

Процессоры SigmaDSP фирмы Analog Devices

Алексей ВЛАСЕНКО

За последние десять лет в области аудиоэлектроники произошли быстрые и значительные изменения. Подавляющее большинство источников звука в наше время являются цифровыми. Четверть века назад был разработан формат CD, но в последние годы появилось много новых цифровых форматов — от высококачественных с высоким битрейтом до удобных с высокой степенью сжатия.

Однако как сигнал обрабатывается после декодирования? Какие изменения он претерпевает до превращения в звук в динамиках? Надо отметить, что до сих пор во многих случаях в таких бытовых системах, как мини-стереокомплексы, автомобильное аудио или звуковые подсистемы персональных компьютеров, обработка аудиосигнала осуществляется в аналоговом виде. Одна из основных причин этого заключается в том, что применение цифровых сигнальных процессоров с отдельными аналого-цифровыми и цифро-аналоговыми преобразователями отрицательно сказывается на стоимости этих обычно недорогих систем.

В настоящее время компания Analog Devices расширяет свою линейку недорогих и эффективных цифровых процессоров со встроенными преобразователями сигналов SigmaDSP, предназначенных именно для цифрового сегмента рынка электроники.

Это семейство, первым представителем которого был процессор AD1954, обеспечивает:

- Аудиообработку и преобразование сигналов профессионального качества (SNR до 112 дБ).
- Простую технологию программирования с помощью дружественного графического интерфейса.
- Очень низкие цены, позволяющие применять эти высококачественные процессоры даже в недорогой электронике.

Почему так важна обработка сигналов?

Системы малых и средних размеров, в частности автомобильные аудиосистемы, имеют множество ограничений. Например, в автомобиле напряжение питания 12 В ограничивает выходную мощность величиной 20 Вт при нагрузке 4 Ом или 40 Вт при нагрузке 2 Ом.

В портативной электронике критическим фактором является объем, и, кроме того, есть ограничения, связанные с рассеиваемой мощностью и температурой. Выравнивание амплитудно-частотной характеристики портативных динамиков, особенно поднятие ее на низких частотах — очень характерная область приложения инженерной мысли. Наконец, имеется постоянное желание потребителей, особенно молодежи, повысить громкость воспроизведения аппаратуры при сохранении портативности. Сочетание ограничений по мощности, значительной коррекции в области низких частот и большой громкости приводит к ситуации, когда усилитель и динамики работают на пределе и вносят значительные нелинейные искажения. В прошлом попытки решить эту проблему сводились к введению примитивных ограничителей сигнала, что, в общем, тоже приводило к появлению нелинейных искажений. Однако процессоры SigmaDSP позволяют реализовать более сложную адаптивную динамическую обработку сигнала и избежать грубых искажений. Разумеется, это лишь одна из областей применения процессоров SigmaDSP, хотя и весьма популярная.

Какое ядро применено в процессорах SigmaDSP?

Ядро это оригинальное и оптимизированное для обработки звука с 28-разрядной точностью (с 56-разрядной при работе в режиме с двойной точностью).

На рис. 1 показана структурная схема аудиопроцессора ADAU1701/1702. Процессор тактируется с помощью кварцевого кристалла, его частота зависит от требуемой частоты отсчетов аудиосигнала и от множителя, установленного в петле ФАПЧ, так как внутренние частоты генерируются с помощью ФАПЧ. Например, при работе на частоте $f_s = 48$ кГц с множителем $256 \times f_s$ применяется кварц с частотой 12,288 МГц, а при $f_s = 44,1$ кГц и таком же множителе частота кварца составит 11,2896 МГц.

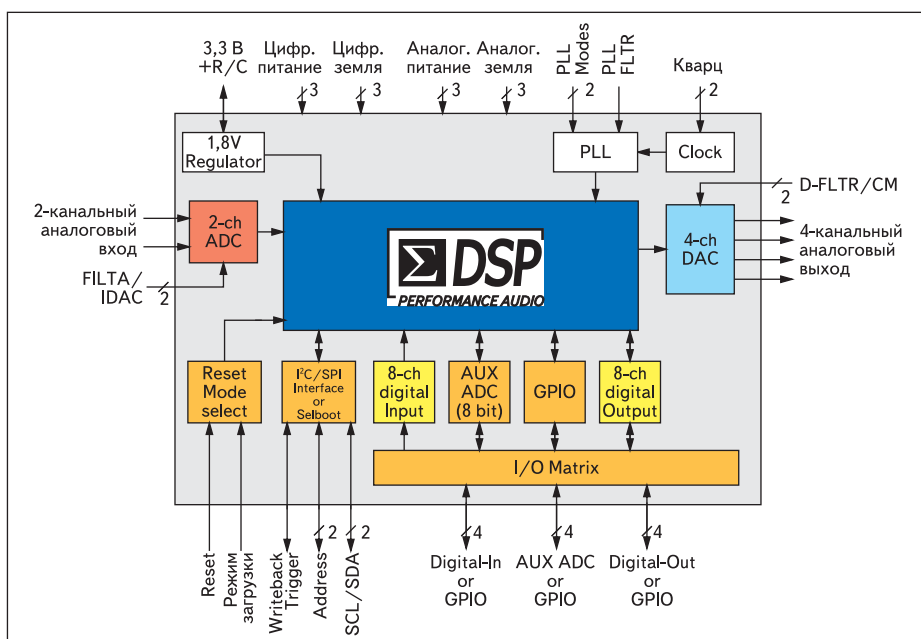


Рис. 1. Структурная схема аудиопроцессора ADAU1701/1702

Ядро процессора работает с 28-разрядными данными и 28-разрядными коэффициентами, что обеспечивает для подавляющего большинства случаев достаточный динамический диапазон с некоторым запасом. Также можно реализовать двойную (56-разрядную) точность, если необходимо особенно высокое качество на низких частотах.

В SigmaDSP имеется высококачественный процессор динамической обработки, который определяет уровень среднеквадратичного значения сигнала и обеспечивает программируемую динамическую характеристику сжатия с плавными изломами, которые задаются таблично.

Как работает ядро?

Весь код, хранящийся в памяти, представляет собой линейный код, в котором отсутствуют условные и безусловные переходы, отсутствуют циклы и прерывания. Определенные участки кода отведены для определенных функций. Весь объем кода выполняется с частотой f_s . То есть при частоте отсчетов 48 кГц код будет выполняться 48 000 раз в секунду.

Так как программа полностью детерминированная и линейная, то гарантировано отсутствие зацикливаний и зависаний (рис. 2).

В приборах ADAU1701/1702 имеются высококачественные 24-разрядные цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи, обеспечивающие частоту отсчетов до 192 кГц и динамический диапазон 100 дБ.

В этих процессорах имеется интерфейс для подключения кнопок, функции которых могут программироваться. Кроме того, присутствует специализированный дополнительный 8-разрядный АЦП для подключения потенциометров. Функции потенциометров также можно программировать с помощью среды SigmaStudio.

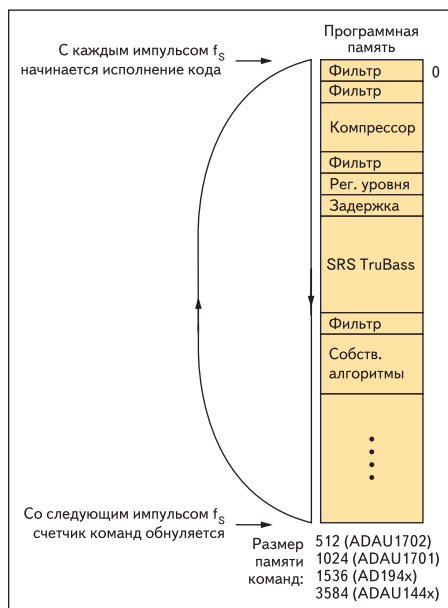


Рис. 2. Структура программы процессоров SigmaDSP

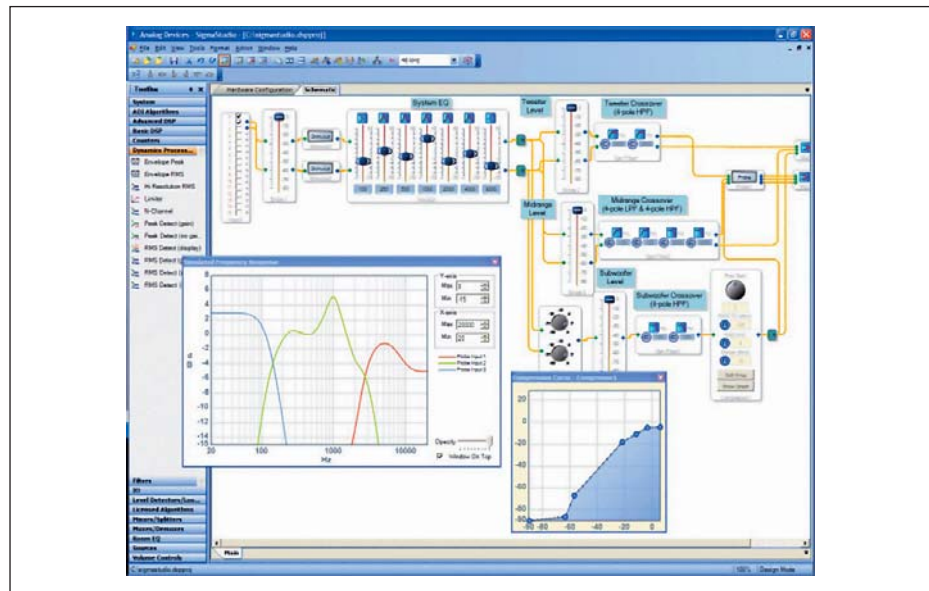


Рис. 3. Среда программирования SigmaStudio

Нужен ли хост-процессор для управления системой с SigmaDSP?

Все процессоры SigmaDSP могут управляться с помощью хост-процессора, но ADAU1701, ADAU1702 и ADAU1401 также могут работать автономно и загружаться с EEPROM без управляющего микроконтроллера. Более подробно о том, как это сделать, написано в руководстве AN-923 (<http://www.analog.com/AN-923>).

Можно выполнять разные алгоритмы на одном процессоре. Правда, эта возможность не поддерживается процессорами ADAU1701 и ADAU1702 напрямую, но ее можно реализовать, подключив две микросхемы EEPROM с разными адресами к одному порту I²C. Выводами адреса каждой из этих микросхем можно управлять с помощью переключателя или микроконтроллера таким образом, чтобы при запуске загрузка шла с соответствующей микросхемы EEPROM.

Средства разработки: SigmaStudio и оценочные платы

Очень важное достоинство процессоров SigmaDSP заключается в том, что их программирование практически не требует специальных навыков. Среда SigmaStudio (рис. 3) предоставляет дружелюбный, простой интерфейс типа конструктора (drag-and-drop). Это позволяет разработчику создавать многоканальные аудиосистемы высокого качества с широкими функциональными возможностями путем выбора готовых модулей из входящей в комплект библиотеки. Блоки выбираются, компонуются и соединяются «проводниками» с помощью мышки.

Среди функциональных блоков имеются регуляторы уровня, разделительные фильтры (кроссоверы), эквалайзеры, генераторы,

а также профессиональные модули динамической обработки сигнала. В библиотеке также есть стандартные для аудиодустрии лицензируемые алгоритмы, такие как SRS TruSurroundXT, Waves MaxxBass, Dolby Prologic-II или BBE-Viva.

Такой подход позволяет как специалистам по аналоговым устройствам, так и разработчикам цифровой аппаратуры легко реализовывать свои идеи и при этом существенно сократить время разработки и время выхода на рынок, а также значительно снизить себестоимость продукции. В то же время обеспечивается очень высокое качество аудиосигнала.

Оценочные наборы для процессоров SigmaDSP

SigmaDSP Evaluation Systems — это полнофункциональный, хорошо оснащенный набор с богатой периферией. В такой набор входит практически все, что нужно для проекта — от оценки функциональности до конечной разработки и отладки. Программирование осуществляется с помощью платы USBi, входящей в набор; эта плата подключается через интерфейс USB к компьютеру с предустановленным программным обеспечением, которое, разумеется, входит в комплект. При подключенной плате и запущенной программе SigmaStudio можно осуществлять регулировки, перемещая виртуальные потенциометры на экране компьютера в рабочем окне среды SigmaStudio — все изменения параметров в реальном времени передаются на плату SigmaDSP Evaluation. Вы можете сразу же слышать эти изменения, если к плате подключены источник звука и колонки.

Кроме того, существует менее дорогой набор Mini Eval Board (рис. 4). На этой плате

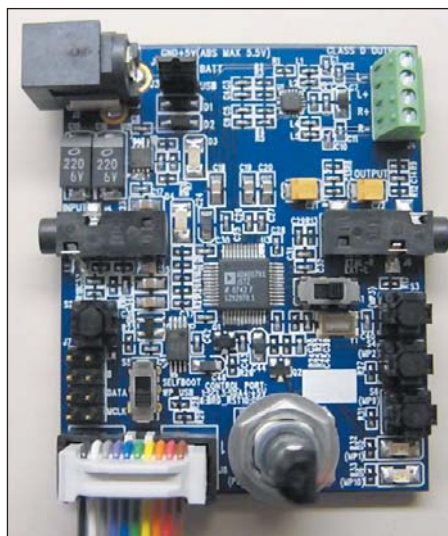


Рис. 4. Плата Mini Eval Board с процессором ADAU1701

установлен процессор SigmaDSP ADAU1701, а также SSM2306 — импульсный усилитель класса D с выходной мощностью 2×2 Вт, и микросхема EEPROM для самозагрузки процессора (то есть здесь ADAU1701 работает без хост-процессора).

Полная версия SigmaStudio поставляется вместе с любым оценочным и демонстраци-

Таблица. Поставляемые процессоры SigmaDSP

Название	Объем памяти, байт	DAC DNR, дБ	DAC TND+N при 1 кГц (-3 дБ), дБ	ADC DNR, дБ	ADC TND+N, дБ	Количество цифровых входов/выходов	Количество аналоговых входов/выходов	Цена, \$
AD1940	1536	—	—	—	—	16/16	0/0	8,09
AD1941	1536	—	—	—	—	16/16	0/0	8,35
AD1953	512	112	100	—	—	4/6	0/3	7,06
AD1954	512	112	100	—	—	4/2	0/3	7,06
ADAU1401	1024	104	90	100	-83	8/8	2/4	—
ADAU1701	1024	104	90	100	-83	8/8	2/4	4,47
ADAU1702	512	104	90	100	-83	8/8	2/4	3,53

онным набором SigmaDSP. Среда SigmaStudio снабжена хорошо проработанной системой помощи. В этом разделе вы найдете описание всех особенностей среды и всех программных блоков для обработки сигналов.

В состав SigmaStudio входит библиотека в том числе и низкоуровневых функций обработки сигналов — таких как сумматоры, перемножители, обратные связи и задержки. Эти узлы можно «соединять проводами» и реализовывать таким образом собственные алгоритмы, при этом нет необходимости «сочинять в кодах».

При каждой компиляции проекта SigmaStudio создает папку IC1 в папке, где находится проект. В папке IC1 находится файл с названием compiler_output.txt. В этом файле содержатся подробные сведения о программе, параме-

трах, данных и о занятой памяти, которую потребляет проект.

Сейчас семейство SigmaDSP планомерно расширяется. Разрабатываются новые процессоры с пониженным энергопотреблением, например, ADAU1761 — процессор для портативных систем с автономным питанием, потребляющий в режиме воспроизведения 5 мВт (при напряжении питания 1,8 В). Разработаны процессоры ADAV4601 и ADAV4622 со специальными функциями, предназначенные для применения в современных высококачественных телевизорах.

В таблице приведены основные характеристики и цены на некоторые поставляемые сейчас процессоры SigmaDSP. Эти цены действительны в США и приведены здесь только для ознакомления. ■