

# АУДИОИНТЕРНЕТ

## РЕВОЛЮЦИЯ ИЛИ, СКОРЕЕ, ЭВОЛЮЦИЯ?

В. Шурыгина

**Аудиоинтернет переживает бум. Оснащенные жилищ такими “насосами и трубопроводами”, как 56-Кбайт модемы и технологии xDSL<sup>1</sup>, а также реализация MP3-алгоритма<sup>2</sup> сжатия данных позволили передавать и хранить в сети Интернет большой объем цифровых музыкальных записей. Рынок захлестнули цифровые аудиоплееры, которые пришлось по вкусу музыкальным фанатам и привлекли внимание звукозаписывающих компаний. Вместе с тем наше представление о портативном плеере меняется быстрее, чем сложность используемых в нем микросхем, подчиняющаяся закону Мура. И простейший MP3-плеер уже не может доминировать на рынке. Потребитель ждет аудиоплатформ, поддерживающих многочисленные форматы и функционально сопоставимых с обычными домашними музыкальными центрами. И чтобы застраховать себя от потерь, изготовители цифровых плееров рассматривают возможность поддержки различных стандартов.**

По мере обновления стандартов Организации защиты цифровой музыки (Secure Music Initiative – SDMI) и реализации их в новых устройствах в 2000–2002 годах ожидается рост спроса на цифровые портативные плееры. И уже к 2003 году, по данным аналитического подразделения In-Stat Group издательства Cahners, продажи портативных цифровых музыкальных устройств достигнут 9,6 млн. долл. В 1999 году было отгружено около 700 тыс. цифровых плееров 50-60 конкурирующих моделей, из них 50% произведены фирмой Diamond Multimedia и 25% – RCA/Thomson. Примечатель-

но, что пять самых популярных моделей цифровых плееров поддерживают, кроме MP3, по крайней мере, еще один аудиоформат. Причины интереса к стандарту MP3 несколько. Во-первых, он открыл дорогу новым типам изделий бытовой электроники. Во-вторых, появление аудиоплееров, способных воспроизводить музыкальные файлы, переписанные непосредственно из Интернета, – это первый шаг на пути перехода от загрузки текстов или статичных изображений к переносу большого контента сети в реальном времени.

Но сегодняшние простейшие MP3-плееры не смогут конкурировать с устройствами следующих поколений. Пользователи ждут появления аудиоплатформ, функционально сопоставимых или даже превосходящих обычные домашние музыкальные центры и способных поддерживать разнообразные аудиоформаты. Создание таких цифровых аудиосистем – от простейших портативных до стереомоделей высшего класса – сводится к выбору оптимального набора алгоритмов, аппаратных и программных средств, а также механизмов обеспечения целостности данных. Как считает технический руководитель фирмы Creative Technology Хок Леов, “построение цифрового плеера аналогично разработке ПК, но с меньшим фактором”.

### МЕТОДЫ СЖАТИЯ ДАННЫХ

На вопрос “Слышали ли вы когда-нибудь звуковую запись, формируемую методами сжатия цифровых данных?” большинство ответит “Нет”. Но это не так. Многие радиостанции давно используют средства сжатия данных для архивирования музыкальных записей или для внутростудийного обмена информацией. Методы сжатия данных находят применение и в звуковоспроизводящих системах современных кинотеатров. Что уж говорить об Интернете. Предвидя важность методов сжатия при передаче аудио- и видеoinформации, Международная организация по стандартизации (ISO) с целью разработки и стандартизации таких методов образовала Экспертную группу по движущемуся изображению (Moving Pictures Expert Group – MPEG). Самые известные разработки этой группы – стандарты MPEG-1 и MPEG-2, MP3 (уровень 3 MPEG-2).

Алгоритмы всех MPEG-форматов реализуются методами перцепционного кодирования<sup>3</sup>, основанными на особенностях воспри-

<sup>3</sup> При перцепционном кодировании для сокращения объема данных, требуемых для воспроизведения звука, используется свойство маскирования, присущее человеческому уху. Простейшее объяснение психоакустического явления, называемого маскированием, – блокировка тоновым сигналом определенной интенсивности и частоты других тоновых сигналов, близких по частоте, но с меньшей интенсивностью. Существует и временная зависимость этого эффекта: сигнал большой интенсивности может маскировать тональные сигналы той же или близкой частоты, пришедшие на несколько миллисекунд раньше или позже него.

<sup>1</sup> Электроника: Наука, Технология, Бизнес, 2000, №2, с. 12–17.

<sup>2</sup> Электроника: Наука, Технология, Бизнес, 1999, №3, с. 54–57.



тия звука человеком. Если шум квантования услышать нельзя, то можно не тратить лишние биты на то, чтобы избавиться от него. Шум квантования распределяется по частотным диапазонам так, чтобы он маскировался общим сигналом, т.е. не был слышен. Модель перцепционного кодирования определяет значение порога маскирования или значение допустимого шума для каждого разбиения кодера. Тем самым задается качество кодирования. Если помехи дискретизации ниже порога маскирования, качество звучания в MP3-формате сопоставимо с исходным.

В сравнении с другими методами сжатия MP3 обеспечивает наилучшее качество воспроизведения при заданной частоте дискретизации. Таким образом, MP3 – самый мощный формат MPEG-стандартов аудиокодирования. Во всех испытаниях MP3-алгоритм обеспечивал качество оригинального звука при сжатии данных 1:12 (частота дискретизации примерно 64 Кбит/с на аудиоканал). Если допускается работа в полосе около 10 кГц, можно получить приемлемое качество стереозвучания при коэффициенте сжатия 1:24.

Еще одно очевидное преимущество MP3 перед другими методами сжатия цифрового аудиосигнала – большая база доступных в Интернете аудиофайлов. Однако MP3 не единственный и не идеальный метод сжатия, пригодный для всех применений (см. табл.).

### НАИБОЛЕЕ ПОПУЛЯРНЫЕ ДЛЯ ПОРТАТИВНЫХ УСТРОЙСТВ АЛГОРИТМЫ СЖАТИЯ

По-видимому, самую острую конкуренцию MP3 сегодня может составить стандарт AAC, известный как усовершенствованный метод кодирования MPEG-2. Этот алгоритм был разработан в начале 1997 года объединенными усилиями Института интегральных схем Франгофера и компаний AT&T, Sony и Dolby как эффективный метод кодирования для получения эффекта объемного звука, широко применяемого сегодня в кинематографии. AAC-алгоритм (с некоторыми модификациями) наряду с TwinVQ войдет в разрабатываемый сейчас стандарт MPEG-4 – “глобальный мультимедийный язык” будущего. В нем объединены достоинства стандартов фирмы Dolby, MPEG-2, и PAC фирмы AT&T. Его реализация требует меньшей частоты дискретизации, чем MP3, но быстродействие применяемого микропроцессора должно быть выше на 30–40%.

По своей базовой структуре AAC-алгоритм схож с MP3-форматом (рис.1). Но существует несколько отличий, о которых стоит упомянуть. Во-первых, если MP3-алгоритм реализуется с помощью

многофазных фильтров и модифицированного дискретного косинусного преобразования (Modified Discrete Cosine Transform – MDCT), то метод AAC использует только преобразование MDCT. Во-вторых, AAC-формат предусматривает временное формирование шумового сигнала (Temporal Noise Shaping – TNS). Согласно этому методу временного/частотного кодирования, распределение квантованного шума во времени задается путем прогнозирования его распределения в частотном домене. Это позволяет значительно улучшить качество воспроизведения голосовых сигналов. В-третьих, AAC-алгоритм использует метод прогнозирования, часто встречающийся в системах кодирования речи. В-четвертых, точная регулировка разрешения квантования обеспечивает эффективное преобразование сигнала при заданной частоте дискретизации. И, наконец, используемый метод энтропийного кодирования позволяет минимизировать резервирование.

Оживленно обсуждается сегодня и предложенный фирмой Microsoft кодек WMA, поддерживаемый Windows-платформами и способный обрабатывать любой аудиоконтент – от речевого сигнала (в диапазоне 8 кГц) до стереомузыки (48 кГц). В сравнении с аналогичными файлами других форматов время загрузки и объем WMA-файлов в два раза меньше. Сравнение трех кодеков – WMA, RealAudio G2 и MP3 – независимой фирмой NSTL показало, что по качеству звука WMA-файлы превосходят музыкальные клипы, кодируемые G2-алгоритмом, и не уступают MP3-файлам, формируемым с вдвое большей частотой дискретизации. К тому же контент, создаваемый WMA-кодеком, может быть скомпонован программой Windows Media Packager, входящей в пакет Windows Media Rights Manager. Последний обеспечивает воспроизведение записи только после соответствующей оплаты. Пакетированные файлы не могут воспроизводиться без ключа декодирования, указанного в лицензии пользователя.

WMA – формат для электронной торговли музыкальными файлами и как таковой не пригоден для дальнейшего совершенствования качества воспроизведения. Так, этот алгоритм предусматривает применение широкого окна выборки с единым набором множителей, что затрудняет кодирование кратковременных звуков (например, удар музыкальных тарелок). И хотя Microsoft заявляет, что 64-Кбит WMA обеспечивает сопоставимое с 128-Кбит MP3 качество звучания, любители не всегда соглашались с такой оценкой. Тем не менее Microsoft ввел этот кодек по умолчанию в инструмент Microsoft Media Tools 4.0, а также в комплект Software Development Kit.

Наиболее популярные современные алгоритмы сжатия для портативных устройств

Алгоритм	Поставщик	Адрес сайта	Примечание
Adaptive-Transform-Acoustic Coding (ATRAC)	Sony	www.sel.sony.com/SEL/consumer/md www.minidisc.org	Предназначен для мини-дисктовых систем
Advanced Audio Compression (AAC)	MPEG совместно с AT&T, Sony и Dolby	www.cseit.it/mpeg www.iis.fhg.de www.mpeg.org	Один из самых перспективных алгоритмов
Dolby digital (панее AC-3)	Dolby Laboratories	www.dolby.com/digital	Перспективен для воспроизведения звукового сопровождения домашних кинотеатров
MPEG уровни 1,2 и 3 (MP3)	MPEG	www.cseit.it/mpeg www.iis.fhg.de www.mpeg.org	Самые распространенные
Perceptual Audio Coder (PAC ePAC)	Lucent Technologies	www.lucent.com/ldr www.celestialtech.com	–
QDesign Media Codec (QDMC)	Qdesign	www.qdesign.com	Используется в системе QuickTime
RealAudio G2	RealNetworks	www.real.com	Обеспечивает hi-fi воспроизведение при частоте дискретизации 6–96 Кбит/с. Отличается высокой устойчивостью к потерям (даже 10–15% потери в пакете могут быть не замечены пользователем)
Transform-domain weighted interleave Vector Quantization (TwinVQ или NQF)	NTT/Yamaha	www.vqf.com www.yamaha-xg.com/english/xg/SoundVQ	Используется фирмой Yamaha в системах SoundVQ
Windows Media Audio (WMA)	Microsoft	www.microsoft.com/windows/windowsmedia	–

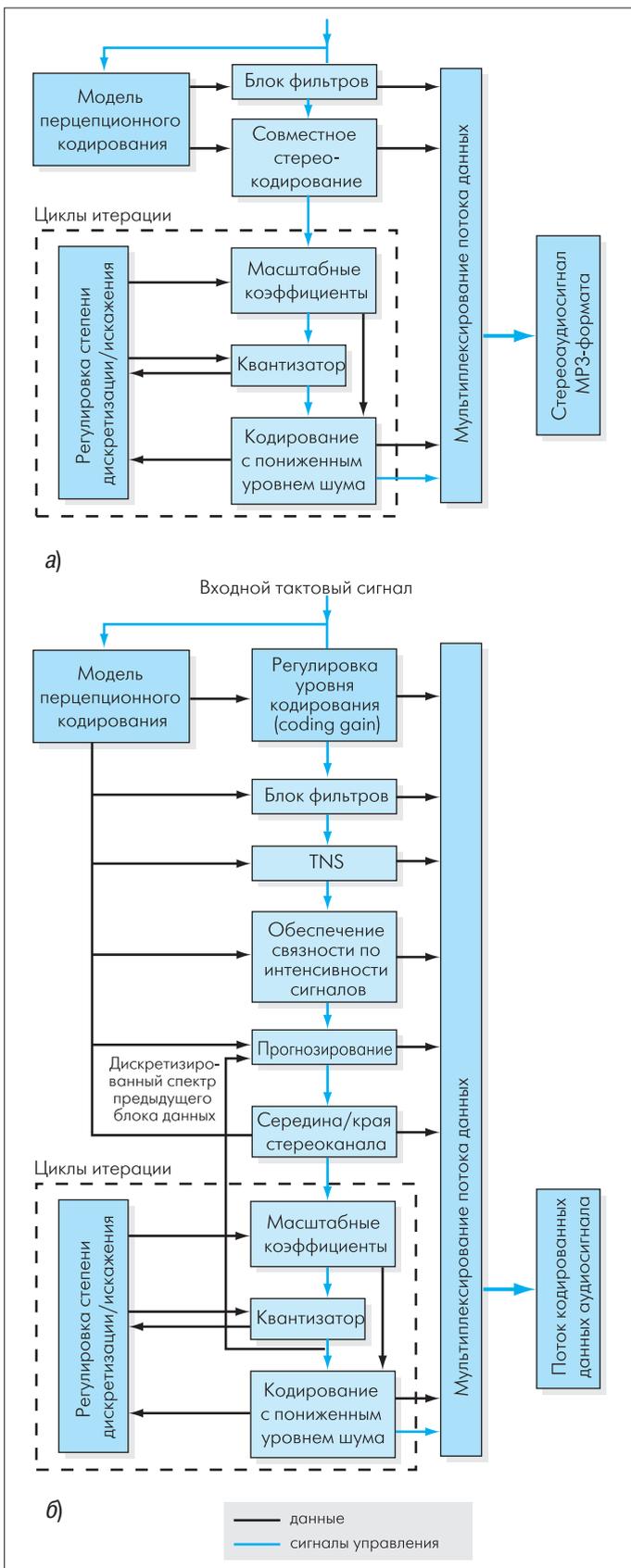


Рис. 1 Базовые схемы структур кодирования MP3 (а) и AAC (б)

В начале года Microsoft объявила о заключении соглашения с фирмой, специализирующейся в Интернет-звукзаписи, – Liquid Audio. По этому соглашению программные средства Liquid Audio будут поддерживать WMA-формат. У Liquid Audio обширная библиоте-

ка музыкальных файлов, содержащая 50 тыс. песен и 1 млн. клипов, записанных в собственном формате. Теперь компания переведет их в формат WMA. Как заявила компания Microsoft, “Microsoft как технологический лидер и Liquid Audio как ведущий дистрибьютор музыкальных записей объединяют свои усилия с тем, чтобы облегчить заказчикам участие в цифровой музыкальной революции”.

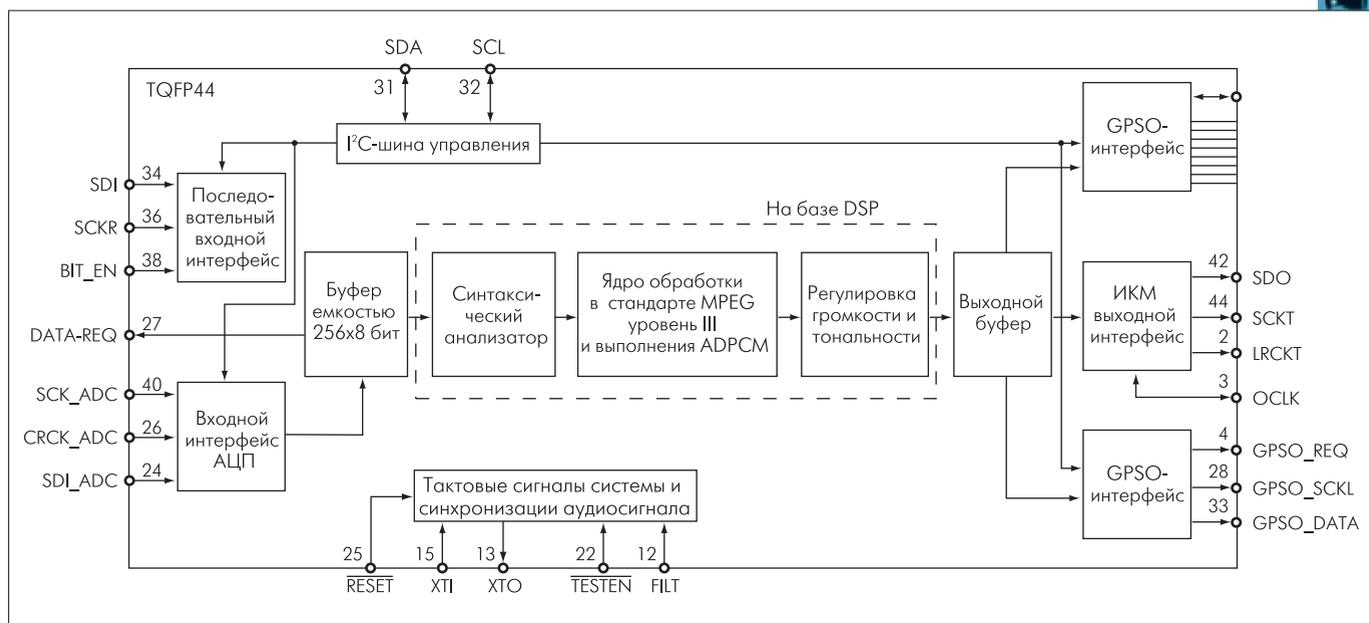
Таким образом, хотя сегодня MP3-формат, конечно, незаменим для портативных плееров, его не столь уж безукоризненная репутация заставляет звукозаписывающие компании рассматривать другие стандарты онлайн-работы, предусматривающие защиту от незаконного использования имеющихся в сети музыкальных файлов. Однако по мнению фирмы e.Digital, какой-либо конкретной альтернативы MP3 у крупных звукозаписывающих фирм нет. Следовательно, интересны плееры, способные работать как с MP3, так и с другими появившимися за последнее время алгоритмами. Правда, сегодня такой плеер нельзя считать привлекательным из-за высокой стоимости и плохого качества звучания, которое скорее можно сравнить с качеством ксерокопии с копии. Но все же считается, что чем больше форматов может поддержать плеер, – тем лучше, и многие фирмы работают над созданием “многостандартных” аудиоустройств. Потребителю все равно, в каком формате воспроизводится музыка. Для него важно не почувствовать переход с одного формата на другой. В последних моделях плееров семейств Rio фирмы Diamond Multimedia и Lyra фирмы RCA/Thomson уже предусмотрена возможность поддержки нескольких форматов воспроизведения музыкальных файлов.

Какой стандарт победит? MP3 – первый успешный алгоритм, появившийся на рынке, и хотя в Интернете хранится свыше 80 тыс. музыкальных альбомов в этом формате, его будущее может оказаться не столь уж радужным. Индустрию звукзаписи, конечно, волнует влияние этого “свободного” стандарта на ее огромные доходы. И хотя руководство сайта MP3.com не согласно с решением окружного суда США, признавшего в апреле 2000 года нарушение авторских прав гигантов звукзаписи, оно намерено вести переговоры с этими гигантами и получить лицензии на использование принадлежащих им музыкальных произведений.

**ЭЛЕМЕНТАРНАЯ БАЗА**

Основная цель разнообразных методов кодирования и декодирования при сжатии сигнала – добиться баланса между скоростью кодирования/декодирования и объемом и качеством сжатого аудиофайла. При оценке того или иного кодека необходимо принимать во внимание объем и стоимость требуемой для его реализации логики и памяти. Сегодня на рынке можно купить разнообразные оптимизированные для обработки аудиосигнала и перцепционного кодирования микросхемы – от специализированных декодеров до платформ персональных цифровых помощников. Разработчики могут реализовать алгоритм с помощью специализированной микросхемы (что обеспечивает достаточно высокое быстродействие при приемлемой потребляемой мощности и стоимости), программируемого логического устройства или процессора – как универсально, так и сигнального (для обеспечения гибкости и возможности корректировки кодека).

Сейчас на рынке популярны приборы семейства MAS35xx фирмы Micropas, выполненные на основе DSP. В этих микросхемах использованы три независимые шины – одна для выборки кода алгоритма и две для обработки данных. Объединение микросхемы семейства MAS35xx с микроконтроллером PIC16-C74B фирмы Microchip Technology обеспечивает выполнение плеером таких дополнительных функций, как управление каналом пользователя и пе-



**Рис. 2. Блок-схема ADPCM декодера STA015, поставляемого в плоских корпусах TQFP44 LFBG64 (в блок-схеме декодера в корпусе SO28 отсутствует GPSO-интерфейс)**

передача кодированных данных декодеру, управление работой дисплея и другие служебные операции. При этом стоимость блока из двух микросхем равна примерно 6 долл., а число выводов такого блока меньше, чем у других устройств с теми же функциями.

Другой известный изготовитель микросхем для MP3-аудиоплееров – фирма STMicroelectronics, поставляющая ИС серий STA013 и STA015 (последняя поддерживает адаптивную дифференциальную ИКМ –ADPCM). КМОП-микросхема MP3-декодера семейства STA015 (рис. 2) способна декодировать любой поток данных MP3-стандарта. Данные вводятся через последовательный входной интерфейс, декодируются и пересылаются ЦАП через выходной ИКМ-интерфейс, поддерживающий скорость передачи данных до 20 Мбит/с. С выхода декодера может сниматься стерео-, моно- или цифровой двухканальный выходной сигнал. Сигнал декодера может принимать любой из имеющихся на рынке ЦАП, для чего предусмотрена возможность репрограммирования выходного интерфейса.

Декодеры типа STA015(013) поставляются в корпусах типа SO28, типа STA015B(013B) – в плоских корпусах типа LFBGA 64, а STA015T(015T) – в плоских корпусах типа TQFP44.

Фирма Samsung представлена на рынке микросхем для MP3-аудиоплееров ИС типа CalmRISC, объединяющей в одном чипе DSP, микроконтроллер и флэш-память емкостью 128 Кбайт и потребляющей 76 мВт. Фирма SigmaTel планировала выпустить во втором квартале 2000 года программируемый кодек серии STMP-97xx на базе DSP с производительностью 35 MIPS. Цена прибора при закупке больших партий – 10 долларов.

Интерес к технологии аудиоинтернета проявляют и крупнейшие производители сигнальных процессоров. Так, фирма Texas Instruments предлагает DSP, способные поддерживать различные аудиостандарты, такие как AAC, WMA, Real Audio G2. В портативных аудиоустройствах разработчики фирмы рекомендуют применять DSP TMS320C5409, быстродействие которого равно 100 MIPS, а потребляемая мощность – 64 мВт. Цена процессора при закупке партии в 25 тыс. шт. – 10 долл. В системах, где требуется большой объем оперативной памяти, целесообразно использовать процессор TMS320C5410.

В начале года Texas Instruments заключила соглашение с Фраунхоферским институтом интегральных схем, предусматривающее совместную разработку первых кодеров для портативных аудиоплееров, работающих в двух форматах – MP3 и AAC. Объединив сигнальные процессоры фирмы Texas Instruments с кодирующим программным продуктом института Фраунхофера, можно без ПК переписывать музыкальные файлы не только с сайтов Интернета, но и с компакт-дисков. Программы кодирования оптимизированы для работы с DSP TMS320C5000, допускающим реализацию программ, рассчитанных на аудиоформаты, совместимые с требованиями SDMI. В 2000 году должны быть выпущены 19 портативных аудиоплееров нового поколения, сконструированных на базе DSP фирмы Texas Instruments.

Motorola считает для MP3-плееров самым перспективным процессор DSP-56362, модификации которого также поддерживают стандарты Dolby Digital или MPEG, автоматически выбирая нужный формат. 100-МГц DSP-56362 продается по цене 14,85 долл. при закупке партии в 10 тыс. шт. Analog Devices предлагает для аудиоплееров устройство ADSST-Melody-5000, в которое входит процессор ADSP-2185M, а также программные средства поддержки MP3-алгоритма.

Агрессивную политику на рынке портативных аудиоплееров проводит фирма Cirrus Logic, чипсеты семейства Maverick которой уже сегодня поддерживают стандарты MP3 и WMA, а в будущем, возможно, смогут обеспечить и работу в стандарте AAC. Микросхема EP7209 семейства – сверхмаломощный аудиодекодер, реализующий MPEG 1, 2 и MP3-алгоритмы и выполненный на базе RISC-процессора ARM720T. В схему EP7209 входят 32-разрядный датчик истинного времени (RTC) и компаратор, а также такие периферийные устройства, как контроллер ЖКИ, интерфейсы ЦАП и флэш-памяти (рис.3). Программа хранится во внешней памяти. Для поддержки MP3- и WMA-стандартов требуется всего около 40% вычислительной мощности микросхемы, что и позволяет реализовать дополнительные функции. Поэтому по функциональным возможностям EP7209 можно отнести к декодерам следующего поколения.

Потребляемая мощность EP7209 – 87 мВт при частоте дискретизации 128 Кбит/с и 50 мВт при 64 Кбит/с. В ненагруженном ре-





ходим вспомогательный микроконтроллер. К счастью, как правило, поставщики ИС или флэш-памяти могут предложить средства поддержки разнообразных интерфейсов флэш-памяти различными микроконтроллерами. Если в плеере предусмотрена возможность перепрограммирования, флэш-память способна хранить код микропрограммы (за счет незначительного сокращения длительности воспроизведения). Появляется перспектива создания автономной цифровой стереоаудиосистемы. Эти аудиосистемы можно подключать к музыкальным шлюзам, контролирующим не только загрузку музыкальных файлов в плеер, но и поступление платы за доступ к этим файлам.

Рынок аудиоустройств для портативных плееров пока только развивается. По мере его расширения будет возрастать и сложность предлагаемых чипов. Возможно появление чипа портативного аудиоустройства, выполненного подобно ПК на базе высокопроизводительного процессора с программной поддержкой MP3-алгоритма. Так, софтовая компания Microware перенесла MP3-алгоритм на платформу операционной системы OS-9 и разрабатывает средства поддержки MP3-стандарта на языке Java. Объем памяти, необходимой для OS-9, а также для поддержки MP3-формата и передачи данных из сети, – 512 Кбайт. Гибкий интерфейс на Java позволит воспроизводить одновременно с музыкальными файлами и видеоизображение. Правда, может возникнуть вопрос: зачем применять ОС, требующую дополнительную память и высокопроизводительный процессор, потребляющий большую мощность? Но это позволит реализовать все устройство на одном чипе и, тем самым, упростить систему, облегчить ее обновление, сделать ее более гиб-

кой, а также сократить период “разработка-выпуск на рынок”. Такие устройства скорее всего найдут применение в плеерах или домашних аудиосистемах старших моделей.

Что ждать от MP3-плееров следующих поколений? Они смогут выполнять все больше функций, даже таких, требующие высокой производительности, как кодирование. В конце концов, пользователь перережет шнур ПК и непосредственно присоединится к “живым” источникам. Если в первых плеерах не было дисплея, устройства следующего поколения смогут, по крайней мере, воспроизводить список записанных файлов с указанием текущего исполнителя и произведения или поддерживать графический режим работы для отображения спектра сигнала. Изменяя интерфейс, можно варьировать тип плеера и его назначение.

Но совершенно ясно, что MP3 – не единственный формат, который будут поддерживать плееры. Интерес к плеерам с ограниченными возможностями, работающими только в MP3-формате, быстро угаснет. Сегодня на рынке аудиоинтернета происходят как революционные, так и эволюционные процессы. Темпы совершенствования цифровых аудиоплееров растут, и чтобы не промахнуться в этой игре, нельзя расслабляться. Делайте Ваши ставки, господа!

EDN, 2000, Feb.2

[www.iis.fhg.de/amm/techinf/layer3/index.html](http://www.iis.fhg.de/amm/techinf/layer3/index.html)

[www.iis.fhg.de/amm/techinf/aac/index.html](http://www.iis.fhg.de/amm/techinf/aac/index.html)

Electronic News, 2000, March 7

[msdn.microsoft.com/workshop/imedia/windowsmedia/Tools/MSAudio.asp](http://msdn.microsoft.com/workshop/imedia/windowsmedia/Tools/MSAudio.asp)