используется как на фабрике Yokkaichi Operations, так и на ряде иных заводов, принадлежащих Toshiba. Ставшее ненужным оборудование просто продаётся заинтересованным компаниям.

3dnews

Модули преобразователей солнечной энергии

Фирма Vincotech, бывшее подразделение электронных модулей компании Tусо Electronics, представляет четыре семейства модулей для приложений преобразователей солнечной энергии. Модули пере-



крывают диапазон мощности от 2 до 6 кВт (400 и 800 В) и поддерживают как изолированные, так и неизолированные приложения. Для неизолированных инвертеров в распоряжении имеется одномодульное решение с интегрированным повышающим преобразователем и полным выходным мостом. Изолированное решение состоит из двух модулей и обеспечивает возможность использования компактных высокочастотных преобразователей. Все модули предлагаются в корпусе flow0 размером 66 × 33 × 17 мм.

www.vincotech.com