

ГЛАВА 9

ПРИМЕНЕНИЕ DSP

- Высокопроизводительные модемы для передачи данных по телефонным линиям общего пользования (POTS)
- Модемы удаленного доступа к серверу (RAS)
- Асимметричные цифровые линии стандарта ADSL
- Цифровые сотовые телефоны
- Телефоны стандарта GSM, использующие комплект ИМС (чипсет) низкочастотной обработки SoftFone™ и чипсет радиоканала Othello™
- Аналоговые базовые станции сотовой телефонии
- Цифровые базовые станции сотовой телефонии
- Управление электродвигателями
- Кодеки и процессоры обработки в узкополосных голосовых каналах и аудиосистемах
- Сигма-дельта АЦП с программируемым цифровым фильтром

а

ГЛАВА 9

ПРИМЕНЕНИЕ DSP

Уолт Кестер

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ МОДЕМЫ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО ТРАДИЦИОННЫМ ТЕЛЕФОННЫМ ЛИНИЯМ (POTS)

Модемы (модуляторы/демодуляторы) широко используются для передачи и приема цифровых данных с аналоговой модуляцией по телефонным сетям общего назначения (POTS) и частным линиям. Данные передаются в цифровом формате, и телефонный канал рассчитан на передачу голосовых сигналов в полосе частот от 300 до 3000 Гц. Для телефонного канала передачи характерны высокий уровень искажений, шума, перекрестные искажения, рассогласования полного сопротивления, паразитные эхо-сигналы и другие недостатки. Подобные явления незначительно искажают речевые сигналы, но могут привести к многочисленным ошибкам при цифровой передаче данных. Основное назначение передающей части модема состоит в том, чтобы подготовить цифровые данные для передачи по аналоговой голосовой линии. Цель приемной части модема состоит в том, чтобы получить сигнал в аналоговой форме и восстановить исходные цифровые данные при наличии приемлемого уровня ошибок. Современные высокопроизводительные модемы используют методы цифровой обработки для выполнения таких функций, как модуляция, демодуляция, обнаружение и исправление ошибок, настройка параметров передачи и подавление эхо.

Блок-схема обычного телефонного канала (POTS) показана на рис. 9.1. Чаще всего телефонная связь осуществляется с помощью нескольких соединений в телефонной сети. Наиболее широко распространенная абонентская линия представляет собой двухпроводную витую пару, которая на телефонной станции преобразуется в четырехпроводную. При этом два проводника работают на передачу и два на прием. Сигнал преобразуется обратно к 2-проводной паре на линии удаленного абонента. Преобразование двухпроводной линии в четырехпроводную осуществляется с помощью так называемой гибридной схемы. Гибридная схема преднамеренно вносит рассогласование импеданса, чтобы предотвратить колебательный процесс в четырехпроводной магистральной линии. Рассогласование приводит к отражению части переданного сигнала и возникновению эхо-сигнала на приемной стороне. Это эхо может привести к потере данных, которые приемник получает от удаленного модема.

Полудуплексные модемы могут поочередно, а не одновременно принимать и передавать данные по двухпроводной линии. Дуплексные модемы также работают на двухпроводную линию, но способны совмещать передачу и прием данных. Работа в дуплексном режиме требует от модема способности отделения принимаемого сигнала от отражения (эха) передаваемого сигнала. Это достигается или назначением для сигналов разного направления различных частотных диапазонов, разделяемых с помощью фильтрации, или подавлением эха, при котором синтезируется «эхо» – копия отраженного передаваемого сигнала и оно вычитается из принимаемого смешанного сигнала.

а

АНАЛОГОВЫЙ МОДЕМ, РАБОТАЮЩИЙ С ТЕЛЕФОННОЙ ЛИНИЕЙ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

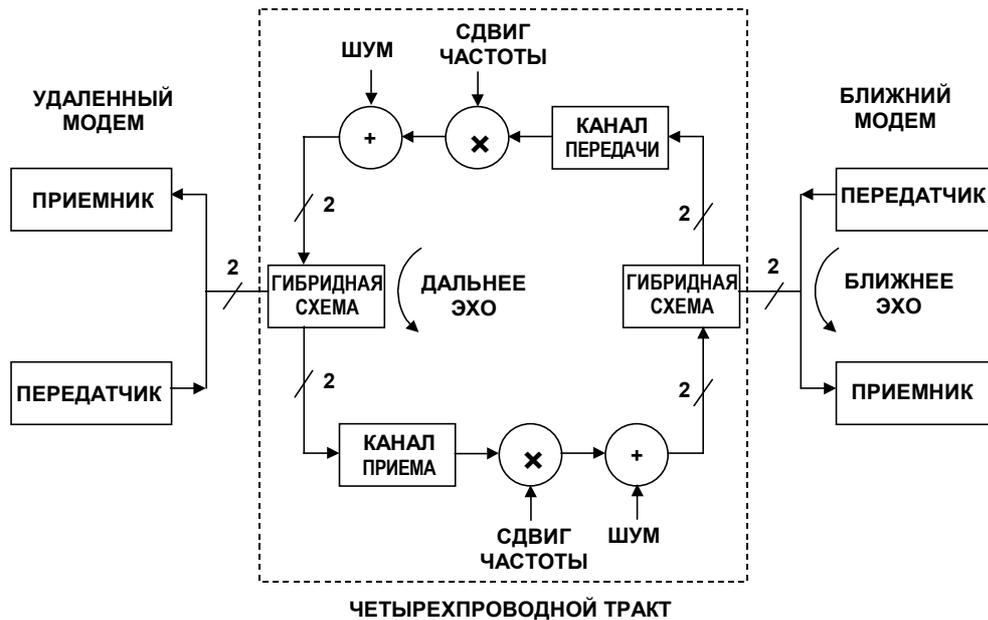


Рис. 9.1

В традиционной телефонной связи существует два типа эха. Первое эхо – это отражение от ближней (входной) гибридной схемы телефонной станции, а второе эхо – от дальней (выходной) гибридной схемы. В процессе передачи сигнала на большое расстояние передаваемый сигнал подвергается преобразованиям несущей частоты с помощью гетеродина. Так как частоты гетеродинов в сети не совсем совпадают, несущая частота эхо-сигнала, отраженного от выходной гибридной схемы, может отличаться от несущей частоты передаваемого сигнала. В современных приложениях этот сдвиг может ухудшить степень подавления эхо-сигнала. Поэтому для схемы эхоподавления желательно компенсировать этот частотный сдвиг.

Для передачи по телефонным сетям синусоидальная несущая модулируется цифровым сигналом, в результате чего получается модулированный сигнал звуковой частоты. Частота несущей выбирается так, чтобы укладываться в пределы полосы частот телефонного канала. В режиме передачи модем модулирует цифровыми данными несущую частоту, в режиме приема модем детектирует звуковую несущую и выделяет из нее цифровые данные.

Цифровой сигнал может быть использован для модуляции амплитуды, частоты или фазы звуковой несущей, в зависимости от того, какая скорость передачи данных требуется. Эти три типа модуляции известны как амплитудно-манипулированная (amplitude shift keying - ASK), частотно-манипулированная (frequency shift keying - FSK) или фазоманипулированная (phase shift keying - PSK). В простейшем случае модулированная несущая в каждый момент времени имеет одно из двух фиксированных значений параметров, то есть одну из двух амплитуд, одну из двух частот или один из двух фазовых сдвигов. Эти два фиксированных значения представляют собой логический 0 или логическую 1.

При низких и средних скоростях передачи данных (до 1200 бит/с) используется частотная модуляция (FSK). Многофазные PSK используются при скоростях передачи данных от 2400 бит/с до 4800 бит/с. PSK более эффективно использует ширину диапазона, чем FSK,

а

но ее реализация значительно дороже. ASK наименее эффективна и используется только для очень низких скоростей передачи (менее чем 100 бит/с). Для скоростей от 9600 бит/с до 33600 бит/с используется комбинация PSK и ASK, называемая квадратурной амплитудной модуляцией (QAM).

Международный комитет по телеграфной и телефонной связи (ИТТС) (ССИТТ во Франции) установил стандарты и спецификации для модемов, которые приведены на рис. 9.2.

НЕКОТОРЫЕ СТАНДАРТЫ МОДЕМОВ

ССИТТ Rec.	Приблизит. дата	Макс. скорость (бит/с)	Полудуплекс/ Полн.дуплекс/ Подавл. эхо	Метод модуляции
V.21	1964	300	FDX	FSK
V.22		1200	FDX	PSK
V.22 bis		2400	FDX	16QAM
V.23		1200	HDX	FSK
V.26 bis		2400	HDX	PSK
V.26 ter		2400	FDX (EC)	PSK
V.27 ter		4800	HDX	8PSK
V.32		9600	FDX (EC)	32QAM
V.32 bis		14400	FDX (EC)	QAM
V.34		33600	FDX (EC)	QAM
V.90	1998	56000*	FDX (EC)	PCM
V.92	2001	56000**	FDX (EC)	PCM

*Только на прием, на передачу работает как стандарт V.34

**На передачу и на прием

Рис. 9.2

Задача проектирования высокоэффективных модемов состоит в том, чтобы достичь максимально возможной скорости передачи данных по телефонным сетям общего пользования и избежать расходов на использование частных телефонных линий. Стандарт V.90, рекомендованный ССИТТ, описывает дуплексный режим работы (одновременная передача и прием) модема, работающего в сети POTS. Спецификация V.90 предусматривает передачу данных с телефонной станции на модем абонента со скоростью 56 000 бит/с с использованием импульсно-кодовой модуляции (PCM). Поток данных от абонента к телефонной станции регламентируется стандартом V.34, рассчитанная скорость до 33 600 бит/с (QAM).

Упрощенная блок-схема аналоговых модемов стандарта V.90 показана на рис. 9.3. Как следует из нее, большая часть обработки сигналов выполняется в цифровой форме. И приемная, и передающая части модема используют множество различных алгоритмов для цифровой обработки сигналов, для эффективного выполнения которых вполне могут использоваться современные процессоры.

а

УПРОЩЕННАЯ СТРУКТУРНАЯ СХЕМА АНАЛОГОВОГО МОДЕМА СТАНДАРТА V.90

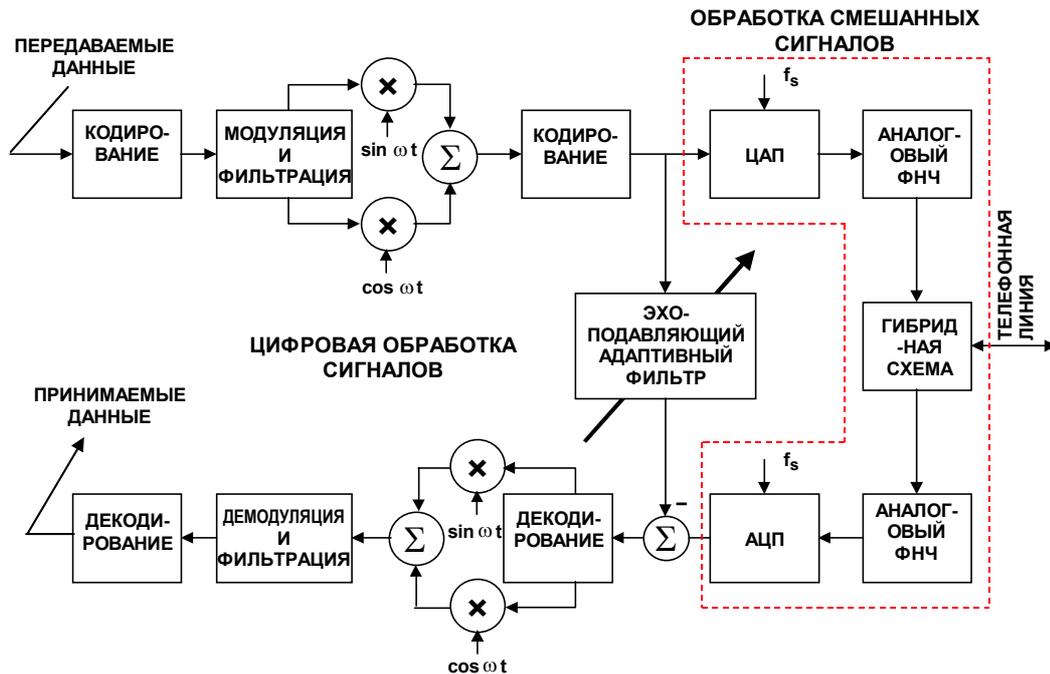


Рис. 9.3

Последовательный поток данных, предназначенных для передачи, сначала скремблируется (т.е. осуществляется перемежение данных, изменение порядка следования) и кодируется. Скремблирование позволяет получить из входного потока данных псевдослучайную последовательность. Цель скремблирования состоит в том, чтобы привести спектр передаваемых данных к спектру белого шума. Без скремблирования длинная последовательность идентичных символов могла бы привести к неверному опознаванию приемником несущей. Скремблирование приближает спектр передаваемых сигналов к белому шуму, способствуя более эффективному использованию ширины диапазона канала, облегчая восстановление несущей и временную синхронизацию и делая возможным адаптивную подстройку и подавление эхосигнала.

Скремблируемый битовый поток разделяется на группы бит, и уже группы сначала подвергаются дифференциальному кодированию, а затем — сверточному кодированию.

После этого полученные символы отображаются в пространство сигналов QAM в соответствии со стандартом V.34. Отображение сигнала позволяет получить две координаты: одну для действительной части QAM-модулятора и одну для его мнимой части. В качестве примера можно привести рис. 9.4, где точками показана совокупность значений ("созвездие") I и Q. Таким образом четыре бита кодируются посредством одного символа. Такой вид квадратурной модуляции называется 16-QAM. Более сложные совокупности I и Q используются в модемах стандарта V.90, и фактический размер этой совокупности адаптивно изменяется и определяется в процессе обучения, или во время установления связи, когда модемы синхронизируют между собой режимы приема и передачи сигналов.

а

СИГНАЛ С КВАДРАТУРНОЙ АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ (QAM), ПЕРЕДАЮЩИЙ 4 БИТА С КАЖДЫМ СИМВОЛОМ (16-QAM)

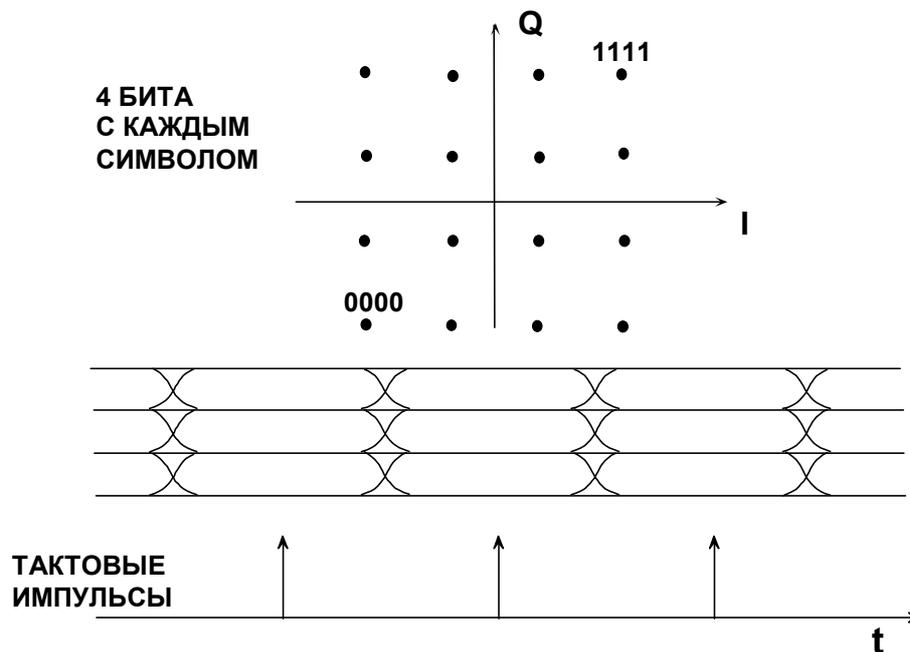


Рис. 9.4

До модуляции цифровой импульс проходит через цифровые фильтры, подавляющие спектральные составляющие с частотой выше половины частоты дискретизации (частоты Найквиста), которые появляются в процессе формирования сигнала. Кроме того, эти фильтры имеют нули на соответствующих частотах для подавления межсимвольной интерференции.

Алгоритм QAM-модуляции может быть легко реализован с помощью современных DSP-процессоров. Алгоритм модуляции требует: доступ к значениям синусов или косинусов, входной символ (X- или Y-координата) и умножение. Параллельная архитектура семейства ADSP-21XX позволяет все три операции производить за один процессорный цикл.

С выхода цифрового модулятора сигнал поступает на ЦАП. После ЦАП сигнал пропускается через аналоговый НЧ-фильтр и выводится в двухпроводную телефонную линию для передачи по телефонной линии.

Приемник состоит из нескольких функциональных блоков: входного антиалиазингового фильтра и АЦП, демодулятора, адаптивного эквалайзера, декодера Витерби, подавителя эхо-сигнала, дифференциального декодера и дескремблера. Реализуемые в приемнике алгоритмы цифровой обработки требуют высокой скорости обмена данными с памятью при высокой вычислительной мощности. Семейство сигнальных процессоров ADSP-218X удовлетворяет этим требованиям, обеспечивая достаточный объем ОЗУ программ на кристалле (как для программ, так и для данных), ОЗУ данных на кристалле и скорость выполнения инструкции до 75 MIPS.

Антиалиазинговый фильтр и АЦП в приемнике должны иметь достаточно широкий динамический диапазон, позволяющий обрабатывать слабый сигнал на фоне более сильного эхо-сигнала. Полученный сигнал может иметь уровень -40 дБм, в то время как

а

эхо-сигнал от входной гибридной схемы может достигать -6 дБм. Чтобы гарантировать отсутствие дополнительных погрешностей при приеме сигналов в таких условиях, аналоговый тракт приемника должен обеспечивать мгновенный динамический диапазон 84 дБ и отношение сигнал-шум 72 дБ.

Чтобы компенсировать амплитудные и фазовые искажения в телефонном канале, необходимо применение эквалайзера, позволяющего снизить уровень ошибок в битовом потоке. Быстрое изменение условий прохождения сигнала по телефонной линии требует адаптивной подстройки параметров эквалайзера, оговоренной в части стандарта V.90, относящейся к приемной части модема. Адаптивный эквалайзер может быть выполнен на основе цифрового КИХ-фильтра с адаптивно подстраиваемыми коэффициентами фильтрации в зависимости от текущего состояния линии.

Разделение между передаваемым и принимаемым сигналами в модемах стандарта V.90 реализовано с использованием системы подавления эхо-сигнала. Такое решение позволяет подавить оба вида эхо-сигнала и обеспечить надежную связь. Подавление эхо-сигнала достигается за счет вычитания ожидаемого уровня отраженного эха из фактически полученного сигнала. Ожидаемый уровень эхо-сигнала предсказывается посредством обработки переданного сигнала в адаптивном фильтре с передаточной функцией, эмулирующей телефонный канал. Адаптивный фильтр, обычно используемый в системах подавления эхо-сигнала, представляет собой цифровой фильтр с конечной импульсной характеристикой (такой выбор определяется высокой стабильностью и линейностью ФЧХ КИХ-фильтра). Величина отклика определяется алгоритмом наименьшей среднеквадратичной ошибки — так называемым LMS-алгоритмом, выполняемым в течение нескольких тестовых последовательностей сигналов до начала дуплексной связи.

Для расшифровки полученных данных чаще всего используется декодер Viterbi. Названный по имени изобретателя, Viterbi-алгоритм представляет собой наиболее универсальное средство для коррекции ошибок в потоке данных. Декодер Viterbi обеспечивает надежное исправления ошибок, затрачивая на исследование полученной битовой последовательности дополнительное время для определения наиболее вероятного ее значения, передаваемого в текущий момент времени. Декодирование по алгоритму Viterbi требует весьма интенсивных вычислений. Необходима запись предыстории для всех возможных символов, передаваемых в каждой символьной последовательности. В символьных последовательностях рассчитывается запаздывание по времени от каждого возможного полученного символа до символа, посланного некоторое время назад. Символ, который имеет минимальное запаздывание по отношению к исходному сигналу, признается истинным декодированным символом. Полное описание декодера Viterbi и его реализация на базе семейства процессоров ADSP-21XX приведены в документации, поставляемой Analog Devices [2].

На рис. 9.5 приводится сравнение модемов стандартов V.34 и V.90. Обратите внимание, что по стандарту V.34 (рис. 9.5, а) соединение осуществляется между двумя аналоговыми модемами. Это требует применения АЦП и ЦАП в передающих и приемных трактах, как показано на рисунке. Стандарт V.90 предусматривает использование полностью цифровых сетей и цифровых модемов, как показано на рис. 9.5, в. Можно заметить, что отказ от применения АЦП/ЦАП позволяет увеличить скорость приема данных до значений, превышающих 56 Кбит/с. В принимаемом аналоговом модеме стандарта V.90 потоке данных использована импульсно-кодовая модуляция со скоростью передачи 64 Кбит/с, которая является стандартной для всех цифровых телефонных сетей. Этот последовательный поток данных преобразуется посредством импульсно-амплитудной модуляции (PAM) (8-bits, 8 kSPS) с помощью 8-разрядного ЦАП. Сигнал с ЦАП поступает на аналоговый модем в виде кода, принимающего значения из совокупности

а

("созвездия") в 256 значений, то есть приемник аналогового модема должен определить, какому из 256 возможных уровней сигнала соответствует символьная последовательность.

Стандарт V.90 позволяет увеличить скорость приема данных до 56 Кбит/с и скорость передачи данных до 33.6 Кбит/с (V. 34). Новый стандарт V.92 предусматривает скорость обмена до 56 Кбит/с в обоих направлениях.

СРАВНЕНИЕ МОДЕМОВ СТАНДАРТА V.34 И V.90

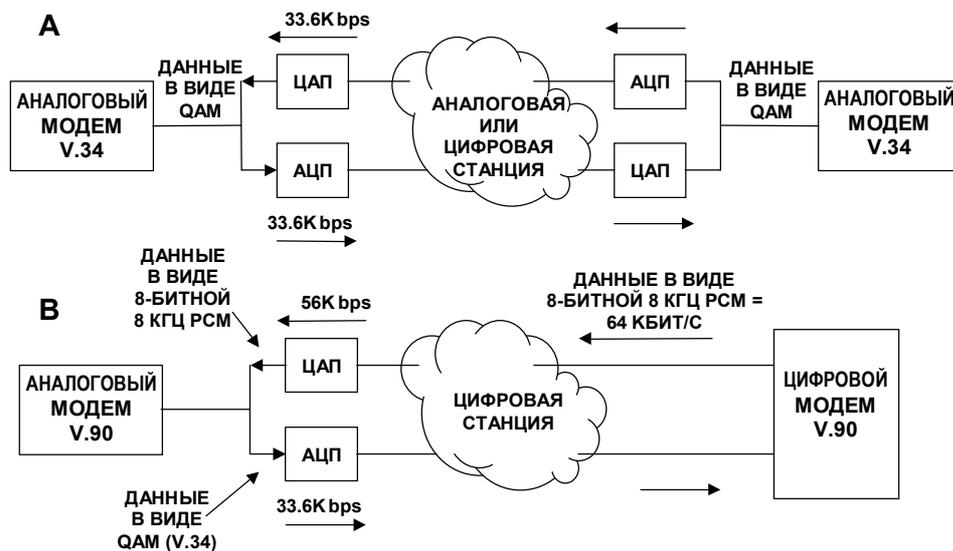


Рис. 9.5

МОДЕМЫ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА (RAS)

Быстрое развитие и интенсивное использование ресурсов Интернет приводит к тому, что количество желающих подключиться к сети Интернет намного превосходит возможности коммуникационного оборудования. Интернет-провайдеры (ISP), как например America On Line, предоставляет своим клиентам модемное оборудование для организации удаленного доступа к сети (домашний Интернет). Этот вид доступа к сети удаленного объекта называется удаленным доступом к сети (RNA). Для этих целей используется так называемое оборудование удаленного доступа к серверу (RAS), показанное на рис. 9.6. Это оборудование включает в себя многопортовые модемы; каждый порт модема может использоваться различным пользователем. RAS может использовать аналоговые модемы, которые соединяются с телефонными линиями общего пользования (POTS), или цифровые модемы, которые являются совместимыми с цифровыми телефонными стандартами T1, E1, PRI или линиями BRI. Цифровые модемы используются в большинстве RAS-систем, поскольку они обладают большей эффективностью при числе портов 8 и более.

Оборудование доступа к сети позволяет отдельным пользователям, маленьким офисам и служащим, находящимся в командировках, соединиться с внутренними корпоративными сетями (Intranet) и Интернетом. Интернет-провайдеры для соединения пользовательских телефонных линий с сетями используют устройства, называемые концентраторами. Концентраторы также относятся к оборудованию RAS. Быстрый рост числа абонентов и

а

интенсивное использование ресурсов Интернета и Интранета создали огромный спрос на модемное оборудование.

ПОДКЛЮЧЕНИЕ К ИНТЕРНЕТУ С ПОМОЩЬЮ МОДЕМА УДАЛЕННОГО ДОСТУПА (RAS)

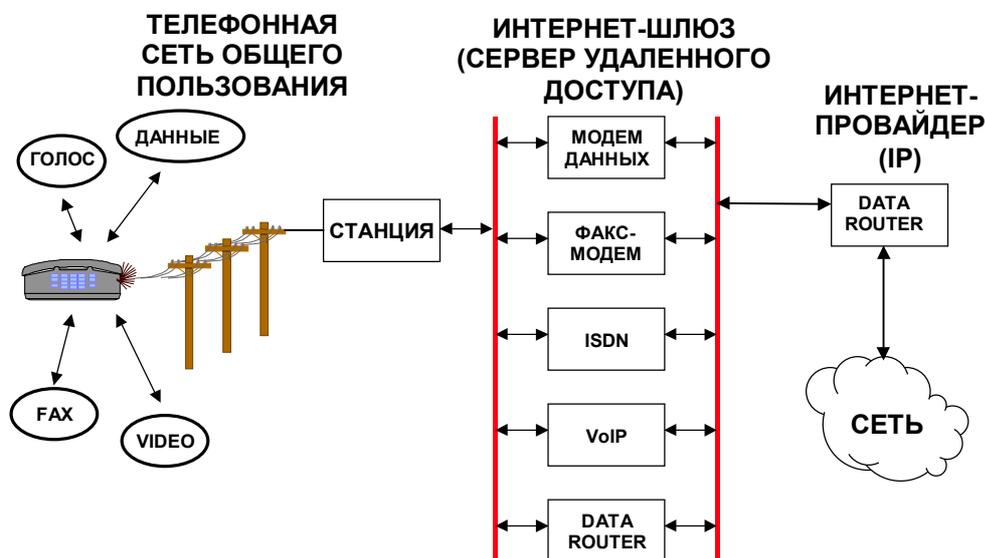


Рис. 9.6

При организации удаленного доступа индивидуальных пользователей и небольших офисов (SOHO) желательно сначала объединить индивидуальные компьютеры в локальные вычислительные сети (LAN) или Интранет. Если оборудование удаленного доступа установлено в общей локальной вычислительной сети, то удаленные пользователи имеют доступ в сеть таким же способом, которым их компьютеры непосредственно связаны с LAN. Это позволяет им так же свободно работать в удаленных пунктах, как если бы они находились у себя дома или в офисе.

ИМС ADSP-21mod870 представляет своеобразный мост между голосовой аналоговой коммутируемой сетью и цифровой сетью с использованием IP протокола, как показано на рис. 9.7. Высокоскоростной интерфейс ПДП и оперативная память большого объема на кристалле ADSP-21mod870 дают возможность гибкого приспособления к разнообразным задачам. Программное обеспечение ADSP-21mod870-100 может быть сконфигурировано для обработки запросов модема или работы с высокоскоростными цифровыми абонентскими линиями HDLC и цифровыми сетями ISDN. Поскольку ADSP-21mod870 представляет собой открытую платформу, пользователями могут быть назначены любые другие функции. Например, передача голосовых и факсимильных сообщений через Интернет. В этих приложениях ADSP-21mod870 позволяет пользователям голосовых сетей избежать расходов, связанных с передачей вызовов по IP сетям. В ADSP-21mod870 применено 16-разрядное вычислительное ядро с фиксированной точкой ADSP-218X, что сохраняет полную программную совместимость с другими представителями семейства ADSP-21XX.

Поскольку число удаленных пользователей сети быстро растет, коммутационной емкости центральной телефонной станции зачастую оказывается недостаточно. Особенно сложная ситуация складывается, когда тысячи вызовов коммутируются на один объект (POP). Для устранения этих узких мест RAS-оборудование может быть расположено вне объекта

а

доступа POP, непосредственно на телефонной линии, как показано на рис. 9.8. Когда RAS-оборудование расположено на коммутационной станции, запросы данных могут быть отделены от телефонных вызовов, снимая напряженную обстановку на телефонной линии. RAS-оборудование, интегрированное в коммутационное оборудование, часто называют оборудованием удаленного доступа на базе переключателей. В отличие от RAS-систем, не интегрированных в коммуникационное оборудование, RAS-оборудование на базе переключателей может отделить запросы данных от телефонных вызовов до связи с магистральными линиями.

МОДЕМ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА (RAS) НА БАЗЕ ПРОЦЕССОРА СЕМЕЙСТВА ADSP-21modXXX

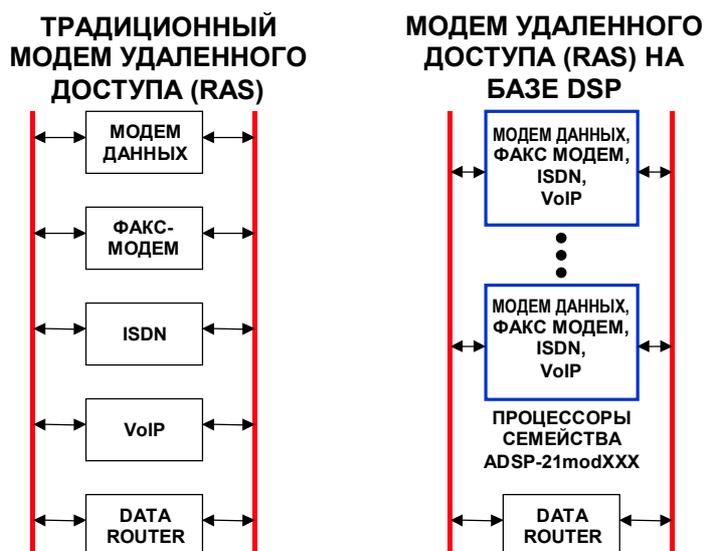


Рис. 9.7

а

РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СТАНЦИИ ПРИ ПОМОЩИ DSP СЕМЕЙСТВА ADSP-21modXXX

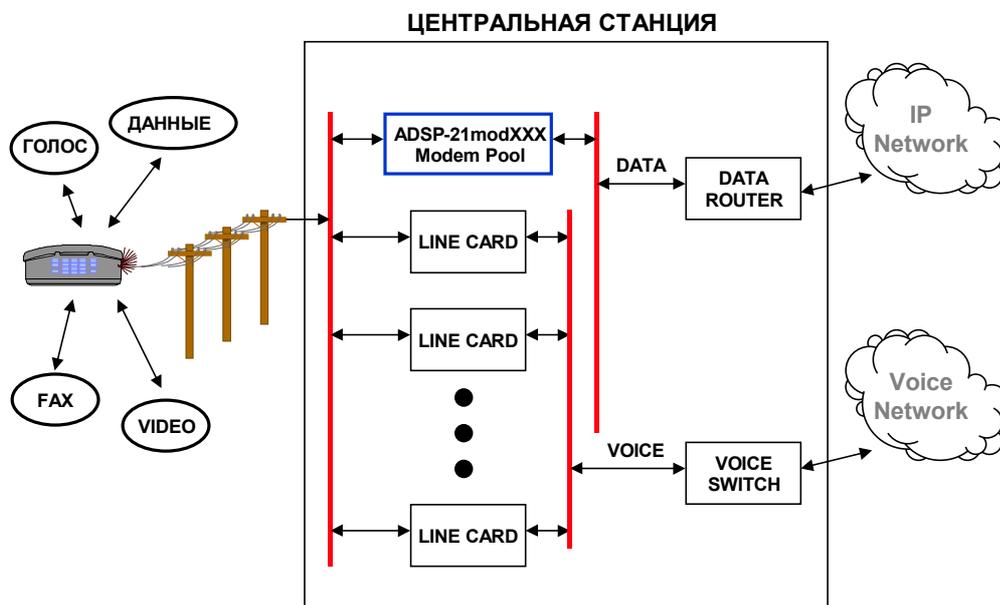


Рис. 9.8

Чтобы удовлетворить потребности различных пользователей удаленного доступа, в сети развиваются несколько типов RAS-оборудования. RAS-оборудование может быть нескольких видов. RAS-концентраторы объединяют модемный пул с маршрутизатором в самостоятельный блок. NT-сервер RAS использует платформы рабочих станций Windows NT для выполнения функций маршрутизации с помощью модемного пула, выполненного в виде платы расширения на шины PCI или ISA. RAS-оборудование на переключателях интегрирует модемный пул непосредственно в линейное оборудование коммутационных систем. Эти две основные разновидности RAS-оборудования обслуживают различные потребности конечных пользователей. Местные операторы телефонной связи (LEC) могут воспользоваться преимуществами RAS-оборудования на переключателях для снижения нагрузки на коммуникационные сети. Интернет-провайдеры используют RAS-концентраторы для коллективных запросов большой группы абонентов для подключения к Интернету. Крупные корпоративные клиенты также используют RAS-концентраторы для объединения индивидуальных пользователей в локальную сеть или Intranet. Небольшие офисы и индивидуальные пользователи (SOHO) могут использовать RAS на основе недорогого NT-сервера для поддержки удаленного доступа, организации местной сети, и других телекоммуникационных нужд.

ADSP-21mod870-процессор цифрового модема — первый полностью цифровой RAS-модем на одном кристалле. Он полностью совместим со стандартами передачи данных - V.34/56 К и V.42/V 42 bis, имеет 16-разрядный порт ПДП для загрузки программного обеспечения, обеспечивает прямой интерфейс с потоками T1/E1 через последовательный порт с разделением доступа по времени (TDM), имеет 160 Кбайт ОЗУ на кристалле, потребляет мощность 140 мВт при напряжении питания + 3,3 V и выпускается в 16 мм TQFP-корпусе. Небольшие размеры и высокая эффективность ADSP-21mod870 позволит Интернет-провайдерам в четыре раза увеличить количество портов в пределах существующего парка модемов. Кроме того, уникальная способность чипа поддерживать

а

любой протокол на любом порте позволяет улучшить обслуживание пользователей Интернета и уменьшить эксплуатационные расходы.

Представитель семейства цифровых модемов от ADI процессор ADSP-21mod870 – это не только сама микросхема, но и программное обеспечение и сервисное обслуживание. ADI является одной из немногих компаний, способных предложить комплексное решение задачи создания систем удаленного доступа. На таких же условиях поставляются ADSP-21mod970 (шестиканальный модем, 31мм BGA-корпус) и ADSP-21mod980 (восьмиканальный модем в 35 мм BGA-корпусе).

МНОГОКАНАЛЬНАЯ ИНТЕРНЕТ-ТЕЛЕФОНИЯ (VOIP)

Семейство ADSP-218X может эффективно использоваться в многоканальных системах Интернет-телефонии (типа RAS/VOIP серверов и шлюзов), благодаря высокой производительности и внутрикристалльной памяти большого объема. Типовая система на базе ADSP-218X показана на рис. 9.9. Программируемый характер архитектуры DSP позволяет строить на их базе гибкие системы, реализующие алгоритмы кодирования речи в дополнение к базовым функциональным возможностям телефонии.

ADSP-2188M — представитель семейства 218x, обладающего самой высокой степенью интеграции (более 2 Мбит внутрикристалльной SRAM). Высокий уровень интеграции в сочетании с высокой производительностью (75 MIPS) позволяет поддерживать до шести голосовых каналов на каждый сигнальный процессор (в зависимости от выбранного кодера).

ПРИМЕНЕНИЕ ADSP-218x В МНОГОКАНАЛЬНОМ СЕРВЕРЕ ПЕРЕДАЧИ ГОЛОСА ЧЕРЕЗ ИНТЕРНЕТ

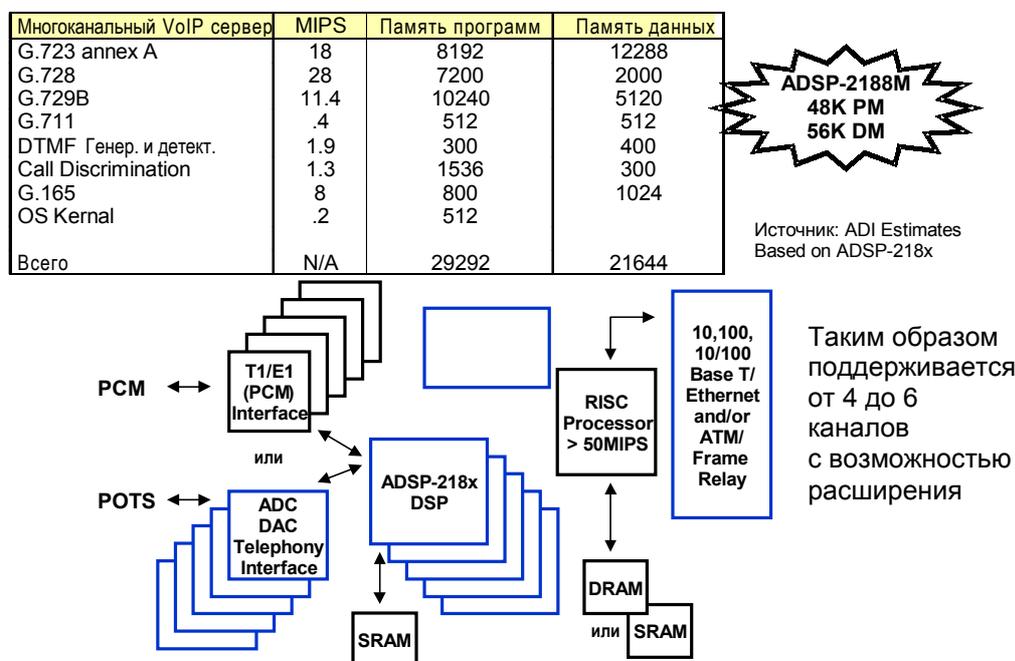


Рис. 9.9

АСИММЕТРИЧНЫЕ ЦИФРОВЫЕ ЛИНИИ СТАНДАРТА ADSL

а

Благодаря росту популярности во всем мире сети Интернет, ее пользовательский трафик характеризуется высоким уровнем загрузки. В исследовании, недавно проведенном "Уолл-Стрит джорнал", сообщается о 58 миллионах пользователей сети Интернет только в Соединенных Штатах и Канаде. Исследовательские фирмы предсказывают дальнейший рост пользовательского трафика, так как все больше людей приобретают компьютеры и используют Интернет для бизнеса, научных и развлекательных целей.

Если не принимать мер по усовершенствованию путей доступа в Интернет, то, в конечном итоге, рост пользовательского трафика приведет к превышению пропускной способности телефонных сетей общего пользования (PSTN). Пользователям Интернета приходится тратить много времени даже на загрузку простых текстовых Веб-страниц, особенно с 8:00 до 18:00 часов в рабочие дни, когда количество вызовов и трафик максимальны. Проблема существенно усугубляется при просмотре сложных графических сайтов, загрузке новых видеоклипов и музыкальных файлов или использовании другими типами мультимедиа-услуг, доступных через Интернет.

Традиционные аналоговые модемы и технология коммутации потоков по телефонным линиям уже не удовлетворяют сегодняшним требованиям. Если предположить, что в сети практически отсутствуют задержки, то загрузка 10-мегабайтного четырехминутного аудио/видеофайла занимает приблизительно 95 минут при использовании аналогового модема со скоростью связи 14,4 Кбит/с, 45 минут при использовании 28,8 Кбит/с модема и 25 минут при использовании 56 Кбит/с модема. Длительные сеансы обмена данными связывают телефонные системы, первоначально разработанные для коротких (трехминутных) голосовых сообщений, и коммутаторы, рассчитанные на девятиминутное соединение линий в часы пик. Часто ли Вам приходится пользоваться Интернетом в течение 10 минут или меньше? Одним из выходов из сложившейся ситуации является использование технологии ADSL (асимметричная цифровая абонентская линия).

ADSL представляет собой новую технологию высокоскоростной цифровой коммутации и маршрутизации и обработки сигналов. Внедрение этой технологии обещает привести к устранению узких мест обычных сетей и к обеспечению достаточной пропускной способности линии. Впервые разработанная еще в 1994 году, технология ADSL предоставляет огромную пропускную способность, необходимую для интерактивных игр, мультимедиа-сервиса и услуг video-on-demand. Эти области применения, наряду с видеоконференциями, системами дистанционного обучения и интерактивными магазинами, являются одними из самых быстроразвивающихся. Поскольку люди во всем мире все больше и больше привлекают для электронной коммерции средства Интернета, потребность в высокоскоростном доступе к ресурсам сети становится все более насущной проблемой.

ADSL может передавать данные по обычным телефонным линиям почти 200 раз быстрее, чем самые современные модемы, и в 90 раз быстрее, чем системы ISDN. Проведенные ранее по всему миру испытания и тесты дали многообещающие результаты. В то время как GTE и другие крупные телефонные компании начинают развертывать ADSL-системы в некоторых регионах США и за границей, другие стремятся сразу использовать оборудование на базе ADSL как системный стандарт и в 1999 году и начинают массовое производство модемов.

Учитывая техническую сложность систем ADSL, фирм-производителей микросхем для подобных систем можно пересчитать по пальцам. Analog Devices — одна из таких компаний, к тому же являющаяся пионером в этой области, изготовившим первый полнофункциональный комплект ADSL еще в 1997 году. Сторонники стандарта ADSL по достоинству оценили высокую скорость микросхемы AD20msp910 и ее возможности.

а

Вскоре усовершенствованная технология обработки многотоновых дискретных сигналов (DMT), использованная в AD20msp910, была одобрена наиболее влиятельными международными комитетами промышленных стандартов (ANSI, ETSI и ITU). Сегодня Analog Devices гордится наличием первого промышленного решения на основе этого стандарта, самой большой клиентской базой и самым большим на сегодняшний день количеством внедрений компонентов в аппаратуру по сравнению с другими производителями электронных компонентов.

ADSL привлекательна по следующим причинам:

- Высокая скорость ADSL. Видеокалип размера 10 МБ, для загрузки которого необходимо 90 минут при использовании обычного модема, с помощью модема ADSL будет загружен за 10 секунд. Сверхскоростные ADSL-модемы могут передать данные со скоростью 8 мегабит в секунду.
- Легкость установки ADSL. Используются существующие телефонные линии на основе медной витой пары от центральной коммутационной станции до дома или офиса абонента. Практически не требуется никакой модернизации каналов связи.
- Рентабельность ADSL. Переход на новый стандарт не требует существенной перестройки существующей инфраструктуры телефонной сети.
- Жизнеспособность ADSL. Отсутствуют трудности, которые привели бы к остановке внедрения быстродействующих волоконных сетей в домашний обиход (такие как высокая стоимость и сложность прокладки). ADSL работает с существующими телефонными сетями общего пользования (POTS). Высокоскоростной обмен данными может происходить одновременно с телефонными вызовами и передачей факсимильных сообщений.

В отличие от других технологий высокоскоростной передачи данных, ADSL не требует замены проводов на участке сети между абонентом и коммутационной станцией. Хотя длина этого участка обычно не превышает 3,5 - 5,5 км, тем не менее возможность работы с традиционной медной витой парой является весьма выгодной. Но организация ADSL требует установки нового оборудования на центральные коммутационные станции. Однако технология, используемая для переоборудования коммутационных станций, широко распространена в модемах персональных компьютеров и в домашних блокираторах, что обеспечивает "взаимопонимание" используемого оборудования. Упрощенная блок-схема ADSL-системы показана на рис. 9.10.

а

СТРУКТУРА И ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ СВЯЗИ ADSL

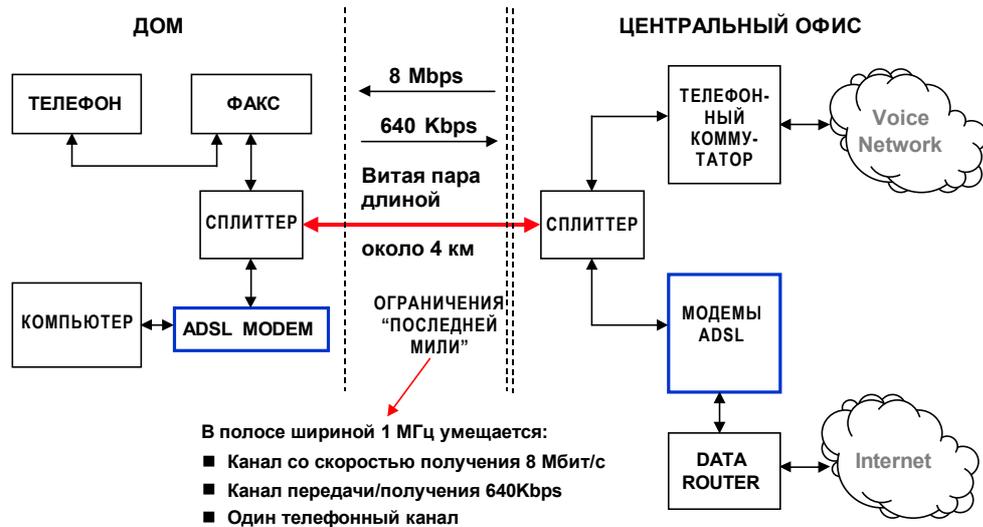


Рис. 9.10

Использование сложных методов обработки цифрового сигнала позволяет ADSL-модемам передавать поток данных с максимально возможной для медных проводников скоростью, полностью используя доступный частотный диапазон канала связи. Как уже отмечалось выше, канал телефонной сети имеет полосу частот 4 кГц, но полоса в 4 кГц предназначена только для аналоговой голосовой передачи. При использовании ADSL физическая связь между домом и местной коммутационной станцией (LEC) осуществляется по обычному медному проводу на несущей 1 МГц.

ADSL использует часть диапазона, не применяемого для голосовой связи. По существу, это позволяет разделить полосу 1 МГц на три информационных канала: один быстродействующий входящий канал, один дуплексный (upstream/downstream) канал со средней скоростью передачи, и один обычный голосовой канал. (Нисходящий (downstream) поток данных направлен от телефонной станции к клиенту, а исходящий (upstream) — от клиента к станции).

В дополнение к обеспечению высокой пропускной способности, ADSL сохраняет возможность использования жизненно важных при чрезвычайных ситуациях голосовых каналов. Наличие трех независимых каналов позволяет абонентам посылать электронную почту, загружать видеофайл и говорить по телефону в одно и то же время. С помощью такого телекоммуникационного оборудования можно организовать доступ к локальной корпоративной сети и одновременно проводить видеоконференцию с клиентом. Фактически, ADSL обеспечивает достаточную пропускную способность для обработки четырех независимых каналов сжатого по стандарту MPEG видео без нарушений работы телефона.

Большинство Интернет-приложений требует разной пропускной способности по входящим и исходящим потокам. Другими словами, пользователи гораздо чаще принимают потоки информации, чем отправляют их. Это характерная особенность связи через Интернет, при которой читается больше электронной почты, чем посылается, загружается большее количество видеoinформации, чем создается. Исходящий поток данных пользователя, как правило, ограничивается посылкой команд или передачей маленьких файлов данных на сервер. Намного больший поток информации направлен от

а

серверов к пользователю. ADSL был разработан специально для использования этого различия в пропускной способности. Он обеспечивает скорость передачи данных от сети к абоненту более 8 Мбит/с (downstream) и до 640 Кбит/с при передаче данных от абонента к сети (upstream).

Для телефонных компаний развитие ADSL может стать средством снижения перегрузки сетей, вызванной стремительным развитием Интернета. Если телефонная компания надеется закрепиться на рынке Интернет-услуг, она не может довольствоваться оборудованием для коротких голосовых вызовов. Средний голосовой вызов длится приблизительно три минуты. Согласно проведенному в 1997 году исследованию Bellcore (научно-исследовательская лаборатория, финансируемая местными телефонными компаниями США, одна из пяти находящихся в подчинении Федеральной Комиссии по Коммуникациям), средний Интернет-запрос длится более 20 минут. Журнал Telephony уже в 1994 году констатировал, что почти 20 процентов всех онлайн-связей продолжаются больше часа. Компании, продающие услуги проводной связи, такие как Media One (северо-восток США), запрашивают стабильную цену для интернет-пользователей. Такие "широкополосные" клиенты могут пользоваться всеми услугами Интернет 24 часа в сутки всего за \$40 в месяц.

Использование других технологий передачи данных по телефонным сетям PSTN требует значительных материальных и временных затрат. Например, замена медной сети оптоволоконном является весьма дорогостоящим решением. Промышленные экспертные группы считают, что стоимость создания волоконно-оптической сети обойдется каждому абоненту приблизительно в \$1500. Замена существующих медных линий 560 миллионам абонентов во всем мире обойдется по самым скромным прогнозам в 750 миллиардов долларов.

ADSL-оборудование, напротив, очень просто в установке. Для организации ADSL-канала необходимы только два модема, по одному на каждый конец витой пары телефонной линии. Один модем располагается дома у абонента. Другой модем (обычно модемная стойка с сетевыми картами) расположен в центральном офисе местной телефонной компании. Упрощенная структура коммутаций показана на рис. 9.10.

На стороне клиента ADSL-модем может либо находиться внутри компьютера, либо соединяться с сервером локальной сети, а также с телефоном и/или факсом. Телефонная линия на медной витой паре связывается со специальным разделителем на центральной телефонной станции. На центральной станции, где расположены коммутаторы и модемные стойки, разделитель позволяет выделить из сигналов телефонной линии голосовые сигналы и сигналы данных. Голосовые вызовы направляются коммутаторами центральной станции по общей телефонной сети. Поток данных пересылается через переключатель Ethernet и маршрутизатор по быстрому каналу связи (например, 155 Мбит/с OC-3) к Интернет-провайдеру.

Ключом к повышению скорости передачи данных по стандарту ADSL является использование усовершенствованной цифровой обработки сигналов. Применение удачных аналоговых решений и сложных алгоритмов цифровой сигнальной обработки позволило Analog Devices воплотить в жизнь первое поколение комплектов ИМС для модемов стандарта ADSL — AD20msp910 (см. рис. 9.11). Комплект AD20msp910 имеет три отличительные особенности, которые особенно важны при разработке модемов на их базе:

- Функционально наиболее законченное решение на рынке.
- Полная совместимость с промышленными стандартами ANSI, ETSI и ITU.
- Совместимость почти со всеми DLC-системами и изготовителями модемов.

а

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА МОДЕМА ADSL

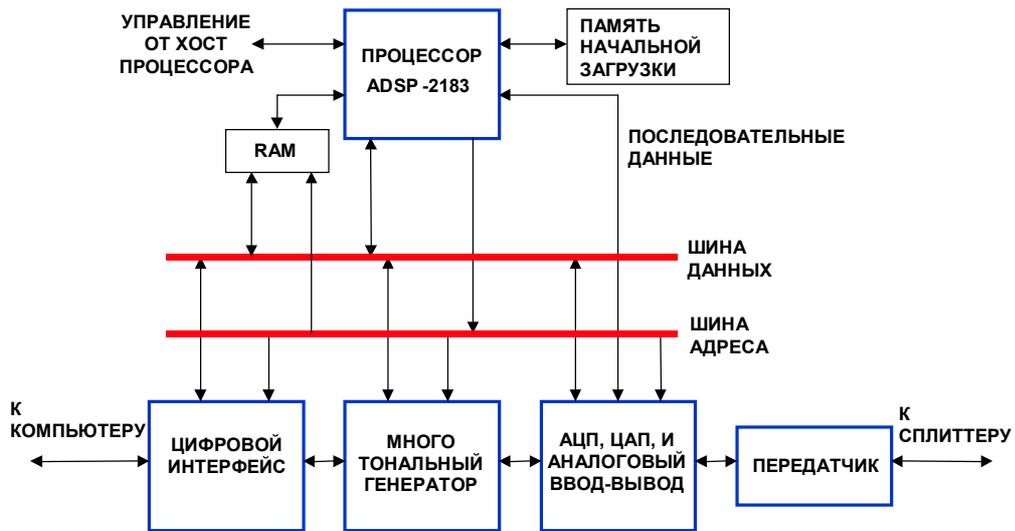


Рис. 9.11

Решение на базе AD20msp910 включает в себя как аппаратные средства, так и программное обеспечение. Оно интегрирует интерфейс DSP с host-процессором, драйвер линии, управляющее программное обеспечение и технологию DMT. Микросхемы других производителей реализуют функции только отдельных узлов модема. Использование комплекта AD20msp910, выпуск которого начат в 1997 году, ускоряет и упрощает развитие ADSL-модемов для высокоскоростного доступа в Интернет и мультимедиа-услуг. Второе поколение комплектов AD20msp918, кроме того, включает в себя поддержку функциональных возможностей ATM, имеет повышенную производительность и обеспечивает передачу ADSL по ISDN-сетям для Европейского рынка. Оба комплекта ИМС полностью совместимы со всеми стандартами (ANSI T1.413 Issue 2, ETSI TR328, ITU G.dmt and ITU G.lite for splitterless) и при этом являются законченными изделиями, т.е. включают в себя микроконтроллеры и библиотеки функций.

Теперь на очереди стоит третье поколение комплектов ИМС Analog Devices для модемов ADSL — AD20msp930, — позволяющее изготовителям модемов снизить затраты времени и ресурсов на разработку. Для ускорения и упрощения процесса разработки Analog Devices предоставляет всю необходимую информацию о сопряжении интегральной микросхемы с персональным компьютером, о схемотехнических решениях и типовых схемах включения. В результате изготовители модемов могут сосредоточить усилия на развитии многофункциональности своей продукции, дополняя стандартные возможности технологии ADSL-модемов.

ЦИФРОВЫЕ СОТОВЫЕ ТЕЛЕФОНЫ

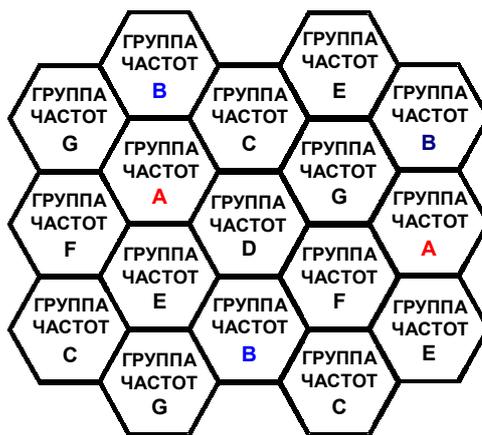
В начале 90-х годов группой GSM (Global System for Mobile Communications) был представлен в Европейских странах стандарт цифровой сотовой телефонии. Необходимость перехода на цифровые стандарты, обусловленная перегруженностью аналоговых сотовых сетей, таких как AMPS (Advanced Mobile Phone Service), привела к тому, что другие страны, в том числе США, приняли различные цифровые стандарты.

а

Ограничения, присущие аналоговым сотовым системам, хорошо известны. Примерами могут служить блокирование вызовов в часы-пик, неверные соединения и отбои при быстро следующих вызовах, недостаточная защищенность от прослушивания, ограниченная скорость передачи данных.

Базовая конфигурация сотовой системы показана на рис. 9.12. Область разбита на ячейки, каждая из которых имеет собственную базовую станцию и собственную группу выделенных частот. Благодаря небольшому радиусу каждой ячейки (примерно 16 км), могут использоваться приемники и передатчики низкой мощности.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ ГРУПП СОТОВОЙ ТЕЛЕФОННОЙ СЕТИ



- Каждая "ячейка" покрывает участок радиусом 5-10 миль
- Каждая "ячейка" требует наличия собственной базовой станции для приема и ретрансляции
- Каждая "ячейка" должна работать со многими пользователями одновременно
- Пользователи могут быть переключены с одной "ячейки" на другую

Рис. 9.12

Сотовая система позволяет повторно использовать частоты, выделенные для одних ячеек, для связи внутри других, достаточно удаленных ячеек без паразитной интерференции. Базовые станции должны быть связаны воедино, а также с центральной управляющей сетью таким образом, чтобы вызов может быть переадресован другой ячейке, если уровень сигнала от мобильного объекта становится слишком низким для вызова текущей ячейки.

Частотный спектр, выделенный для аналоговой сотовой связи (AMPS), в Соединенных Штатах занимает две полосы: приблизительно от 825 до 850 МГц и от 870 до 895 МГц. Обычная архитектура (и аналоговых, и цифровых систем) предусматривает поканальное разделение. Полный спектр разделен на большое количество относительно узких каналов, определяемых частотой несущей. Несущая частота модулируется голосовым сигналом с использованием аналоговых методов. Каждый дуплексный канал связи требует наличия двух частотных каналов с шириной диапазона приблизительно 30 кГц. Пользователю

а

назначаются обе частоты на время вызова. Прямой и обратный каналы разделены по времени, что позволяет эффективно разделять функции приема/передачи. Ширина диапазона для несущих "А" или "В", обслуживающих отдельный район составляет 12,5 МГц (416 каналов, каждый шириной 30 кГц). Поддерживается только один вызов в каждый момент времени по каждому каналу.

Организация многоканального доступа с временным разделением (TDMA) позволяет выделить полосу частот на основании информации о свободном в данный момент канале. В Соединенных Штатах система TDMA выделяет полный канал 30 кГц для индивидуальной передачи только на короткий период времени. Схема мультиплексирования 3:1 позволяет в рамках той же полосы частот, что используется для аналоговой сотовой связи, разместить три канала связи с использованием технологии TDMA. Каждая передаваемая / принимаемая последовательность укладывается в короткие интервалы времени по 6,7 мс. TDMA-система основана на широком использовании DSP-технологий для уменьшения битрейта голосовых данных и подготовки цифровых данных к передаче по аналоговым каналам связи. Используемый в системах TDMA подход также был выбран для GSM-систем и будет рассмотрен ниже более подробно.

Второй цифровой стандарт, используемый в Соединенных Штатах, называется множественным доступом с разделением кодов (CDMA). Эта техника использовалась в защищенных военных коммуникациях на протяжении долгого времени под названием расширенного спектра (*spread spectrum*). В ней передатчик передает частотно-модулированную псевдослучайную последовательность в относительно широком частотном диапазоне. Приемник имеет доступ к той же самой случайной последовательности и может декодировать данные. В результате подключения дополнительных пользователей к системе уменьшается суммарное отношение сигнал-шум для всех пользователей. При использовании этого стандарта превышение количества запросов над допустимым уровнем должно повысить число ошибочных битов у всех пользователей. Дальнейшее увеличение количества вызовов приводит к постепенному росту взаимного влияния каналов до тех пор, пока процесс в некоторой области не станет саморегулирующимся, т.е. качество голосовой связи станет настолько плохим, что пользователи будут вынуждены сократить время вызова или отказаться от дополнительных звонков. Никто никогда не блокируется в обычном смысле, как это происходит в FDMA или TDMA-системах, когда все каналы или временные интервалы перегружены.

В обеих цифровых системах — TDMA и CDMA — широко применяются алгоритмы цифровой обработки сигналов для сжатия и подготовки речевых сигналов к передаче. В приемнике методы ЦОС используются для демодуляции и декодирования сигналов речи.

В настоящее время в США используются и аналоговые и цифровые системы. Во многих случаях аналоговые и цифровые системы должны сосуществовать в пределах одной области и зоны обслуживания. Такой подход вызывает необходимость поддержания сотовой базовой станцией и аналоговых, и цифровых форматов, подразумевая широкое использование цифровых методов при построении базовых станций, что существенно упрощает оборудование.

Заключительная часть этой главы посвящена обработке речи и каналному кодированию, связанному со стандартом GSM. Эти приложения иллюстрируют фундаментальные принципы, которые применимы ко всем мобильным цифровым системам.

а

СТАНДАРТЫ ЦИФРОВОЙ МОБИЛЬНОЙ РАДИОСВЯЗИ

- Многоканальный доступ с частотным разделением (FDMA) – пользователи системы получают отдельные участки спектра
- Многоканальный доступ с временным разделением (TDMA) – сигналы для различных пользователей передаются в разные моменты времени (емкость канала приблизительно в три раза выше, чем при FDMA) – стандарт GSM является примером TDMA
- Многоканальный доступ с кодовым разделением (CDMA) – основан на технологии распределенного спектра – увеличение числа пользователей приводит к незначительному увеличению числа ошибок за единицу времени
- В технологиях TDMA и CDMA широко используются цифровые сигнальные процессоры для кодирования речи и канальном кодировании при приеме и передаче

Рис. 9.13

Система GSM

На рис. 9.14 приведена упрощенная блок-схема цифровой сотовой телефонной системы GSM. Голосовой кодер/декодер и дискретная передаточная функция будут описаны более подробно. Передающая и приемная части системы включают в себя цифровой модем, подобный описанным выше. Отличия только в том, что схожие функции, например, эквалаизация, сверточное кодирование, Viterbi-декодирование, модуляция и демодуляция, реализуются в цифровой форме.

Стандарт кодирования голоса был впервые использован в цифровой передающей системе T-Carrier. В этой системе речь подвергается 8-разрядному логарифмическому кодированию с частотой выборки 8 kSPS. 8-разрядное логарифмическое кодирование и декодирование эквивалентны линейному кодированию и декодированию с 13-разрядным разрешением. Результирующий битрейт равен 104 Кбайт/с. Используемые в большинстве телефонов 16-разрядные сигма-дельта АЦП обеспечивают эффективный битрейт 128 Кбайт/с. Речевой кодер, входящий в состав GSM-систем, сжимает сигнал речи до битрейта 13 Кбайт/с, а на приемной стороне декодер восстанавливает исходный сигнал. Речевой кодер основан на усовершенствованном алгоритме линейного прогнозирующего кодирования (LPC). LPC-алгоритм использует модель человеческого голосового тракта, которая представляет гортань в виде ряда концентрических полостей-цилиндров различного диаметра и с различной резонансной частотой. Эта модель может быть математически представлена в виде систем уравнений, описывающих свойства каждой полости-цилиндра.

а

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СОТОВОГО ТЕЛЕФОНА СТАНДАРТА GSM



Рис. 9.14

Сигнал возбуждения пропускают через полости-цилиндры, генерируя выходной сигнал. В человеческом организме сигнал возбуждения генерируется с помощью воздушных колебаний голосовых связок или сокращений голосового тракта. В цифровой системе сигнал возбуждения представляет собой ряд импульсов, моделирующих колебания связок, и шум, моделирующий сокращения. Этот сигнал поступает на решетчатый цифровой фильтр. Каждый коэффициент фильтра отображает размер цилиндра.

LPC-система характеризуется числом цилиндров, которые использованы в модели. В системе GSM используются восемь цилиндров и, соответственно, должны генерироваться восемь моделирующих коэффициентов.

Использовавшиеся ранее LPC-системы обеспечивали качество, достаточное лишь для того, чтобы разобрать кодируемую речь без распознавания голоса говорящего. Качество зачастую было слишком низким. В LPC-системе стандарта GSM используются два усовершенствованных метода, которые улучшают качество кодируемой речи. Это методы регулярного импульсного возбуждения (RPE) и долговременного предсказания (LTP). Их применение позволяет получить результирующее качество кодируемой речи, почти эквивалентное результатам логарифмической импульсно-кодовой модуляции (сжатая ИКМ, как в системе T-Carrier).

На вход речевого кодера поступает серия 16-разрядных отсчетов голосовых данных в виде равномерной ИКМ с тактовой частотой 8 кГц. Речевой кодер оперирует с блоками по 20 мс (160 отсчетов) и трансформирует их в 76 коэффициентов (в сумме 260 бит), за счет чего битрейт уменьшается до 13 Кбайт/с.

Режим прерывистой передачи (DTX) позволяет отключать передачу во время пауз между словами. Такой подход позволяет уменьшить мощность, потребляемую передатчиком, и увеличить полную емкость GSM-системы.

Низкая потребляемая мощность продлевает жизнь батарей в телефоне и является важной особенностью для переносных портативных телефонов. Она способствует увеличению максимально возможного количества вызовов за счет снижения межканальной

а

интерференции, позволяя более эффективно использовать выделенный частотный спектр. В обычном разговоре каждый абонент говорит менее 40% времени, и приблизительные оценки показали, что использование DTX может удвоить максимальное количество вызовов системы мобильной связи.

В передатчике размещается голосовой датчик (VAD). Его задача состоит в выделении речи из шумового фона и в игнорировании шума без речи. Входным массивом для голосового датчика является набор параметров, вычисленных речевым кодером. VAD использует эту информацию для принятия решения: содержит или не содержит речь каждый блок по 20 мс, поступающий на кодер.

Генератор "комфортного" шума (CNI) встраивается в приемник. "Комфортный" шум вырабатывается во время строба паузы, когда алгоритм DTX выключает передатчик; этот шум подобен по амплитуде и спектру фоновому шуму в передатчике. Цель генерации CNI состоит в подавлении неприятного эффекта переключения между речью на фоне шума и тишиной. Если сигнал принимается без системы CNI, то слышно быстрое чередование речи на фоне интенсивного шума (например, автомобиля) и тишины. Влияние подобного эффекта значительно уменьшает разборчивость речи.

Когда задействован шумовой генератор DTX, каждый передаваемый голосовой пакет перед отключением передатчика сопровождается блоком данных, описывающих параметры шумового фона (SID). Этот блок данных служит маркером окончания передачи речи для приемной стороны. Он содержит характерные параметры фонового шума в передатчике, например, информацию о спектре, полученную с помощью линейного прогнозирующего кодирования.

Блок данных SID используется генератором "комфортного" шума приемника для синтеза цифрового фильтра, который, при возбуждении его псевдослучайным шумом, генерирует отклик, подобный фоновому шуму в передатчике. Этот "комфортный" шум вставляется в паузы между получаемыми голосовыми пакетами. Параметры шума обновляются через равные промежутки времени с помощью передаваемых во время речевых пауз SID-пакетов.

Для обнаружения и коррекции ошибок в приемнике, процессор добавляет в поток данных служебные биты, за счет чего выходной битрейт кодера увеличивается до 22,8 Кбит/с. Биты в пределах одного блока равномерно перемешиваются со служебными битами псевдослучайным образом, повышая тем самым помехоустойчивость системы.

ТЕЛЕФОНЫ СТАНДАРТА GSM, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ПРОЦЕССОР ОБРАБОТКИ SOFTPHONE™ И КОМПЛЕКТ МИКРОСХЕМ РАДИОКАНАЛА OTHELLO™

Компания Analog Devices недавно анонсировала два новых комплекта микросхем, которые имеются в большинстве телефонов стандарта GSM. Комплект SoftPhone™ выполняет функции предварительной цифровой обработки, в то время как набор микросхем радиоканала Othello™ оперирует с радиочастотными сигналами.

Первоначально под GSM были выделены частотные диапазоны от 890 МГц до 915 МГц для мобильных передатчиков и от 935 МГц до 960 МГц для мобильных приемников. Другие частотные диапазоны были выделены для расширения емкости GSM систем за счет диапазона цифровой коммуникационной службы (DCS) от 1710 МГц до 1785 МГц и от 1805 МГц до 1880 МГц. Все страны, использующие стандарт GSM, применяют одну из этих двух пар частот. В Соединенных Штатах эти диапазоны были выделены FCC. В

а

середине 90-х годов в Соединенных Штатах под GSM был выделен еще один пакет частот: от 1850 МГц до 1910 МГц и от 1930 МГц до 1990 МГц.

Благодаря распределению частот в GSM-системах других стран (за пределами США), большинство телефонов GSM должно поддерживать обработку обоих частотных диапазонов: и GSM, и DCS. Комплекты SoftFone и Othello включают в себя все главные функции, необходимые для реализации двух- или трехдиапазонных сотовых телефонов GSM. Комплект ИМС AD20msp430 SoftFone™ интегрирует всю низкочастотную часть GSM-телефона. Этот комплект низкочастотной обработки использует комбинацию спецификаций GSM-систем и усовершенствованной технологии аналоговой и цифровой обработки сигналов, что устанавливает новый стандарт качества GSM/GPRS-терминалов.

Архитектура SoftFone полностью основана на использовании быстродействующей оперативной памяти. Программное обеспечение загружается из FLASH-памяти и из ОЗУ на кристалле и направляется на выполнение. Такое решение способствует оперативному развитию системы, поскольку не требует замены жесткой логики. Кроме того, программное обеспечение телефона легко обновляется, что позволяет расширять его функциональные возможности. При использовании в комбинации с комплектом "Othello" от Analog Devices схема полнофункционального многодиапазонного телефона содержит менее 200 компонентов. Она умещается на односторонней PCB-плате площадью 20 см² и имеет общую материалоемкость на 20-30 % ниже, чем предыдущие разработки. Упрощенная блок-схема телефона показана на рис. 9.15.

Микросхема AD20msp430 выполняет функции двух микросхем: AD6522 – процессора предварительной обработки на базе DSP и AD6521 – голосового кодека. Применение модуля AD20msp430 вместе с микросхемой радиоканала "Othello" позволяет существенно сократить число компонентов и материалоемкость (BOM) телефонов и терминалов данного стандарта GSM. Программное обеспечение и аппаратные средства AD20msp430 уже достаточно давно успешно интегрируются в телефоны GSM.

СОТОВЫЙ ТЕЛЕФОН GSM/DCS НА ЧИПСЕТАХ OTHELLO™ И SOFTPHONE™

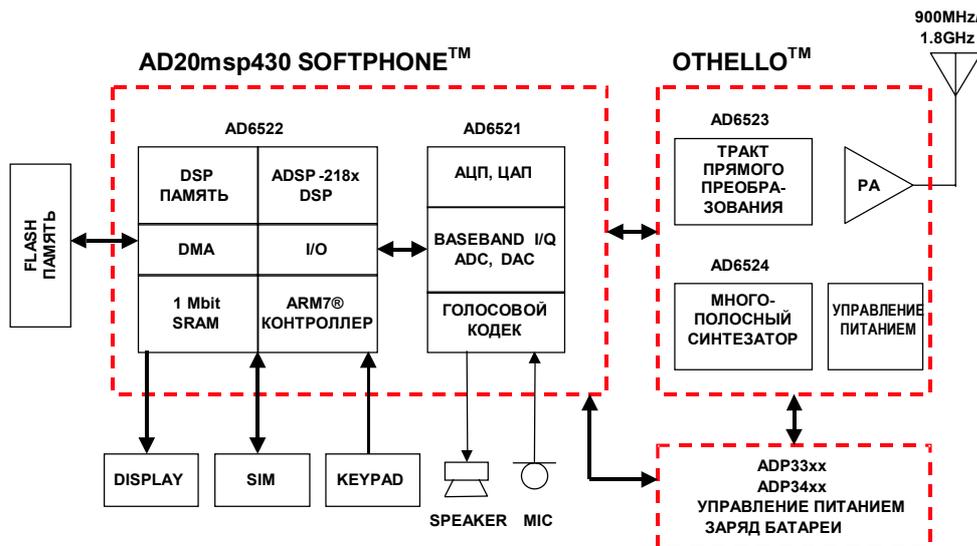


Рис. 9.15

Это уже четвертое поколение комплектов стандарта GSM, разработанных Analog Devices, каждое из которых было по достоинству оценено многочисленными сетевыми операторами и разработчиками телефонов. Каждое новое поколение обладало новыми

а

функциональными возможностями, в то время как стоимость и энергопотребление комплектов неуклонно снижались. Новый комплект AD20msp430 имеет большое число дополнительных энергосберегающих функций, способствующих значительному снижению суммарной потребляемой мощности. Такое решение позволяет снизить ток потребления в режиме stand-by до 1 мА. Это дает возможность использовать телефон в таком режиме с одной зарядкой аккумуляторов более 1000 часов. В реализованной в AD20msp430 архитектуре SoftFone™ все программное обеспечение находится в FLASH-памяти или ОЗУ. Поскольку ПЗУ не используется, процесс обновления функций значительно сокращается во времени. Базовый двухдиапазонный GSM-терминал, как правило, требует наличия только одного корпуса FLASH-памяти емкостью 8 Мб.

Комплект AD20msp430 включает в себя два процессора. Процессор цифровой сигнальной обработки выполнен на базе ядра ADSP-218X, использовавшегося в предыдущих поколениях GSM-комплектов и имеющего производительность 65 MIPS. Этот DSP выполняет функции речевого и канального кодирования, которые были рассмотрены выше. Кодек AD6521 содержит в себе все цепи аналоговой и смешанной обработки. Он содержит канал записи/чтения АЦП и ЦАП, высокоэффективный многоканальный речевой кодек и несколько дополнительных АЦП и ЦАП для систем АРУ (AGC), АПЧ (AFC) и управления мощностью передатчика. Микроконтроллер ARM7 стандарта TDMI имеет тактовую частоту 39 МГц. МК ARM7 отвечает за формирование пакетов протокола передачи данных и функции человеко-машинного интерфейса. Оба процессора успешно используются в области цифровых беспроводных приложений.

Комплект AD20msp430 полностью поддерживается набором средств разработки и программным обеспечением. Средства разработки позволяют легко сконфигурировать программы DSP и/или микроконтроллера ARM, что дает возможность производителям телефонов и терминалов стандарта GSM оптимизировать функциональные возможности и пользовательский интерфейс под конкретное оборудование. Программное обеспечение, разрабатываемое партнером Analog Devices — компанией TTPCom, — включает в себя библиотеки для обработки как данных, так и голоса, и постоянно обновляется, расширяя функциональные возможности. Система организации прямого доступа в память и контроллеров прерываний разработана с учетом возможности легкой модернизации при переходе к последующим поколениям сигнальных процессоров и микроконтроллеров. Интерфейс дисплея может оснащаться как параллельным, так и последовательным интерфейсом. Время разработки системы на базе AD20msp430 можно значительно сократить с помощью отладчика, входящего в комплект поставки. Наиболее критичные сигналы могут быть разбиты с помощью управляющего программного обеспечения [2]. Это позволяет проводить отладку системы на заключительном этапе ее создания. Кроме того, архитектура включает в себя высокоскоростное регистрирующее устройство и функции отслеживания адреса в DSP, а также однопроводную трассировку/отладку в ARM-контроллере.

Компания Analog Devices недавно анонсировала новый комплект микросхем радиоканала прямого преобразования Othello™ для мобильных приложений. Благодаря отсутствию каскадов промежуточной частоты (IF), этот комплект интегральных микросхем позволяет производителям мобильной электроники снизить размеры и стоимость модулей радиоканала и повысить гибкость за счет мультистандартности и многорежимности. Комплект микросхем радиоканала состоит из двух интегральных схем: трансивера прямого преобразования AD6523 и многодиапазонного синтезатора частот AD6524.

AD6523 реализует все основные функции приемника прямого преобразования и прямого VCO-передатчика, называемого Virtual-IF-передатчиком. Микросхема также содержит блок генерации с внутренним осциллятором и полнофункциональным внутрикристалльным регулятором, который подает питание на все активные цепи

а

радиоканала. AD6524 представляет собой N-fractional синтезатор с чрезвычайно малым временем переключения, необходимым для передачи данных с помощью сотовых телефонов, в частности — для высокоскоростной коммутации данных (HSCSD) и службы передачи радиопакетов (GPRS).

Современные цифровые сотовые телефоны имеют, по крайней мере, один каскад преобразования частоты в сигнальной цепи. Это преобразование частоты позволяет перевести принимаемый сигнал из выделенного стандартного радиочастотного диапазона (скажем, 900 МГц) на более низкую промежуточную частоту (IF), где селектор канала выполняется на базе узкополосного полосового фильтра выбора канала (как правило, на поверхностно-акустических волнах (SAW) или керамике). Далее отфильтрованный сигнал подвергается дальнейшему преобразованию либо во вторую промежуточную частоту, либо сразу детектируется, затем оцифровывается и демодулируется в цифровом сигнальном процессоре. На рис. 9.16 показано сравнение этой супергетеродинной архитектурой с супергомодинной TM архитектурой приемника Othello.

Идея использования непосредственного преобразования частоты в приемниках достаточно долго пользовалась вниманием разработчиков радиочастотных трактов. Причина очевидна: каскады преобразования увеличивают стоимость, размеры и вес пользовательского оборудования. Каждый каскад требует наличия локального генератора (часто включающего частотный синтезатор для точной настройки на заданную частоту), смесителя, фильтра и, возможно, усилителя. Учитывая все это, привлекательность приемников прямого преобразования не удивляет. Отсутствие промежуточных каскадов позволяет сократить стоимость, габариты и вес приемника.

АРХИТЕКТУРА ПРЯМОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПОЗВОЛЯЕТ УМЕНЬШИТЬ ЧИСЛО КОМПОНЕНТОВ В ПРИЕМНИКЕ

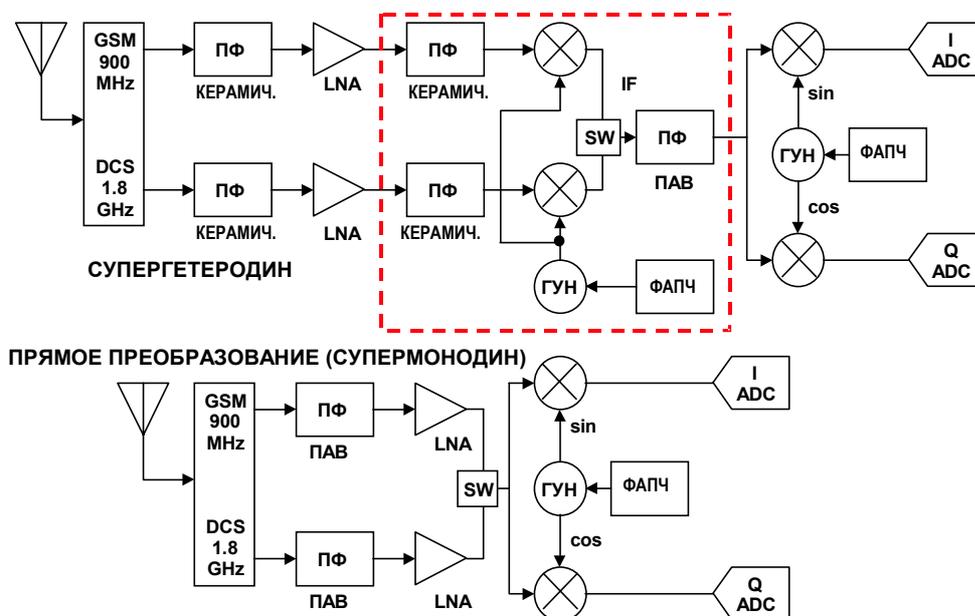


Рис. 9.16

Комплект микросхем OthelloTM также позволяет дополнительно сократить число внешних компонентов за счет интеграции внешнего интерфейса GSM с малошумящим усилителем (LNA). Такое решение дает возможность обойтись без радиочастотного фильтра зеркальной частоты ("зеркального" фильтра), который необходим для подавления

а

паразитной зеркальной частоты или продуктов интерференции сигналов смесителя и малошумящего усилителя. Этот каскад обычно выполняется на ключевом транзисторе с цепью смещения и соответствующей обвязкой, что в сумме выражается приблизительно в 12 компонентах. Включение LNA в интерфейсный блок сокращает количество внешних компонентов в среднем приблизительно на 15-17 единиц в зависимости от степени соответствия описанному фильтру.

Функциональная блок-схема архитектуры двухдиапазонного GSM-модуля радиоканала Othello™ показана на рис. 9.17. Приемная часть расположена в верхней части рисунка. От антенного разъема принимаемый сигнал поступает на переключатель режима «прием/передача» и направляется, в зависимости от диапазона, на один из двух фильтров: 925-960 МГц для GSM-диапазона или 1805-1880 МГц для DCS-диапазона. Сигнал проходит через полосовой радиочастотный фильтр (так называемый roofing-фильтр) который служит для выделения необходимой полосы частот и подавления составляющих других частот (включая частоты в диапазоне передачи), чтобы предотвратить перегрузку активных компонентов в приемной части. После roofing-фильтра расположен малошумящий усилитель (LNA). Это первый усилительный элемент в системе, позволяющий значительно сократить вклад всех последующих каскадов в уровень суммарного шума системы. После малошумящего усилителя смеситель с прямым преобразованием частоты переводит полезный сигнал с радиочастоты непосредственно на основную частоту с помощью умножения радиосигнала на выходной сигнал локального генератора такой же частоты.

ДВУХПОЛОСНЫЙ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИК ПРЯМОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ SUPERHODYNE™ НА ЧИПСЕТЕ AD6523/AD6524

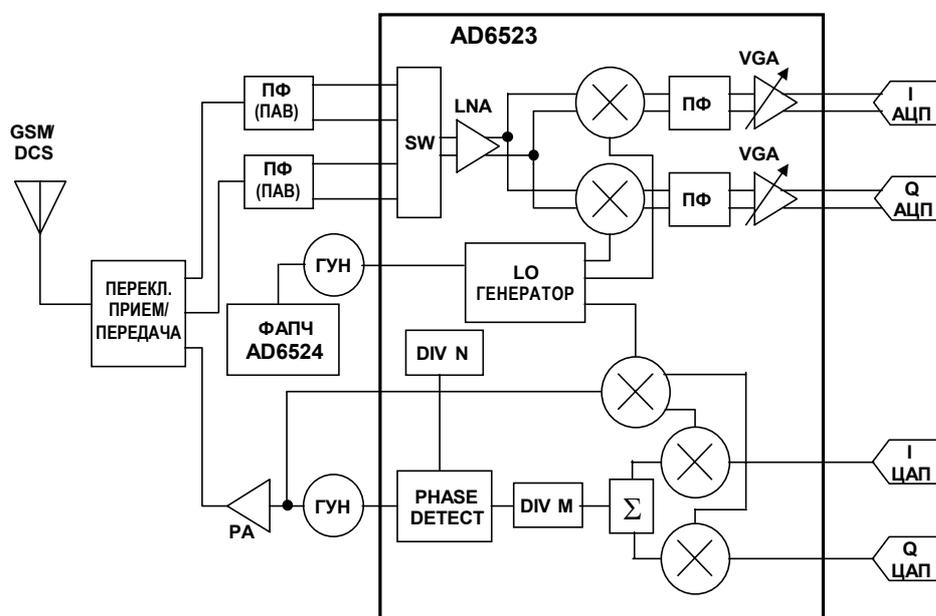


Рис. 9.17

Выходной сигнал смесительного каскада затем направляется через квадратурный модулятор (каналы I и Q) на усилительный каскад основной частоты с переменным коэффициентом усиления. Регулируемый усилитель также обеспечивает некоторую фильтрацию смежных каналов и подавление паразитных частот. Этим блокируются сигналы других GSM-каналов, разнесенных на некоторое расстояние от принимаемого

а

канала, как правило, 3 и более мегагерц. Фильтр усилителя основной частоты ослабляет эти сигналы до уровня, гарантирующего отсутствие перегрузки АЦП приемника. После усилительного каскада принимаемый сигнал оцифровывается в приемном АЦП.

Передающая часть, показанная в нижней части рисунка, начинается с мультиплексированных входных/выходных каналов I и Q. Поскольку система GSM является дуплексной с разделением по времени, передатчик и приемник никогда не работают одновременно. За счет этого, комплект Othello™ позволяет сэкономить четыре вывода на корпусе ИМС приемопередатчика. С квадратурного модулятора сигналы поступают через мультиплексированные каналы I/Q на передатчик. Затем сигналы подвергаются модуляции с промежуточной частотой более 100 МГц.

Выходной сигнал модулятора далее поступает на фазочастотный детектор (PFD), где он сравнивается с опорной частотой генератора, управляемого внешним синтезатором. Сигнал с PFD с частотой более 100 МГц проходит через фильтр с достаточно широкой полосой пропускания (1 МГц). Выходной сигнал фильтра направляется на управляющий вход генератора, управляемого напряжением (VCO), с частотными диапазонами, перекрывающими полосы передачи стандартов GSM и DCS.

Далее сигнал с ГУН распределяется на два блока. Основной — на усилитель мощности передатчика (PA), который повышает относительный уровень передаваемого сигнала от +3 дБм до +35 дБм, после чего сигнал направляется на коммутатор приема/передачи и НЧ-фильтр (подавляющий гармоники усилителя мощности). Усилители мощности имеют две полосы частот с простым переключением по напряжению с помощью сигналов КМОП-уровня. Выходной сигнал ГУН также поступает на смеситель цепи обратной связи через ответвитель, который может быть выполнен как в виде печатной платы, построенной на базе дискретных катушек и конденсаторов, так и в виде монолитного (обычно) керамического устройства связи. Смеситель обратной связи переносит передаваемый сигнал снова на промежуточную частоту и использует этот сигнал в качестве сигнала локального генератора для модулятора передатчика.

Этот тип модулятора имеет несколько названий, но вероятно наиболее наглядное из них "транслирующая петля". Транслирующая петля модулятора использует преимущества одного ключевого аспекта стандарта GSM: схема модуляции выполняется с использованием гауссовой частотной модуляции с минимальным частотным сдвигом (GMSK). Этот тип модуляции не затрагивает амплитуду сигнала, что означает, что усилитель мощности может входить в режим насыщения без искажения GMSK-сигнала.

Модуляция GMSK может быть выполнена несколькими различными способами. В других европейских стандартах (для беспроводных телефонов) модуляция GMSK может производиться посредством непосредственной модуляции потока данных управляемым ГУН с гауссовой фильтрацией. В стандарте GSM был выбран метод квадратурной модуляции. Квадратурная модуляция позволяет получить точную фазовую GMSK. Но недостатки в схеме модулятора (или каскада преобразования с повышением частоты) могут привести к флуктуациям огибающей, которые могут, в свою очередь, привести к фазовым искажениям при перегрузке выходного усилителя мощности. Чтобы избежать подобных искажений, производители телефонов стандарта GSM были вынуждены использовать усилители с более высокой линейностью за счет уменьшения эффективности и сокращения времени разговора за один цикл зарядки аккумуляторов.

Модулятор с транслирующей петлей объединяет преимущества модуляции непосредственно с помощью ГУН и более точной квадратурной модуляции. В результате в схеме создана петля фазовой автоподстройки частоты (PLL), в которую включены сигнал модулятора, сигнал генератора и выходной сигнал ГУН, а также сигнал смесителя цепи обратной связи. В конечном итоге получается непосредственно модулированный

а

сигнал на выходе ГУН с абсолютно постоянной огибающей и прекрасными фазовыми характеристиками. Неравномерность фазовой характеристики не превышает 1,5 градуса при нестационарности микросхемы приемопередатчика AD6523, использующей сигнал генератора в качестве локального осциллятора для обеспечения стабильности петли ОС.

Компактность комплекта Othello™ позволяет использовать GSM-технологии для создания многих изделий, в которых ранее это было невозможно, например, в очень компактных телефонах или PCMCIA картах. Однако основные преимущества прямого преобразования станут очевидными при разработке универсальных мультистандартных телефонов третьего поколения. С использованием прямого преобразования отпадает необходимость в аппаратном фильтре выбора канала, поскольку эта операция выполняется в блоке цифровой сигнальной обработки, который может быть перепрограммирован для работы с множеством стандартов. Сравните этот подход с супергетеродинной архитектурой, где требуется несколько цепей радиоканала для работы с различными стандартами (поскольку каждый из них требует различные фильтры выбора канала) и все схемы должны иметь минимальные размеры. При использовании прямого преобразования один и тот же радиоканал может использоваться в принципе для нескольких различных стандартов, частотных полос и типов модуляции. Таким образом, Интернет-навигация и голосовая связь могут быть в принципе реализованы на базе одного и того же телефона стандарта GSM.

АНАЛОГОВЫЕ БАЗОВЫЕ СТАНЦИИ СОТОВОЙ ТЕЛЕФОНИИ

Рассмотрим аналоговый супергетеродинный приемник, изобретенный в 1917 году Эдвином Армстронгом (см. рис. 9.18). Эта архитектура представляла собой существенный шаг вперед по сравнению с однокаскадными аналоговыми приемниками прямого преобразования (гомодинными), которые строились с использованием перестраиваемых усилителей промежуточной частоты, одного детектора и каскада усиления сигнала звуковой частоты. (Необходимо обратить внимание, что гомодинная техника теперь получила широкое распространение в приемниках с цифровой обработкой, как показано выше). Основное преимущество супергетеродинного аналогового приемника состоит в том, что он имеет существенно меньшие массогабариты и более экономичен при обеспечении заданного усиления и селективности приемника на фиксированных промежуточных частотах (IF) по сравнению с усилением и частотной избирательностью схем с перестройкой по частотному диапазону.

а

СУПЕРГЕТЕРОДИННЫЙ АНАЛОГОВЫЙ ПРИЕМНИК БАЗОВОЙ СТАНЦИИ СИСТЕМЫ AMPS (U.S. ADVANCED MOBILE PHONE SERVICE)

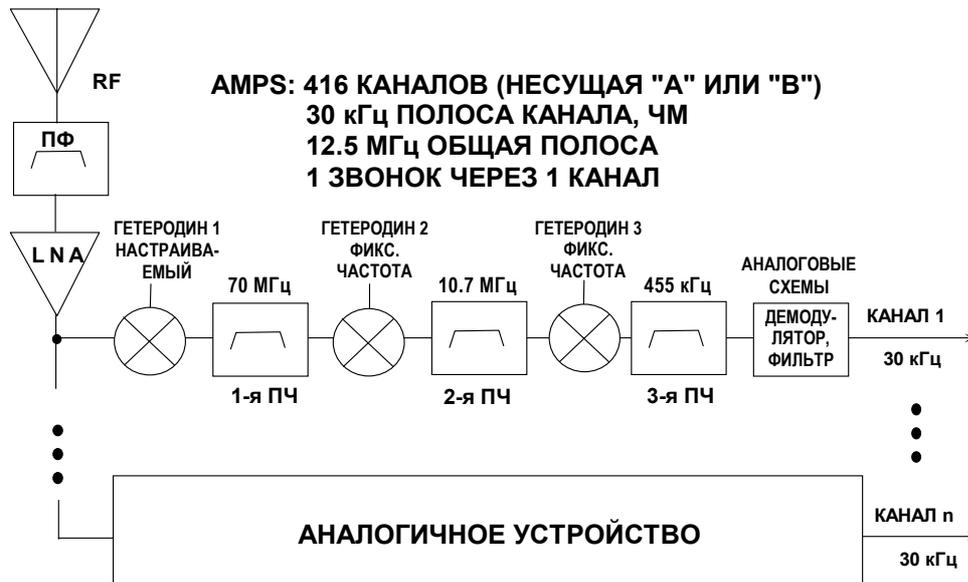


Рис. 9.18

Частоты, показанные на рис. 9.18, выделены для AMPS (Служба усовершенствованной мобильной телефонии) — аналоговой системы сотовой телефонии, используемой в настоящее время в США. Приемник предназначен для приема AMPS-радиосигналов частотой 900 МГц. Полоса частот для несущих "А" или "В", обслуживающих локальную географическую область, составляет— 12,5 МГц (416 каналов, каждый шириной 30 кГц). В приемнике, как показано на рисунке, используется трехкратное преобразование частоты, с первой промежуточной частотой 70 МГц, второй частотой 10,7 МГц и третьей частотой 455 кГц. Зеркальная частота на входе приемника отделяется от несущей подстройкой первой промежуточной частоты (при использовании относительно высокой первой промежуточной частоты разработка зеркального фильтра упрощается).

Выходной сигнал третьего каскада промежуточной частоты демодулируется с использованием аналоговых методов (дискриминаторов, детекторов огибающей, синхронных детекторов и т.д.) В случае AMPS используется частотная модуляция. Важным свойством упомянутой схемы является то, что на каждый канал требуется один приемник, а антенна, каскад предварительной фильтрации и малошумящий усилитель могут быть общими.

Необходимо отметить, что для упрощения схемы на рисунке не показаны межкаскадные усилители. Они, однако, являются важной частью приемника и при дальнейшей разработке необходимо это учитывать.

Разработка аналогового приемника является сложным процессом, и имеется много дополнительных функциональных узлов, которые могут быть использованы на промежуточной частоте между первым и вторым или третьим преобразованием частоты: фильтры, удорожающие и усложняющие каждый каскад приемника, схемы демодуляции и т.д. Имеется много превосходных рекомендаций по построению аналогового приемника, и цель этого обсуждения состоит лишь в том, чтобы сформировать систему отсчета для последующего обсуждения использования цифровых методов при разработке

а

усовершенствованных телекоммуникационных приемников и приемников базовых станций сотовой телефонии.

ЦИФРОВЫЕ СОТОВЫЕ БАЗОВЫЕ СТАНЦИИ

Сотовые телефонные базовые станции формируют основу современной беспроводной сотовой инфраструктуры. Они должны обеспечивать получение многочисленных запросов, обработку запросов и их ретрансляцию. Соединение с базовой станцией в смежных ячейках должно выполняться без потери сигнала при движении абонента. Кроме того, базовые станции зачастую должны удовлетворять нескольким стандартам одновременно. В некоторых областях США в достаточно большом числе частотных полос используются различные технологии в пределах одной и той же географической области, например AMPS и CDMA.

Гибкость, высокая производительность и низкая стоимость канала являются основными требованиями к современным базовым станциям. Максимальное использование DSP в приемопередатчиках позволяет обрабатывать несколько стандартов без необходимости замены аппаратных средств. Это привело к широкому распространению программного обеспечения для обработки радиосигналов (software radios), которое доминирует в текущий момент на рынке базовых станций.

Как и в случае сотовых телефонов, техника прямого преобразования широко используется и в базовых станциях. Сигнал оцифровывается высокоэффективным широкополосным АЦП, после чего следует только один каскад переноса частоты. На рис. 9.19 показаны два основных подхода к построению цифрового приемника: узкополосный и широкополосный фильтры.

При узкополосном подходе подразумевается, что была выполнена достаточная предварительная фильтрация сигнала, в результате чего подавлены все паразитные сигналы и на входе АЦП присутствует только полезный сигнал. Широкополосный подход подразумевает наличие на входе АЦП множества каналов и дальнейшая фильтрация, настройка и обработка выполняется в цифровой форме. Обычно, широкополосный приемник предназначен для приема сплошной полосы сигналов, например для сотовой телефонии, или других систем беспроводной связи (PCS или CDMA). Фактически, один широкополосный цифровой приемник может использоваться для одновременного приема всех возможных каналов в пределах выделенного частотного диапазона, что позволяет использовать практически только аналоговые средства (включая АЦП) для выделения нужного канала.

а

УЗКОПОЛОСНЫЙ И ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ЦИФРОВЫЕ ПРИЕМНИКИ ДЛЯ СОТОВЫХ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ

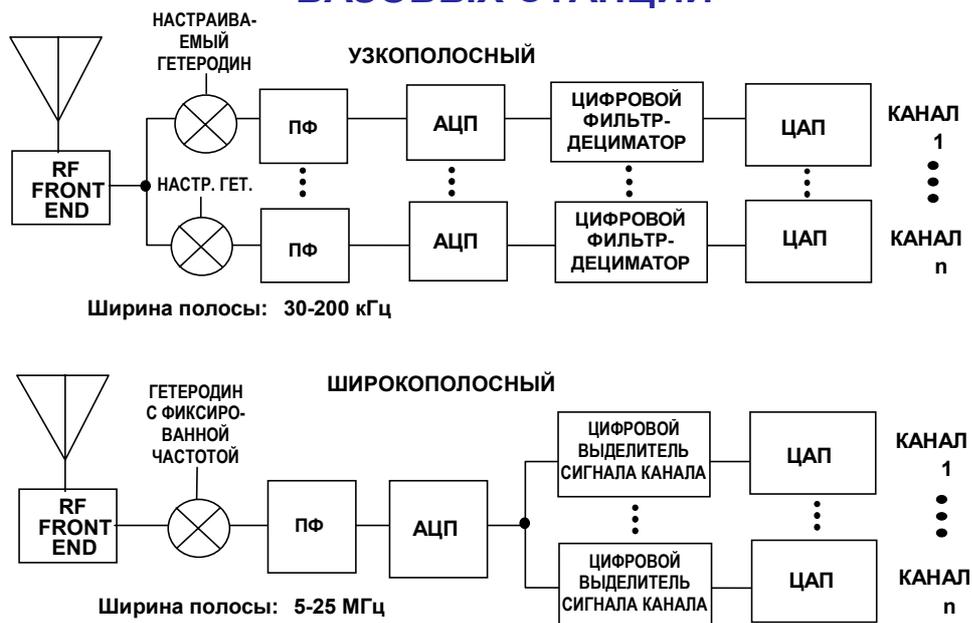


Рис. 9.19

Широкополосный подход накладывает серьезные ограничения на параметры используемого АЦП и требует широкого динамического диапазона (SFDR) и высокого отношения сигнал/шум (SNR), особенно в сотовых системах, где уровень сигналов соседних каналов может отличаться более чем на 100 дБ. Это требует применения АЦП с полосой пропускания более 100 МГц и частотой дискретизации более чем 50 МГц (например, для работы с мультинесущей с полосой частот 25 МГц). С другой стороны, узкополосный подход обеспечивает более тщательную обработку, поскольку каждый канал может быть оцифрован с более высокой частотой дискретизации, но этот подход также требует большего количества АЦП для обработки того же самого числа каналов.

Комплект ИМС от Analog Devices - SoftCell™ адресован в первую очередь операторам беспроводных систем связи, позволяя снизить стоимость обслуживания и размеры оборудования, повысить гибкость и качество обслуживания. Базовые станции, содержащие комплект ИМС SoftCell, легко позволяют производить модификацию: организацию новых услуг, дополнительных каналов, и замену стандартов беспроводной передачи данных. В действительности, операторы будут иметь возможность использовать любой стандартный радиочастотный интерфейс (например, GSM, PHS, D-AMPS), увеличить число каналов, более эффективно использовать выделенные частотные полосы. Новая архитектура также позволяет обойтись без избыточных радиоканалов и для передатчиков и для приемников.

Комплект SoftCell оптимизирован для четырех радиоканалов и может быть легко расширен. Это решение позволяет изготовителям оборудования использовать масштабируемую мультинесущую, многомодовые базовые станции на основе узлов традиционных многоканальных базовых станций, использующих аналоговые методы. Блок-схема системы, использующей комплект SoftCell, показана на рис. 9.20.

а

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА БАЗОВОЙ СТАНЦИИ ДЛЯ РАБОТЫ СО МНОГИМИ НЕСУЩИМИ НА ЧИПСЕТЕ SoftCell™

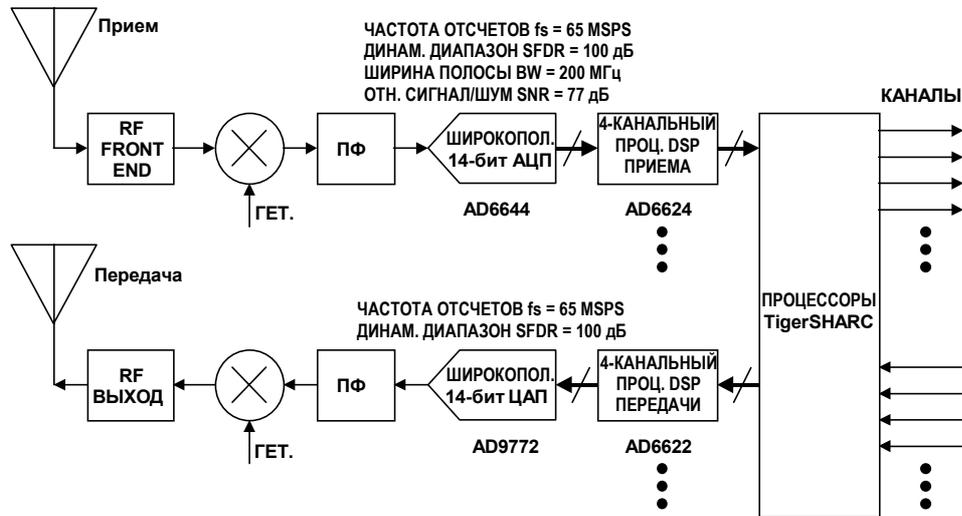


Рис. 9.20

Уменьшение размеров при сохранении стоимости за счет использования SoftCell позволяет разместить более плотно на ограниченной площади большее число базовых станций. В результате обеспечивается лучший охват, более высокое качество связи и меньшая вероятность отказов обслуживания пользователей. Мобильность и компактность систем на базе SoftCell делает их идеальным вариантом для организации офисных беспроводных систем связи. Кроме того, технология программного обеспечения радиоканала, реализованная в данном комплекте, позволяет использовать новые возможности, например смарт-антенны или фазированные антенные решетки, которые дают возможность более эффективно потреблять мощность передатчика без увеличения стоимости системы, а также организовать маленькие микросотовые установки для увеличения охвата внутриофисных беспроводных систем.

Комплект ИМС SoftCell состоит из 14-разрядного АЦП AD6644, четырехканального процессора обработки принимаемого сигнала (RSP) AD6624, 14-разрядного ЦАП AD9772 и четырехканального процессора обработки передаваемого сигнала (TSP) AD6622. Использование сигнальных процессоров позволяет улучшить разделение каналов, коррекцию АЧХ, коррекцию ошибок и повысить гибкость и эффективность декодирования. Этот новый комплект интегральных микросхем оптимизирован для работы с многопроцессорными системами на базе архитектуры TigerSHARC™.

Цифровой сигнальный процессор с архитектурой TigerSHARC оптимизирован для телекоммуникационных приложений и способен выполнять 1 млрд. операций умножения с накоплением в секунду над 16-разрядными данными при тактовой частоте 150 МГц. Еще одной уникальной особенностью архитектуры TigerSHARC является способность поддерживать 8-, 16-, и 32-разрядный формат данных на одном кристалле. Модуляция / демодуляция, канальное кодирование/декодирование и другие функции обработки радиоканала могут быть мультиплексированы, что позволяет поддерживать обработку нескольких несущих на одном процессоре.

В дополнение к комплекту SoftCell, ADI недавно представила универсальный приемный АЦП AD6600. AD6600 предназначен для узкополосных приложений, в которых

а

невозможно реализовать архитектуру с множеством несущих, но возможна организация непосредственной оцифровки сигналов промежуточной частоты до 250 МГц. В комбинации с соответствующим цифровым процессором обработки принимаемого сигнала, AD6600 может обрабатывать разнообразные стандартные беспроводные интерфейсные сигналы, включая GSM Macrocell.

Классическая архитектура базовой станции требует полноценного приемопередатчика для обработки каждой радиочастотной несущей (от 4 до 80 каналов для цифровых и аналоговых систем соответственно). Эти радиоканалы должны дублироваться с учетом свойств антенн. Отсюда очевидно, почему электроника базовых станций занимает так много места, потребляет огромную мощность и дорого стоит. Преимущества программной обработки мультинесущей проявляется в устранении избыточных радиоканалов в пользу единственного быстродействующего радиоканала, где каждая несущая обрабатывается в цифровой форме. Распространение такой программной обработки радиосигналов ограничивается свойствами аналого-цифровых преобразователей, которые должны оцифровывать огромный динамический диапазон, необходимый для обработки спектра нескольких несущих и подавления интерференции соседних каналов.

Передачики с несколькими несущими имеют подобные требования к аппаратной части для организации новых беспроводных интерфейсов. Цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) и усилители мощности мультинесущих (MCPAS) должны передавать спектр нескольких генерированных в цифровой форме несущих без искажений или смешивания сигналов в смежных каналах. AD9772 представляет собой 14-разрядный интерполирующий ЦАП, оптимизированный для точного преобразования нескольких несущих в единственную промежуточную частоту. AD9772 является самым последним представителем семейства быстродействующих преобразователей TxDAC® ADI.

Сердцем комплекта ИМС SoftCell является AD6644 — 14-разрядный АЦП с тактовой частотой 65 МГц, который обеспечивает динамический диапазон (SFDR) до 100 дБ и отношение сигнал/шум (SNR) 77 дБ. Такие параметры приемной части необходимы для оцифровки радиосигнала с несколькими несущими, используемыми во многих приложениях. При изменении настройки канала фильтрация и демодуляция в цифровой форме позволяют гибко поддерживать различные беспроводные стандарты, число каналов и частотных планов при наличии единственного модуля радиоканала.

Следующий после АЦП цифровой процессор обработки принимаемого сигнала (RSP) выполняет функции канальной настройки, фильтрации и прореживания, необходимые для выделения базовой частоты и обработки ее в цифровом сигнальном процессоре (DSP). Функции DSP выполняет AD6624 — четырехканальный процессор с производительностью 65 MSPS, поддерживающий стандарты GSM, IS136 и другие узкополосные стандарты. AD6624 имеет четыре независимо программируемых канала, что позволяет легко изменять характеристики беспроводного интерфейса по мере необходимости. Такой подход также дает возможность параллельного включения AD6624S для увеличения количества каналов. AD6624 может быть также сконфигурирован для поддержки EDGE-расширений стандартов GSM и IS136.

Четырехканальный цифровой процессор обработки передаваемого сигнала AD6622 обрабатывает сигнал основной частоты, поступающий с DSP. Он выполняет всю необходимую сигнальную обработку для вывода данных на ЦАП AD9772. Каждый канал может быть независимо запрограммирован таким образом, чтобы обеспечить необходимую фильтрацию канала для большинства беспроводных стандартных интерфейсов. AD6622 поддерживает IS95 и WCDMA стандарты и может быть

а

использован [3] для объединения произвольного числа каналов на одном 18-разрядном цифровом выходе.

УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ

Асинхронный двигатель известен достаточно давно, благодаря простоте конструкции, дешевизне, высокой эффективности и надежности, однако область его применения была ограничена из-за невозможности управления его динамическими характеристиками, например, скоростью вращения, вращающим моментом и реакцией на изменяющуюся нагрузку. Однако достижения в области цифровой обработки сигналов и технологии создания смешанных цифроаналоговых интегральных схем открывают новые горизонты в использовании асинхронных двигателей переменного тока. Изготовители, беспокоящиеся об эффективности использования электроэнергии и ее экономии, могут уменьшить затраты и время выхода на рынок широкого диапазона изделий — от промышленных двигателей до электромоторов для электромобилей и локомотивов, — с помощью стандартной системы так называемого векторного управления, состоящей из комплекта интегральных микросхем и среды разработки.

Вряд ли Никола Тесла (1856-1943), изобретатель асинхронного двигателя, мог предвидеть, что эта «рабочая лошадка промышленности» получит второе рождение в виде двигателя нового класса, который окажется вполне конкурентоспособным в большинстве промышленных приложений.

Перед обсуждением преимуществ векторного управления необходимо дать основные положения принципа функционирования различных типов электрических двигателей в обычном использовании.

До недавнего времени области применения электромоторов, связанные с сервоуправлением, например, — с переменной реакцией на динамические нагрузки, постоянством вращающего момента или регулированием частоты вращения в широком диапазоне — были исключительно прерогативой коллекторных двигателей постоянного тока и синхронных двигателей с постоянными магнитами. Основная причина такого предпочтения заключалась в наличии понятных и отработанных схем управления. В то же время, несмотря на легкость управления, коллекторные двигатели постоянного тока имеют несколько недостатков: их щетки изнашиваются и должны регулярно заменяться, коллекторы также изнашиваются и могут быть повреждены в случае неправильной установки щеток, механический контакт «щеток-коллектор» является источником загрязнений и искрения, что повышает риск пожара при наличии горючих материалов.

Появление мощных инверторов, способных управлять столь же мощными двигателями, привело к практическому использованию синхронных двигателей постоянного тока с постоянными магнитами (PMSM) в приложениях, требующих сервоуправления. Но, наряду с устранением многих проблем механического характера, присущих коллекторным двигателям постоянного тока, эти двигатели потребовали более сложных схем управления и выявили ряд собственных недостатков. Обладая высокой стоимостью, PMSM-двигатели в большинстве своем отличаются высоким моментом инерции ротора, что ограничивает их применение в приложениях, где требуется высокая скорость вращения, из-за механических ограничений конструкции ротора [4].

В 60-х годах развитие теории управления привело к созданию теории косвенного полеориентированного управления, ставшей основой динамического управления асинхронными двигателями переменного тока. Косвенное полеориентированное управление использует теорию эталонных фреймов, описывающую преобразование изменяющегося фазового положения обмоток электродвигателя из одного фрейма в другой эталонный фрейм. Продуманный выбор математической модели позволяет значительно уменьшить сложность математической модели механизма. Хотя эти методы

а

первоначально создавались для анализа и моделирования двигателей переменного тока, к настоящему времени они стали неотъемлемой частью инструментария цифрового управления такими механизмами. Более того, цифровые методы управления расширены до управления токами в обмотках и вращающим моментом электромеханизмов, что само по себе невозможно без компактных, корректных моделей электродвигателей.

Описываемая теория математических моделей равно применима и к синхронным машинам типа синхронных двигателей с постоянными магнитами (PMSM). Этот двигатель иногда называют синусоидальным вентильным двигателем, или вентильной машиной переменного тока, и он очень широко используется в высокоэффективном сервоприводе.

Вследствие интенсивных математических вычислений, необходимых для косвенного полеориентированного управления, теперь обычно называемого векторным управлением или теорией эталонных фреймов, практическое использование этой теории было невозможно на протяжении долгих лет. Доступные аппаратные вычислительные средства не могли осуществлять высокоскоростное позиционирование положения ротора и выполнять вычисления в режиме реального времени динамического потока векторов. Доступность современных точных оптических кодеров, биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT), высокоскоростных резольверов и быстродействующих цифровых сигнальных процессоров (DSP) выдвинула векторное управление на передний край работ по использованию преимуществ, свойственных асинхронному двигателю переменного тока.

Упрощенная блок-схема системы управления асинхронного двигателя переменного тока показана на рис. 9.21. Входными данными для контроллера являются токи обмоток двигателя (обычно трехфазные) и положение и скорость ротора. Датчики на основе эффекта Холла очень широко используются для контроля токов и с помощью пространственно-цифрового преобразователя (RDC) позволяют контролировать положение ротора в пространстве, а также его скорость. Цифровой сигнальный процессор используется для вычисления в режиме реального времени величин векторов, которые необходимы для генерации выходного сигнала управления инвертором преобразователя мощности. Преобразования, необходимые для преобразования эталонного фрейма и для векторного управления, также выполняются с помощью DSP.

а

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ

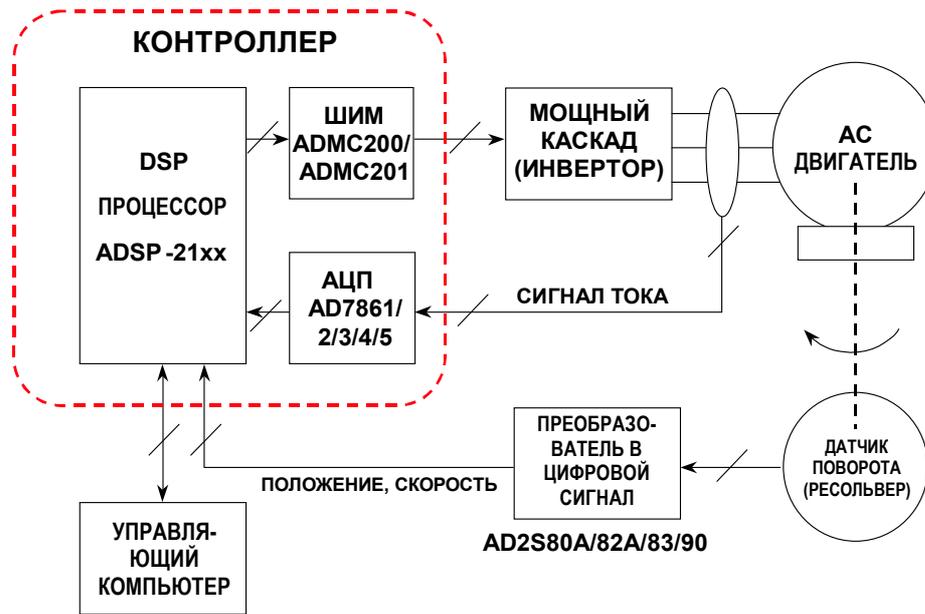


Рис. 9.21

Функции блока управления интегрированы в одном кристалле в контроллерах электродвигателей Analog Devices — ADCM300, ADCM331, ADCM401, и ADCM326 (на базе ПЗУ) и ADCM328 (на базе DSP). Эти устройства включают в себя периферию: АЦП, источники опорного напряжения, PWM-контроллеры, таймеры и т.д., необходимую для реализации всех функций, показанных на рис. 9.21.

Самые последние члены семейства контроллеров электродвигателей — ADMCF326 и ADMCF328, называемые DashDSP™, — характеризуются наличием цифровой части, аналоговой части и FLASH-памяти (см. рис. 9.22). Использование FLASH-памяти позволяет перепрограммировать устройство, обеспечивая таким образом большую гибкость и сокращение времени новых разработок. Эти контроллеры включают 16-разрядное процессорное ядро с фиксированной точкой и производительностью 20 MIPS, основанное на архитектуре семейства ADSP-217X. Память состоит из 512x 24 бит ОЗУ памяти программ, 512x16 бит ОЗУ памяти данных, 4Kx24 бит ПЗУ памяти программ и 4K x 24 бит программируемой FLASH-памяти. Интегрированная посредством использования АЦП аналоговая подсистема позволяет полностью контролировать трехфазные токи в обмотках двигателя. 16-разрядный 3-фазный PWM генерирует управляющие сигналы для внешнего мощного инвертирующего каскада. Контроллеры выпускаются в 28-выводном SOIC или PDIP корпусе. Блок-схема контроллера ADMCF328 показана на рис. 9.23.

а

ПОЛНОСТЬЮ ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ НА ПРОЦЕССОРЕ DashDSP™

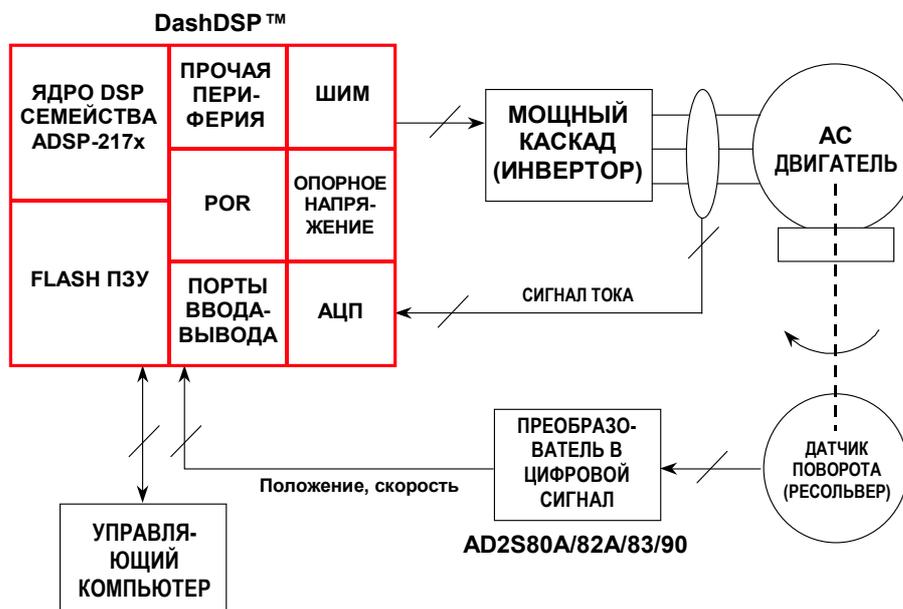
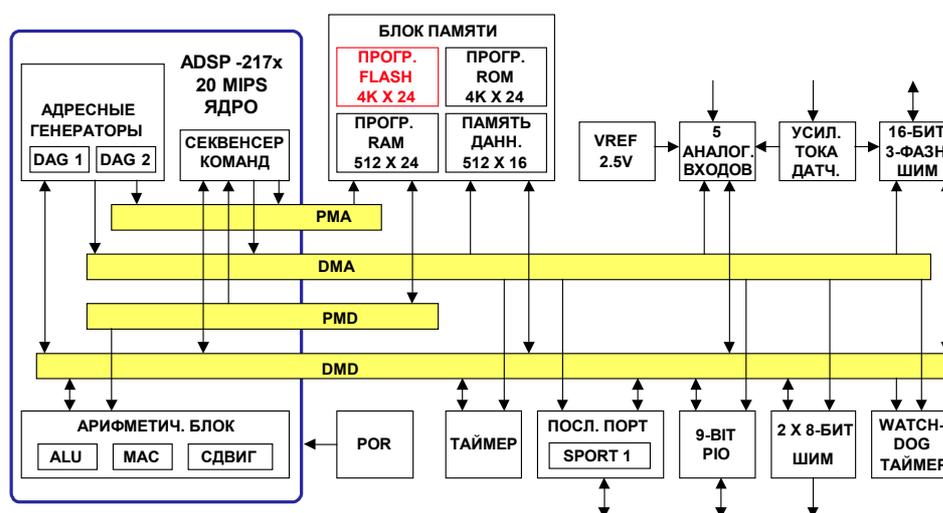


Рис. 9.22

DSP СО ВСТРОЕННОЙ FLASH ПАМЯТЬЮ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯМИ ADMCF328



- Новые процессоры семейства ADMCF5xx основаны на ядре ADSP-219x с производительностью 150 MIPS и содержат 128К памяти flash

Рис. 9.23

а

Доступность программного обеспечения контроллеров на базе DSP, состоящего из трех частей, руководства разработчика, и систем отладки, облегчает разработку систем управления электродвигателями с использованием этих контроллеров.

Компания Analog Devices недавно анонсировала нового представителя семейства DashDSP — ADMCF5XX на базе 16-разрядного ядра с фиксированной точкой ADSP-219X с производительностью 150 MIPS. При токе потребления 0,4 мА/MIP новый контроллер позволяет разработчикам строить системы с низкой потребляемой мощностью и с широкими пределами регулирования скорости. Интеграция до 128 Кбайт внутрикристалльной FLASH-памяти значительно облегчает разработку системы и позволяет гибко модифицировать программное обеспечение системы. Такое решение также позволяет пользователю загружать программное обеспечение непосредственно из FLASH-памяти в оперативную память. Пользователь может выбрать, исходя из требований к параметрам и стоимости разрабатываемой системы, один из 10-, 12-, или 14-разрядных АЦП. Семейство DashDSP поддерживается средствами разработки VisualDSP ADI, которые включают первый промышленный C++ компилятор. Семейство ADMCF5XX дополнено широким диапазоном высокопроизводительной периферии, например, 3- — 6-фазными 16-разрядными PWM с одиночным или двойным интерфейсами кодера для управления многокоординатными двигателями. Оцифровка токов в обмотках двигателя может быть реализована с помощью средств гальванической развязки или методом инвертирующего шунта, с программируемым пользователем временем преобразования АЦП. Источник опорного напряжения, схема сброса процессорного ядра при включении питания и вспомогательные PWM, позволяющие корректировать коэффициент мощности, также интегрированы на кристалле. Дополнительно в рамках семейства реализована различная интерфейсная периферия, например, полноценная CAN-шина, UART, сериальные порты, и JTAG-интерфейс.

КОДЕКИ И ПРОЦЕССОРЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В ГОЛОСОВЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ И АУДИОСИСТЕМАХ

В каналах голосовой связи и аудиосистемах типа автомобильных телефонных комплектов и модемов на сигнальных процессорах строятся превосходные конструктивные блоки систем.

Компания Analog Devices недавно анонсировала выпуск серии ADSP-21ESP202, специально разработанной для встроенных систем обработки речи в автомобильных голосовых телефонных системах. Эта микросхема включает в себя два кодека AD73322 и 16-разрядное вычислительное ядро с фиксированной точкой ADSP-218X. Из 40 Кбайт ОЗУ на кристалле 8 Кб × 24 бит отдано под память программ и 8 Кб × 24бит — под память данных. Внутрикристалльное ППЗУ объемом 24 Кбайт конфигурировано под 8 Кб × 24бит память программ.

На рис. 9.24 приведен пример реализации на базе ADSP-21ESP202 дуплексного телефонного комплекта с голосовой связью. Эта серия является крупным достижением как в уровне, так и в гибкости функциональной интеграции.

а

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА УСТРОЙСТВА ОБРАБОТКИ РЕЧИ НА ПРОЦЕССОРЕ ADSP21ESP202 ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕЛЕФОННОЙ СИСТЕМЫ

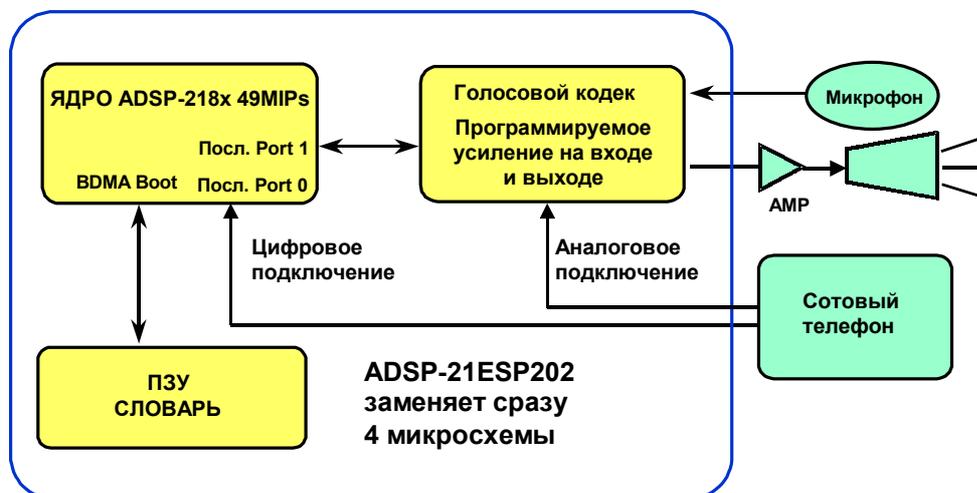
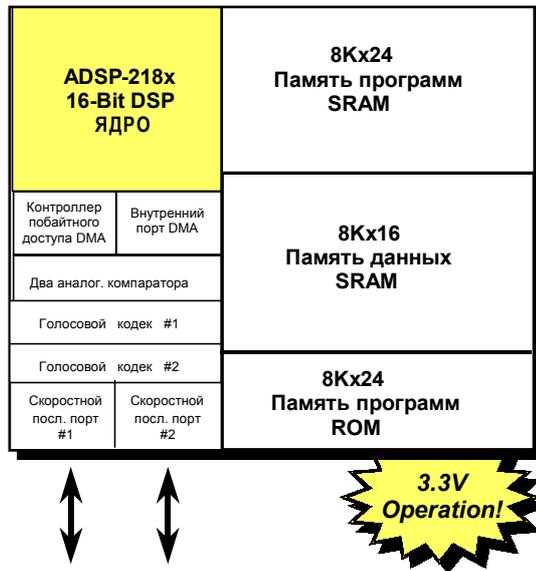


Рис. 9.24

Семейство ADSP-21ESP202 является первым продуктом, основанным на использовании вычислительного ядра ADSP-218X, включающего аналоговые функциональные возможности (см. рис. 9.25). Все представители семейства содержат два сигма-дельта кодека, которые позволяют программно управлять частотой выборки (до 64 кГц), коэффициентом усиления входных и выходных каскадов. Имеются также два аналоговых компаратора, которые могут использоваться для обнаружения голоса и отслеживания процессов подключения/отключения кабеля, а также для генерации процессорных прерываний. Два переключаемых источника тока позволяют реализовать функциональные возможности PWM с помощью универсального таймера. Оба источника реализуют выбор быстрого или стандартного режима заряда. Возможность переключения может быть использована для автоматического регулирования усиления (AGC), а также для подстройки частоты и фазы входного задающего генератора.

а

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ИС ADSP21ESP202 С ЯДРОМ DSP ADSP-218x



- Интегрированы аналоговые схемы
 - ◆ Двойной программируемый голосовой кодек на 64 kSPS, сигнал/шум 75 дБ
 - ◆ Два аналоговых компаратора
 - ◆ Два источника тока
- Интегрировано заказное ПЗУ
 - ◆ По спецификации заказчика или
 - ◆ Со стандартными функциями
- Дополнительные возможности
 - ◆ Работа на частоте 49 МГц при напряжении питания 3.3 В
 - ◆ 8 К ОЗУ программ, 8 К ОЗУ данных
 - ◆ 8 К ПЗУ программ
 - ◆ Расширенные прерывания и флаги
 - ◆ Расширенные возможности таймера
- Корпус LQFP со 128 выводами

Рис. 9.25

ADSP-21ESP202 также содержит ППЗУ памяти программ с блоками памяти по 8 Кслов. Analog Devices поставляет микросхемы с несколькими версиями прикладных алгоритмов, заранее записанных в ПЗУ. Продукция Analog Devices также позволяет записывать в ПЗУ программы, разработанные самим пользователем.

Система, показанная на рис. 9.24, имеет в своем составе средства цифровой обработки сигналов с подавлением шума/эхо-сигнала и опознавания речи, кодеки для непосредственного подключения громкоговорителя / микрофона и сотового терминала, энергонезависимую память для хранения программ и баз данных опознавания речи. Семейство ADSP-21ESP202 интегрирует все эти компоненты в одном корпусе, что позволяет создать на одной интегральной схеме дуплексный автомобильный телефонный комплект с голосовой связью. Такой подход предусматривает сокращение на 75 % числа необходимых интегральных схем по сравнению с решениями предыдущего поколения.

Обработка аудиосигналов на персональном компьютере и современные модемы также требуют применения высокопроизводительных кодеков. На рис. 9.26 приведен пример реализации аудиотракта или приемника-передатчика модема на базе кодера AD1819B SoundPort®.

Этот кодек полностью совместим со спецификациями интерфейса AC '97 (Audio Codec '97, Component Specification, Revision 1.03, © 1996, Intel Corporation). Кроме того, AD1819 поддерживает несколько конфигураций кодера (до трех на каждый канал интерфейса AC), последовательный интерфейс с DSP, изменение тактовой частоты, кодирование сигнала и его фильтрацию для модемов, и имеет встроенный преобразователь для трехмерных стереоэффектов Phat™.

а

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ЗВУКОВОЙ СИСТЕМЫ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА И МОДЕМА

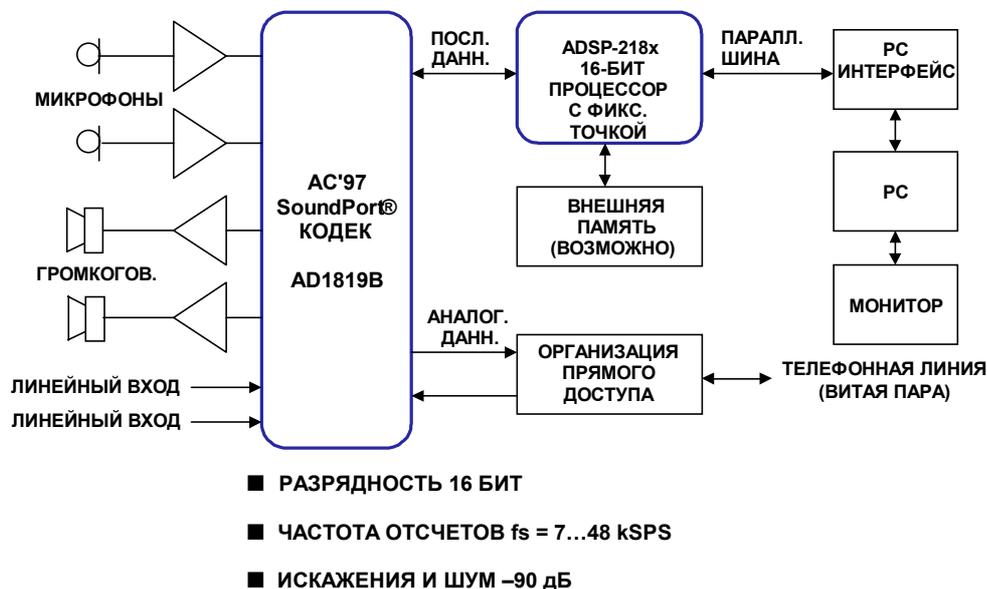


Рис. 9.26

Кодек AD1819B предназначен главным образом для высокоскоростного ввода аудиоданных в компьютеры и модемы или для использования в системах цифровой обработки. Главные архитектурные особенности AD1819B — высококачественная входная аналоговая часть, двухканальный 16-разрядный сигма-дельта АЦП, двухканальный 16-разрядный сигма-дельта ЦАП и последовательный порт. Уровень шумов и гармонических искажений не превышает -90 дБ, тактовая частота может варьироваться в пределах от 7 до 48 кГц.

32-разрядный процессор SHARC от Analog Devices с плавающей точкой демонстрирует высочайшее качество декодирования сигнала Dolby Digital AC-3. Образцовая архитектура цифровой сигнальной обработки, показанная на рис. 9.27, использует сигнальный процессор ADSP-21065L SHARC и интегральную микросхему смешанной обработки AD1836, что обеспечивает низкую цену и высокое качество тракта многоканальной аудиообработки. Основная область применения включает в себя A/V-ресиверы для домашнего театра и автомобильные аудиосистемы класса high-end. AD1836 выполняет всю смешанную обработку сигнала с использованием четырех входных каналов АЦП и шести выходных каналов ЦАП. Кодек AD1836 обеспечивает суммарный уровень шумов и гармонических искажений -97 дБ и отношение сигнал/шум 105 дБ, что необходимо для высококачественного аудио. В подобных системах могут использоваться и фиксированные алгоритмы цифровой обработки, однако применение программируемых сигнальных процессоров обеспечивает большую гибкость. Сигнальный процессор может быть запрограммирован для декодирования аудиоформатов MP3, Dolby Digital AC-3, THX, или DTS. С помощью дополнительного программного обеспечения могут быть легко реализованы и другие алгоритмы обработки аудиосигналов.

а

СТРУКТУРА АВТОМОБИЛЬНОЙ АУДИОСИСТЕМЫ И АУДИОСИСТЕМЫ ДОМАШНЕГО ТЕАТРА НА БАЗЕ 32-РАЗРЯДНОГО ПРОЦЕССОРА SHARC

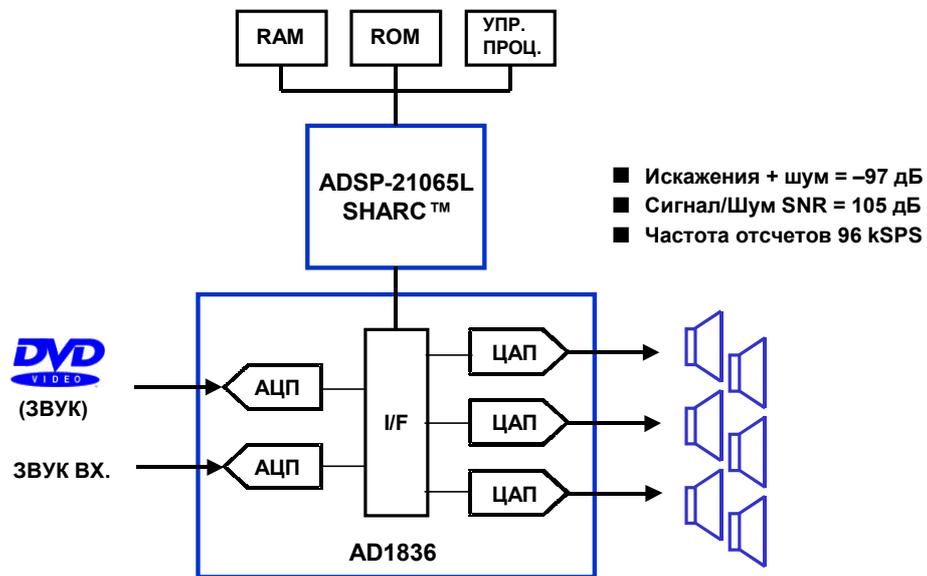


Рис. 9.27

В сложных цифровых аудиосистемах часто возникает необходимость в распределении сигнала между несколькими процессорами обработки. На рис. 9.28 показан 16-канальный микшер, в котором использовано два ADSP-21160S. Поток данных от шестнадцати 24-разрядных АЦП поступает на конвертер FPGA. Он преобразует последовательный поток данных от АЦП в параллельный и направляет его на два внешних порта ADSP-21160. Внешний порт на каждом DSP имеет аппаратную поддержку одновременной передачи данных на оба DSP сразу. Контроллеры прямого доступа к памяти DSP получают эти данные и перемещают их по мере необходимости во внутреннюю память. Аппаратная поддержка и контроллеры прямого доступа к памяти снижают сложность архитектуры конвертера FPGA, потому что в этом случае от FPGA требуется только передача данных на шину. То есть отпадает необходимость в арбитраже шины и генерации адресов.

Сигнальные процессоры выполняют самые различные алгоритмы обработки, например микширование, панорамное звучание, регулировку АЧХ и дополнительную обработку типа реверберации или компрессии/экспандирования динамического диапазона. Выходной поток аудиоданных после такой обработки поступает на 24-разрядный стереоЦАП. Эти задачи могут выполняться одновременно, например, один из DSP отвечает за микширование и эффекты, в то время как другой реализует функции эквалайзера. В другом случае на каждый DSP возлагается задача обработки половины каналов. Выбор оптимального алгоритма определяется сложностью необходимой обработки.

Для этого примера видно, что два процессора ADSP-21160S обладают достаточной вычислительной способностью для выполнения различных алгоритмов по 16 каналам с тактовой частотой 48 кГц одновременно. За 20 нс процессорное ядро каждого DSP способно выполнить 2000 инструкций. Если каждый DSP отвечает за половину каналов (8 каналов), то за это время DSP может выполнить 250 инструкций по каждому каналу.

а

У процессора ADSP-21160 имеются достаточно примитивные инструкции для реализации трехполосного эквалайзера (низкие, средние и высокие частоты), микшера, эффектов задержки, и компрессии по каждому каналу. Перемещение данных в память не требует затрат вычислительных ресурсов, ввиду отсутствия мультизадачности.

16-КАНАЛЬНЫЙ АУДИО СМЕСИТЕЛЬ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОЦЕССОРОВ ADSP-21160

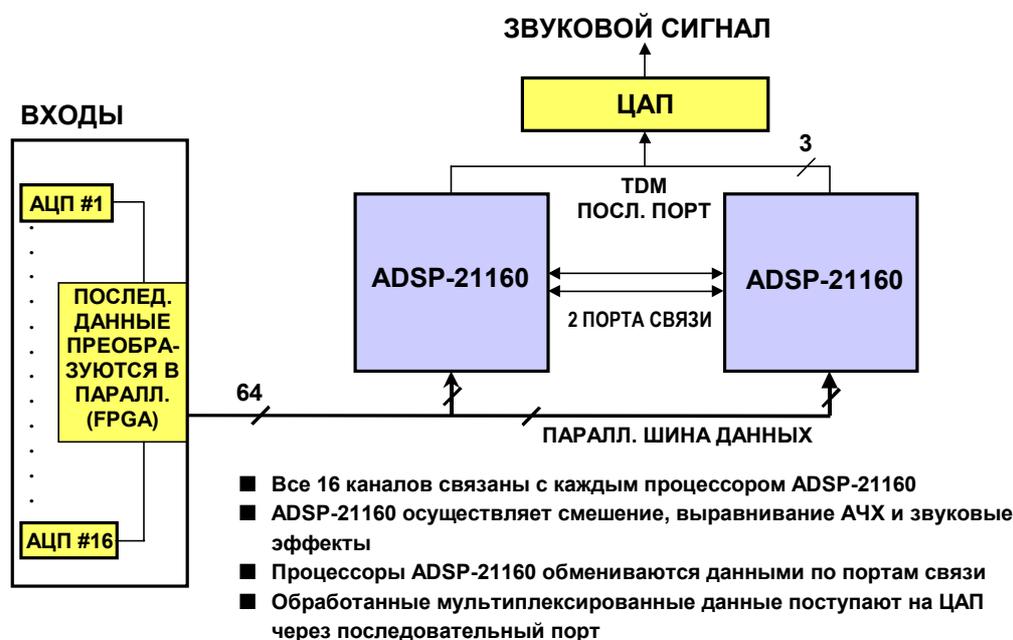


Рис. 9.28

СИГМА-ДЕЛЬТА АЦП С ПРОГРАММИРУЕМЫМ ЦИФРОВЫМ ФИЛЬТРОМ

Большинство сигма-дельта АЦП имеют собственный внутренний цифровой фильтр. Частота среза этого фильтра (и скорость выходного потока данных АЦП) привязана к частоте задающего генератора. AD7725 представляет собой 16-разрядный сигма-дельта АЦП с программируемым внутренним цифровым фильтром. Блок-схема 9.29 показывает, что максимальная частота дискретизации преобразователя составляет 19,2 МГц. Следующий за преобразователем перестраиваемый фильтр с конечной импульсной характеристикой выполняет прореживание выходных данных преобразователя с коэффициентом децимации 8, снижая скорость выходного потока данных до 2,4 МГц. Отклик перестраиваемого FIR-фильтра также показан на рис. 9.29. На выходе перестраиваемого фильтра расположен программируемый цифровой фильтр. На диаграмме показан типичный отклик для FIR-фильтра низкой частоты с частотой среза 300 кГц.

а

16-РАЗРЯДНЫЙ SIGMA-DELTA АЦП С ПРОГРАММИРУЕМЫМ ЦИФРОВЫМ ФИЛЬТРОМ AD7725

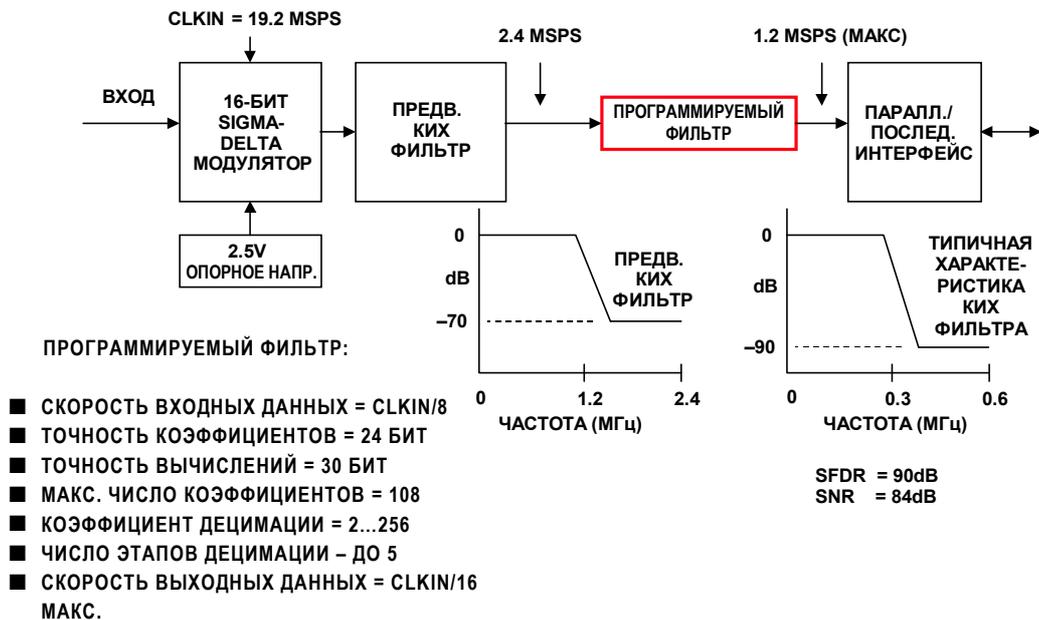


Рис. 9.29

Программное управление фильтром позволяет гибко оперировать длиной фильтра и коэффициентом децимации. Фильтр может иметь до 108 коэффициентов, до 5 режимов прореживания и коэффициенты децимации от 2 до 256. При обработке коэффициентов поддерживается точность 24 разряда, а при арифметических операциях – 30 разрядов.

AD7725 содержит процессор постобработки PulseDSP™ компании Systolix, который позволяет запрограммировать характеристики фильтра через параллельный или последовательный интерфейс микропроцессора.

Процессор постобработки имеет полностью программируемое ядро, которое обеспечивает производительность обработки до 130 миллионов операций умножения с накоплением в секунду (MAC). Процесс программирования процессора сводится к редактированию пользователем конфигурационного файла, который содержит все необходимые данные для программирования функций фильтра. Этот файл создан с помощью компилятора FilterWizard, который поставляется Analog Devices. Компилятор AD7725 воспринимает значения коэффициентов фильтра как входные данные и автоматически генерирует необходимый программный код устройства.

Файл коэффициентов отклика фильтра может быть сгенерирован с помощью пакетов проектирования цифровых фильтров типа Systolix FilterExpress™ (<http://www.systolix.co.uk>) или QEDesign™ компании Momentum Data Systems (<http://www.mds.com>). Отклик фильтра может быть построен на основе данных, известных пользователю до генерации коэффициентов фильтра. Скорость потока входных данных процессора — 2,4 МГц. Если прореживание применяется в многоступенчатом фильтре, первый фильтр будет обрабатывать поток данных со скоростью 2,4 MSPS, и пользователь может затем производить децимацию между каскадами. Максимальное число коэффициентов фильтра, которые могут поддерживаться процессором, равно 108. При этом фильтр со 108 коэффициентами может быть выполнен в виде одиночного или многокаскадного фильтра с суммарным числом коэффициентов 108. Фильтр может иметь

а

характеристики НЧ-фильтра, ВЧ-фильтра, режекторного или полосового фильтра и может быть выполнен как КИХ- или БИХ-фильтр.

AD7725 работает от однополярного источника питания + 5В. Он имеет внутрикристальный опорного напряжения 2,5 В и выпускается в 44-выводном PQFP корпусе. При работе на максимальной тактовой частоте потребляемая мощность не превышает 350 мВт. Возможна работа в режиме сниженной в два раза максимальной частоты задающего генератора –10 МГц. Максимальная потребляемая мощность в этом режиме составляет 200 мВт.

РЕЗЮМЕ

Некоторые примеры использования DSP в различных областях приведены на рис. 9.30. Помимо описанных выше, имеется много других областей, где сфера применимости DSP на практике быстро расширяется: это промышленность, связь, медицинская и военная техника и потребительский рынок. Обсуждение каждого примера могло бы стать предметом отдельной книги. Но в этой главе показано только несколько наиболее традиционных областей применения DSP и дано представление о том, как DSP взаимодействуют практически с каждым аспектом современной жизни.

ДРУГИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОЦЕССОРОВ DSP

- Автомобильные телефоны с голосовым управлением (hands-free)
- Цифровые автоответчики
- Устройства распознавания голоса
- Кабельные сети
- Компьютерная звуковая система
- Цифровое аудио: профессиональное и бытовое
- Обработка цифрового видеосигнала
- Телевидение высокой четкости (HDTV)
- Компьютерная графика
- Цифровые спецэффекты
- Цифровые вещательные спутники (DBS)
- Система глобального позиционирования (GPS)
- Медицина: ультразвуковые, ядерномагниторезонансные сканнеры, томографы
- Военная индустрия: радиолокационные станции, наведение ракет на цель

Рис. 9.30