

# Система сбора данных нового поколения

Владимир Чепелев (Москва)

Автор рассматривает архитектуру системы сбора данных нового поколения, отличающуюся гибкостью и способностью решать ряд задач, связанных с высокоскоростной предварительной обработкой данных.

## ВВЕДЕНИЕ

Системы сбора данных (ССД) обычно состоят из буферной входной аналоговой части, АЦП, интерфейса передачи данных и, возможно, массива памяти. Однако такая архитектура не является гибкой и не позволяет решать задачи, связанные с высокоскоростной предварительной обработкой данных. Рассматриваемая в данной статье система, выполненная на базе цифрового сигнального процессора семейства BlackFin, свободна от этих недостатков.

Основной задачей при создании любой ССД является оцифровка аналоговых сигналов с максимальной возможной точностью и передача цифровой информации в центральный компьютер без потерь. При этом желательно, чтобы эти процессы протекали с максимальной возможной скоростью. Для решения этой задачи применяются различные цифровые параллельные и последовательные интерфейсы. Наиболее распространёнными и популярными интерфейсами являются PCI, USB и Ethernet. В последнее время активно развиваются и другие, более высокоскоростные интерфейсы, например PCI Express [1].

Стремление переходить на всё более быстрые интерфейсы не случайно, и это не просто дань моде. В том случае, если пропускная способность

интерфейса больше, чем скорость цифрового потока с АЦП, появляется возможность передавать данные в реальном времени. Такое состояние можно выразить следующим соотношением:

$$N_{ch}f_s N_{bit} < B, \quad (1)$$

где  $f_s$  – частота дискретизации АЦП,  $N_{ch}$  – число таких АЦП, работающих синхронно (в случае мультиплексируемых каналов  $N_{ch} = 1$ ),  $N_{bit}$  – число бит в выходном регистре АЦП. Величина  $B$  определяет среднюю пропускную способность интерфейса в битах в секунду. Типовые значения  $B$  для различных интерфейсов приведены в таблице.

Например, устройство LA-n150-14PCI [2], работающее в соответствии с уравнением (1), при  $f_s = 10$  МГц,  $N_{ch} = 2$ ,  $N_{bit} = 16$  позволяет осуществлять непрерывную запись данных на жёсткий диск компьютера.

В том случае, если соотношение (1) не выполняется, в ССД необходимо включать достаточно большой объём быстродействующей памяти. При этом данные с АЦП записываются в быстродействующую память, а потом из неё передаются в центральный компьютер. Ясно, что такие ССД работать в режиме реального времени не могут. Они используются в различных запоминающих системах, например, в цифровых запоминающих осциллографах. Наиболее высокочастотным устройством сбора данных этого класса является LA-n1PCI [2], для которого  $f_s = 1$  ГГц,  $N_{ch} = 1$ ,  $N_{bit} = 8$ .

Одним из возможных вариантов построения измерительной системы является распределённая измерительно-вычислительная сеть. В этом

случае несколько измерительных устройств объединяются в сеть, передавая данные по протоколам TCP/IP на один или несколько компьютеров-серверов. На каждом измерительном устройстве желательно иметь достаточно большой объём энергонезависимой памяти для хранения данных между запросами сервера (режим автономного регистратора). К устройствам этого типа относится сетевой регистратор LA-5 [2].

Основное назначение LA-5 – запись аналоговых и цифровых входных сигналов в энергонезависимую память для дальнейшей обработки при помощи компьютера. Кроме того, есть возможность передавать измеренные значения в реальном времени. Устройство LA-5 может применяться для построения распределённых сетевых и переносных измерительных систем. Малые габариты в совокупности с высоким разрешением позволяют решать большинство задач мониторинга, контроля и диагностики.

## УНИВЕРСАЛЬНАЯ ССД

В любом из рассмотренных выше вариантов построения измерительной системы обычно возникает задача некоторой обработки и анализа собираемых данных. Для решения этих задач желательно иметь в наличии универсальную платформу, на основе которой можно было бы легко создавать программно-аппаратные комплексы различного назначения. Можно сформулировать ряд требований, предъявляемых к такой платформе:

1. Устройство должно иметь различные модификации для работы с рядом популярных интерфейсов: PCI (плата в составе компьютера), USB (внешнее устройство), Ethernet (автономное устройство с управлением по сети);
2. Устройство должно иметь в своём составе сигнальный процессор для выполнения цифровой обработки и управления;
3. Устройство должно иметь в своём составе большой объём оперативной и (или) энергонезависимой памяти;
4. Устройство должно работать со стандартными модулями энергонезависимой памяти (SmartMedia, CardFlash или др.).

Средние значения пропускной способности для различных интерфейсов

Интерфейс	$B$ , Мбит/с
PCI, 32 бита, BusMaster	670
USB 2.0, Bulk	250
Ethernet, 100Base-T	40

В качестве вычислительного ядра для создания платформы (материнской платы), способной решать широкий круг задач сбора и обработки цифровой и аналоговой информации, предлагается использовать цифровой сигнальный процессор семейства BlackFin производства компании Analog Devices [3]. Это семейство процессоров выбрано исходя из следующих соображений:

- высокая производительность при максимальной тактовой частоте (600 МГц). С другой стороны, возможность программно управлять тактовой частотой для энергосбережения;
- наличие процессоров со встроенными интерфейсами PCI и USB (ADSP-BF535). К сожалению, в нём реализована только версия USB 1.1, чего, конечно, недостаточно для современных приложений;
- наличие процессоров со встроенными интерфейсами Ethernet 10/100 Мбит/с (ADSP-BF536 и ADSP-BF537);
- в процессорах семейства BlackFin есть встроенный контроллер внешней памяти SDRAM, позволяющий подключать до 128 Мб памяти PC133. Эту память удобно использовать как буфер для хранения собранных данных;
- стандартный асинхронный последовательный интерфейс (UART) удобен для отладки и программирования в системе;
- часы реального времени могут применяться для временной привязки собранных данных и синхронизации устройств в сети;
- встроенный сторожевой таймер обеспечивает надёжное восстановление работы процессора в случае сбоя;
- параллельный интерфейс PPI позволяет вводить в память данные со скоростью до 66 МГц по 16 разрядов;
- наличие до четырёх двунаправленных синхронных последовательных портов (SPORT). Максимальная тактовая частота – 66 МГц. Длина слова данных может быть задана программно от 3 до 32 бит. Это очень удобно, например, при подключении АЦП с последовательным интерфейсом и длиной слова 24 бита.

Последовательные порты могут применяться для подключения ЦАП и АЦП.

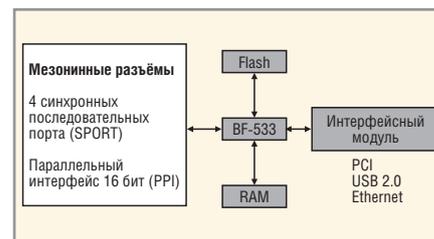
Кроме указанных особенностей, процессоры семейства BlackFin содержат достаточно большой объём внутренней памяти (от 52 до 328 Кб). Мощный встроенный многоканальный контроллер DMA позволяет эффективно организовать передачу данных. Архитектура процессора оптимизирована не только для выполнения стандартных алгоритмов цифровой обработки сигналов (умножение с накоплением), но и для обычных операций управления, которые обычно выполняет контроллер, поэтому процессоры семейства BlackFin часто позиционируют как встроенный процессор (Embedded Processor), а не ЦСП.

### АРХИТЕКТУРА ССД НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В результате проведённого анализа предлагается следующая архитектура устройства (см. рисунок), например, на базе процессора ADSP-BF533.

В качестве мезонинов можно применять многоканальные АЦП, ЦАП, а также мезонин ввода/вывода цифровых потоков (в том числе E1/T1). Перспективным может оказаться также применение более сложных мезонинов, например, квадратурного модулятора на базе AD9857, цифрового квадратурного приёмника на базе AD6620 (1 канал) или AD6624 (4 канала), а также мезонинов на базе программируемой логической интегральной схемы для высокопроизводительной предварительной обработки, с которой цифровой сигнальный процессор справиться не в состоянии.

Что касается интерфейсного модуля, то интерфейс USB целесообразно реализовать на контроллере CY7C68013 (EZ-USB FX2), обеспечивающем работу в режиме USB 2.0, High speed. Особенностью этого контроллера является наличие независимой шины данных FIFO USB, что позволяет передавать данные с максимально возможной скоростью без участия ядра контроллера. Эта двунаправленная шина шириной 8 или 16 бит может работать в синхронном или асинхронном режиме. Контроллер CY7C68013 содержит стандартное ядро C51, а



Структурная схема универсальной системы сбора данных

также аппаратную поддержку USB 2.0.

Интерфейс PCI можно реализовать с помощью PCI-моста семейства PLX в том случае, если применяется процессор без встроенного PCI.

Современные процессоры ADSP-BF536 и ADSP-BF537 уже содержат в своём составе интерфейс Ethernet 10/100. В качестве альтернативы, если используется процессор BF-533, можно предложить специализированный модуль ПМ7010 компании WIZnet. Этот модуль создан на базе сетевого контроллера W3100A, обеспечивающего аппаратную поддержку стека протоколов TCP/IP. Это представляет удобным, т.к. отпадает необходимость программно реализовывать TCP/IP. Семейство сетевых регистраторов ЛА-5 также создано на базе модуля ПМ7010.

На плате ССД устанавливаются разъёмы для подключения мезонинов или связи с другими устройствами (например, другими ССД).

Программное обеспечение для процессора BF533 целесообразно организовать в виде набора законченных модулей (функций), обеспечивающих работу с модулями интерфейсов, различными стандартными мезонинами и модулями энергонезависимой памяти. Необходимы также модули, реализующие стандартные функции цифровой обработки сигналов: КИХ- и БИХ-фильтры, БПФ, свёртка, различные детекторы и модуляторы. Все эти функции оформляются в виде библиотеки.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Акиншин Л. Шина PCI Express на модулях COM: отрасль встраиваемых систем принимает эстафету. Электронные компоненты. 2005. № 12.
2. www.rudshel.ru.
3. www.analog.com.

