

Алексей Назаров (Компания IntegrIT)

ПРИМЕНЕНИЕ DSP СЕМЕЙСТВА TMS320C64XX В ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ VOIP-ПРИЛОЖЕНИЯХ



Настоящая статья открывает цикл материалов, посвященных применению современных **DSP-процессоров** от компании **Texas Instruments (C64xx и DaVinci)** в разнообразных приложениях. В ней рассматриваются вопросы применения DSP TI в приложениях **VoIP**.



Выбор процессора — не такая очевидная задача, как может показаться на первый взгляд, поскольку в связи с быстрым развитием новых технологий, большей степени интеграции современных периферийных интерфейсов в процессоры происходит расширение и перекрытие областей применимости процессоров разных семейств. Существенное влияние на применимость процессоров оказывает наличие средств разработки и готового программного обеспечения, разработанных сторонними фирмами. Одни, совершенно разные по архитектуре, процессоры могут выполнять одни задачи одинаково хорошо, а другие не умеют выполнять совсем. Поэтому очень легко потеряться и запутаться в выборе. Только интегральный, взвешенный и обдуманный со всех сторон анализ позволяет сделать правильный выбор процессора под конкретную задачу проектировщика.

В последние годы проектировщики оборудования для телефонной связи все большее внимание обращают на **технологии VoIP**, рассматривая ее как гибкое программное решение для замены аппаратных решений на базе микросхем невысокой степени интеграции. Это позволяет улучшить качество оборудования, увеличить надежность, снизить энергопотребление, добавлять в телефонные станции важные современные функции, обеспечивать быстрое развер-

тывание станций, интегрировать станции с сетями передачи данных общего доступа и проч. Опыт применения процессоров семейств **C64** и **DaVinci** показал их преимущества для приложений такого класса. Ниже будут рассмотрены возможные архитектуры для окончательных устройств VoIP.

Варианты построения систем Сравнение с другими процессорами

Перед тем, как рассмотреть построение систем на основе C64, надо понять, в чем их сила и слабость по сравнению с аналогами того же класса и той же ценовой категории. Ориентироваться при этом на маркетинговые документы каждого производителя весьма затруднительно, так как зачастую там производится сравнение на совершенно нереалистичных примерах — например часто делается сравнение на основе производительности по сверткам или FFT. В реальности, ПО для VoIP приложений много сложнее и требуется сравнение на каком-либо комплексном тесте, аналогично тому, как делается сравнение производительности персональных компьютеров на многокомпонентном тесте, например на офисном пакете программ. Однако ситуация усложнена тем, что информация о потреблении ресурсов конкретными алгоритмами часто не является публичной и производителям весьма трудно получить ее

без специального запроса. Более того, данные разных производителей алгоритмов сильно разнятся. Приведенные ниже данные являются выборкой лучших данных из опубликованных от хорошо зарекомендовавших себя поставщиков ПО.

Для сравнения выберем три процессора (табл. 1): **C6424** с частотой 500 МГц (\$26), **C5509A** с частотой 200 МГц (\$18), **BF537** с частотой 500 МГц (\$19) (в скобках указана среднерыночная цена).

В таблице 2 собраны данные по трем типовым вокодерам: потребление процессора (обычно измеряется в MIPS — миллионах инструкций в секунду, необходимых для вокодера) и количество каналов кодирования-декодирования этим вокодером на данном процессоре. Диаграмма (рис. 1) показывает производительность процессора относительно DSP C5509, который является представителем семейства менее производительных процессоров от Texas Instruments.

Из этих данных следует, что несмотря на одинаковую тактовую частоту, процессоры BlackFin существенно проигрывают процессорам семейства C64xx по количеству каналов. Фактически, они лишь ненамного (до 1,5 раз) превосходят C5509 по производительности и существенно отличаются от них лишь набором периферии, привлекательной для построения интегрированных однокристалльных решений. Замечу также, что

Таблица 1. Основные свойства трех DSP

Семейство	Цена, \$	Тактовая частота, МГц	BGA	Линейный размер, мм	Макс. потреб., мВт	Ethernet	PC	UART	Внутр память, кбайт	Тип внешней памяти	Кэш-контроллер
C6424	26	500	376 361	23 16	550	+	+	2	240	DDR	+
C5509	18	200	176	12	120		+		256	SRAM, SDRAM	Только для программы
BF537	19	500	208 182	17 12	200	+	+	2	132	SDRAM	+

Таблица 2. Применение DSP в типовых вокодерах

Вокодер	G729AB		G728		G723.1	
DSP	MIPS	Кол-во каналов	MIPS	Кол-во каналов	MIPS	Кол-во каналов
C6424	6,3	79	18	27	7,7	64
C5509	10,3	19	24	8	12,5	16
BF537	19	26	40	12,5	28	17

независимых поставщиков программно-обеспечения VoIP для процессоров C64 намного больше, чем для BlackFin.

Несмотря на то что компания Texas Instruments в свое время позиционировала процессоры серии C55xx для применения в VoIP приложениях, в современных условиях они уже не выдерживают конкуренции с линейкой BlackFin, так как не имеют хорошего набора встроенной периферии для VoIP приложений. Дополнительным ограничением является сильно урезанные возможности кэш-контроллера, который содержит только кэш инструкций, но не данных, поэтому эффективность работы в многоканальных VoIP системах у таких процессоров сильно падает при увеличении числа каналов и объема кода.

Процессоры BlackFin выглядят оптимально для систем с небольшим количеством VoIP каналов (порядка четырех). Для проектировщиков также важно то, что на эти процессоры портирована операционная система Linux и на нее уже портированы готовые open source-протоколы SIP, H.323 и прочие.

Однако процессоры C64xx превосходят по производительности процессоры BlackFin в 3-4 раза, имеют мощный набор периферии, эффективный кэш-контроллер для работы с 32-битной памятью DDR, один из самых лучших компиляторов. Все это делает такие процессоры оптимальными для высокопроизводительных VoIP систем с большим количеством каналов.

Некоторым недостатком является больший размер корпуса и несколько

центрируемся на том, что наиболее важно для проектировщиков VoIP-систем.

Семейство делится на следующие части:

- классические DSP общего назначения C641x;
- специализированные процессоры C642x и одноядерные процессоры DaVinci DM64x, DM643x;
- двухъядерные процессоры DaVinci DM644x, DM646x.

Среди первых на одном полюсе находятся процессоры C6410/6413 как наиболее недорогие и с самым миниатюрным корпусом, а на другом — наиболее мощные процессоры C6416T.

Вторая категория обладает хорошим набором периферии при небольшом корпусе и новым ядром C64+, о котором будет вкратце сказано ниже. Одноядерные процессоры DaVinci включают как старые DM64x, так и новые DM643x процессоры, оптимизированные во многом для видеоприложений. К тому же, это одни из самых дешевых процессоров.

Двухъядерные процессоры — наиболее мощные продукты семейства — включают в себя еще и ядро ARM для управления периферией, запуска операционной системы и прочих сервисных функций.

Процессоры второго семейства (одноядерные процессоры DaVinci и специализированные C642x) наибольшим образом подходят для применения в VoIP-системах, так как обладают хорошим балансом между ценой, производительностью и набором встроенной периферии.

Процессоры C64xx превосходят по производительности процессоры BlackFin в 3-4 раза, имеют мощный набор периферии, эффективный кэш-контроллер, один из самых лучших компиляторов. Все это делает их оптимальными для высокопроизводительных VoIP-систем с большим количеством каналов.

большее потребление (хотя в пересчете на канал VoIP оно даже меньше, чем у BlackFin). Однако в целом это не является критичным для использования процессоров C64xx в ячейках АТС и прочих VoIP изделиях.

Кратко о семействе C64xx

Семейству C64xx (табл. 3) посвящено множество статей, здесь же мы скон-

центрируемся на том, что наиболее важно для проектировщиков VoIP-систем, где цена процессора не является лимитирующим фактором, применимы и наиболее мощные классические процессоры класса C6455.

Ядро C64+ обладает целым рядом преимуществ над старым ядром C64 — это и новые инструкции, и кардинально улучшенный кэш-контроллер, и более мощный контроллер прерываний и

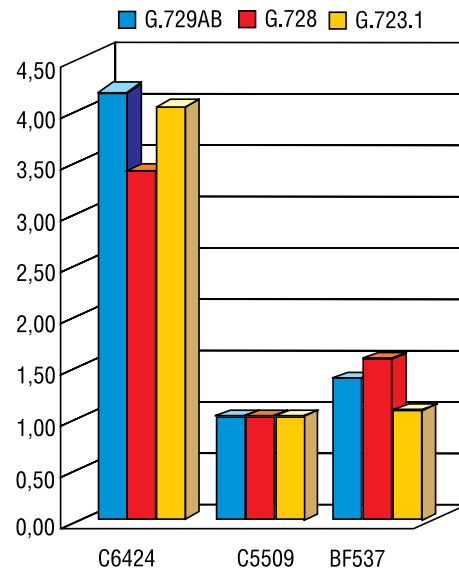


Рис. 1. Относительная производительность процессоров для задач кодирования речи

проч. В целом это дает общесистемный выигрыш в 5...15%.

Классическая двухпроцессорная система

Классической архитектурой является спарка сигнального процессора с контроллером общего назначения, например Atmel AT91RM9200 с ядром ARM9 (рис. 2). При этом сигнальный процессор выполняет все функции обработки голоса (эхоподавление, детектирование сигнализации и проч.), а контроллер несет функции сетевого интерфейса и обслуживает протокол установления соединения (Q.931, SIP, H.323 и проч.). Помимо этого на контроллер обычно возлагаются ряд дополнительных функций — начальная загрузка DSP, самотестирование и прочее.

Каков может быть межпроцессорный интерфейс? При использовании процессоров серии C64xx целесообразным является обеспечение интерфейса между ним и контроллером через высокоскоростную последовательную синхронную шину McBSP (Multichannel Buffered Serial Port), соединенную на контроллере с последовательной шиной SSP в режиме SPI. При этом необходимо иметь достаточный запас пропускной способности, который можно грубо оценить в 100 кбит/сек на один канал VoIP в каждую сторону. Так как последовательный интерфейс является байт-ориентированным, то немаловажным является необходимость применения протокола (HDLC/SDLC-подобного) для автоматической пакетной синхронизации. К сожалению, большинство выпускаемых сейчас контроллеров не имеют таких встроенных средств. Это важно учитывать при проектировании, так как программное выделение пакетной синхронизации при общей скорости потока по-

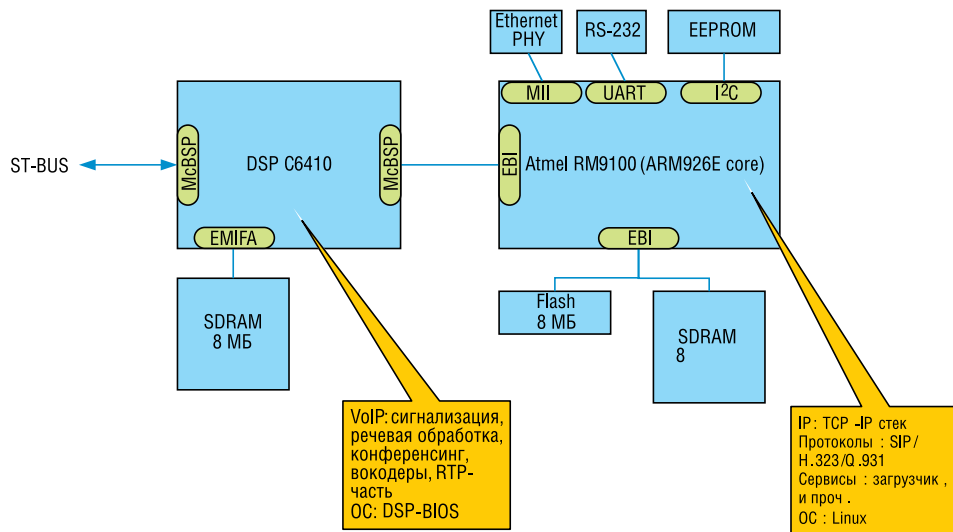


Рис. 2. Типичная двухпроцессорная конфигурация

рядка 3 Мбит/сек для RISC-процессоров с ядром ARM является ресурсоемкой задачей. Для процессоров семейства C64 это не является таковой: накладные расходы на эту задачу составляют существенно менее 1% ресурса процессора.

Другим вариантом может быть использование параллельной 16/32-бит-

ной шины прямого доступа к памяти HPI (Host Peripheral Interface). При этом доступ может быть реализован с шины EBI (External Bus Interface) контроллера и регистры HPI DSP будут отображены в память контроллера. При этом скорость доступа уже не лимитируется столь жестко, но этот вариант име-

ет два важных недостатка: во-первых, прямое подключение без дополнительной логики интерфейсов невозможно, во-вторых, программная организация межпроцессорного обмена становится более сложной (необходимо в контроллере поддерживать очереди пакетов, которые хранятся в памяти DSP).

Чем хороша такая архитектура? Первое и очевидное преимущество заключается в четком разделении задач по разработке. Специфика данных приложений заключается в том, что ПО для сигнальной обработки с достаточной быстрой адаптацией под конкретную платформу и аппаратные интерфейсы может быть приобретено у сторонних производителей. Работа же по ПО для контроллера может вестись практически параллельно, так как в значительно большей степени связана с сервисными и интерфейсными функциями конкретного изделия. Второе преимущество состоит в том, что такую систему проще наращивать, модифицировать и поддерживать, так как единая DSP-платформа может быть сопряжена с разными управляющими процессорами. Третье преимущество, которое не лежит на поверхности, но очень важно для разработчиков —

Таблица 3. Состав семейства C64xx

Процессор	Диапазон цен, \$	Тактовая частота, МГц	Внутренняя память, кбайт	Тип внешней памяти	Ядро	Выводов корпуса	Ethernet	I ² C	UART	McBSP	McASP	PCI, МГц
Классические DSP												
6410/6413	20...34	400...600	156...288	SDRAM	C64	288	—	2	—	2	2	—
6411	46	300	288	SDRAM	C64	532	—	—	—	2	—	33
6412	41...72	500...720	288	SDRAM	C64	548	10/100	1	—	2	—	66
6418	53	500...600	544	SDRAM	C64	288	—	2	—	2	2	—
6414T 6415T 6416T	140...247	500...1000	1056	SDRAM	C64	532	—	—	—	3	—	33
6454/55	123...299	720...1200	1472...2160	DDR2	C64+	697	10/ 100/ 1000	1	—	2	—	66
6452	156...188	720...1200	1472	DDR2	C64+	529	10/ 100/ 1000	1	1	2	1	66
Одноядерные процессоры DaVinci и специализированные C642x												
C6421	11...28	400...700	96	DDR2	C64+	361/376	10/100	1	1	1	1	—
C6424	21...39	400...700	240	DDR2	C64+	361/376	10/100	1	2	2	1	—
DM640/641	26...44	400...600	160	SDRAM	C64	548	10/100	1	—	2	1	—
DM642	40...60	500... 720	288	SDRAM	C64	548	10/100	1	—	2	1	66
DM643	34...46	500...600	288	SDRAM	C64	548	10/100	1	—	1	1	—
DM647/648	52...104	720...900	320...576	DDR2	C64+	529	10/100/1000	1	1	—	1	66
DM6431	13...14	300	128	DDR2	C64+	361/376	10/100	1	1	1	1	—
DM6433	18...26	400...700	240	DDR2	C64+	361/376	10/100	1	1	1	1	33
DM6435	19...27	400...700	240	DDR2	C64+	361/376	10/100	1	2	1	1	—
DM6437	24...38	400...700	240	DDR2	C64+	361/376	10/100	1	2	2	1	33
Двухядерные процессоры DaVinci												
DM6441 DM6443 DM6446	36...46	405...594	208	DDR2	C64+, ARM9	361	10/100	1	3	—	1	—
DM6467	87...105	594...729	248	DDR2	C64+, ARM9	529	10/100/1000	1	3	—	2	33

Таблица 4. DSP для работы с разным числом голосовых каналов

Кол-во голосовых каналов	DSP	Встроенная память, кбайт	Корпус	Тактовая частота, МГц	Контроллер	Тактовая частота, МГц	Кэш, кбайт
6...10	C6410	156	288 BGA	400	ARM9	120	8
	C6421	96	361 BGA	400			
8...16	C6413	288	288 BGA	500	ARM9e	180	16
16...24	C6424	240	361 BGA	600	ARM9e	240	16
	C6418	528	288 BGA	600			
24...32	C6414	1056	532 BGA	720	ARM9e	300	32

это возможность применения операционной системы Linux, портированной практически на все процессоры семейства ARM, что открывает возможность использования большого количества разработанного сервисного ПО и даже таких известных VoIP-проектов, как OpenH323 или Asterisk.

Теперь необходимо остановиться на том, какой производительностью должны обладать компоненты для работы с тем или иным количеством голосовых каналов. Данные указаны в таблице 4.

Заметим сразу, что это приближенные показатели, зависящие от множества факторов (поддерживаемые кодеки, реализация микширования для конференс-связи и т.д.).

К выбору контроллеров необходимо подойти не менее тщательно. В целом, для большинства приложений можно рекомендовать использовать контроллеры с ядром не хуже ARM9e с тактовой частотой порядка 200 МГц. Особенное внимание необходимо обратить на наличие в контроллере модуля управления памятью MMU, без которого остается использовать более простые операционные системы типа uClinux, которые требуют адаптацию разработанного под Linux программного обеспечения и существенно сужают возможности выбора из готовых компонентов.

Однопроцессорная конфигурация

Другой альтернативой для проектировщиков оборудования могут стать решения на одном кристалле (рис. 3). Опыт разработки подобных устройств показывает целесообразность применения одноядерных процессоров C6424/C6421 для количества каналов до 16 (табл. 5) и двухядерных процессоров DaVinci в более высокопроизводительных системах.

Исключительно успешные на рынке процессоры C6424 обладают встроенным Ethernet-контроллером, снабженным весьма мощным контроллером доступа в память, содержащем в себе кэш данных, кэш инструкций, DMA-контроллер и другие блоки. Это дает возможность запускать TCP/IP-стек непосредственно на сигнальном процессоре под управлением ядра DSP-BIOS.

При этом развитие средства управления очередями пакетов в контроллере не дают существенной нагрузки на процессор даже при скоростях в десятки Мбит/сек (Texas Instruments выпустила отчет, показывающий, что при скоростях 1 Гбит/сек нагрузка на DSP при приеме трафика в UDP составляет порядка 15%). Следует также отметить, что в процессорах C6424/6421 используется улучшенное ядро C64+, в целом повышающее производительность на 5...15% по сравнению с более старым ядром, использовавшимся в процессорах C641x, и избавляющее от необходимости запрещать прерывания во время выполнения аппаратных циклов, что обычно свойственно DSP-процессорам.

Все это открывает возможности плотной интеграции TCP/IP-части непосредственно с обработкой сигнала в реальном времени. Это, в свою очередь, уменьшает общую задержку, снижает накладные расходы в программном обеспечении, а также существенно упрощает аппаратное обеспечение, так как исчезает необходимость в дополнительном контроллере. Запас ресурсов сигнального процессора в 10-20% общего ресурса, как правило, более чем достаточен для обслуживания протоколов SIP, H.323 и проч., хотя, безусловно, реализация этих частей ПО требует адаптации под ядро DSP-BIOS вместо Linux.

Для обслуживания большого количества каналов целесообразно применять процессоры семейства DaVinci, но мы не сможем уделить им большого внимания в данной статье. Отметим лишь, что наиболее мощными процессорами сейчас являются DM6455 и DM6467, снабженные всеми необходимыми интерфейсами, включая 1 Гбайт/сек Ethernet, и работающие на тактовой частоте до 1,2 ГГц. Применение таких процессоров позволит увеличить плотность до 60 и более каналов на процессор и запускать VoIP-приложения с наиболее сложной программной начинкой. Относительно недавно фирма Texas Instruments начала продвижение двухядерных (ARM Cortex A8 плюс C64+) процессоров OMAP35xx, которые позиционируются как облегченный аналог процессоров DaVinci без высокоскоростных внешних интерфейсов типа PCI и VLYNQ и с существенно упрощенными видеоин-

терфейсами. Эти процессоры обладают расширенными возможностями по энергосбережению и являются хорошей альтернативой для построения VoIP-систем.

Конфигурация с хост-интерфейсом

В ряде приложений необходима плотная интеграция DSP с хост-компьютером с фактическим использованием его в качестве мощного специализированного акселератора. Самые типичные применения — транскодеры и микшеры телеконференций. В подобных применениях требуется обеспечить много каналов кодирования/декодирования речи (рис. 4).

Необходимо при этом понимать преимущества и недостатки подобной системы по сравнению с просто реализацией всех функций на PC. Очевидно, что главным преимуществом реализацией всех функций на PC является большая простота реализации, и более быстрое внедрение. Но вопрос в том, где находится предел возможностей. В типовом случае 2...3 ГГц PC может обрабатывать 20...30 каналов кодирования речи (G.729), в то время как C64 — 80...150 каналов. При этом потребление отличается кардинально: для PC это порядка 50...80 Вт, для DSP — порядка 2...3 Вт.

Таким образом, если общее количество каналов сравнительно невелико, то

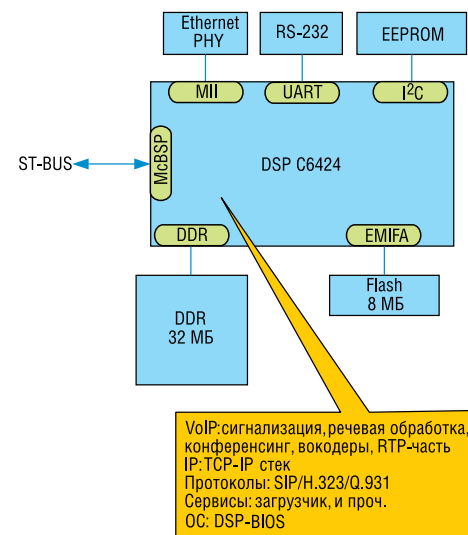


Рис. 3. Однокристалльное решение

Таблица 5. Одноядерные процессоры для разного числа каналов

Кол-во голосовых каналов	DSP	Встроенная память, кБайт	Корпус	Тактовая частота, МГц
6...10	C6421	96	361 BGA	400
8...16	C6424	240	361 BGA	500
16...24	C6424	240	361 BGA	600

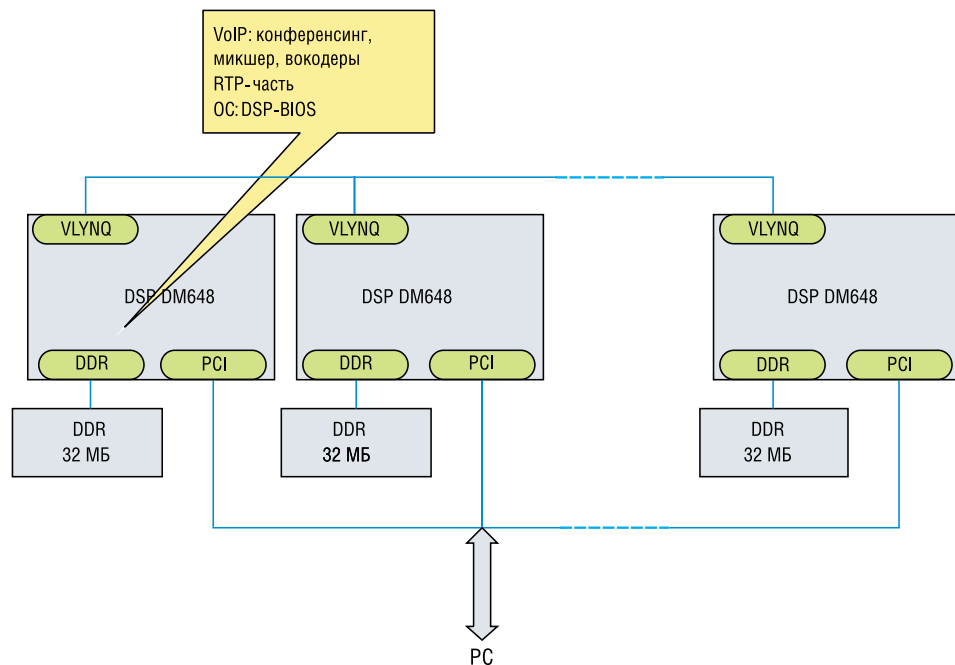


Рис. 4. Многопроцессорное решение для конференс-связи

проще нарастить систему за счет увеличения числа компьютеров, если же общее число каналов измеряется тысячами, то применение DSP становится весьма привлекательным, так как становится существенными экономия места, потребления и увеличение надежности.

Для решения подобной задачи и может быть полезна архитектура с хост-процессором. При этом несколько DSP могут быть соединены с хост-процессором через PCI. Пропускная способность шины – около 1 Гбит/сек при тактовой частоте 66 МГц, поэтому ее с избытком хватит для нескольких тысяч каналов кодирования речи. Наиболее целесообразно в подобных конфигурациях использовать процессоры DM647, 648 и 6452.

На что следует обратить внимание проектировщикам подобных систем? Во-первых, далеко не все С64х-процессоры имеют шину PCI, а в тех, которые ее имеют, выводы PCI часто мультиплексированы с другими интерфейсами и требуется внимательный анализ, не исключает ли использование PCI применение другой периферии. Например, в процессорах DM6433 выводы PCI мультиплексированы с NPI (хост-интерфейс), EMIFA (интерфейс с асинхронной памятью), VLYNQ (быстрый межпроцессорный интерфейс) и даже с видеопортом.

Во вторых, при использовании PCI, единственный вариант загрузки DSP – это только через PCI. Это несколько усложняет систему, так как DSP не может быть загружен без драйвера на хост-процессоре. Есть особенности использования PCI-интерфейса на двухъядерных DaVinci – в них регистры PCI-контроллера отображены не в памяти DSP, а в памяти ARM-ядра. Это существенно усложняет процедуру программной инициализации PCI-обмена.

В третьих, нельзя недооценивать сложности создания драйверов различного качества под операционную систему на PC, так как в подобных мультипроцессорных системах необходимо обеспечивать высокую пропускную способность при работе в режиме реального времени.

В целом можно заключить, что подобные сложные системы требуют значительного времени на разработку, связанную в первую очередь со сложностью ПО для мультипроцессорных конфигураций.

Интерфейсы

Какие важные особенности процессоров С64хх следует учитывать и на что следует обращать внимание при проектировании?

Интерфейс I²C поддерживается практически во всех процессорах. Его целе-

сообразно задействовать для подключения последовательной флэш-памяти или EEPROM, где процессор будет хранить как сетевые настройки (MAC-адрес, режим DHCP и проч.), так и начальные установки VoIP-портов (режимы работы эхокомпенсаторов и прочие тонкие параметры VoIP-стека). Как правило, EEPROM объема от 1...2 кбайт достаточно, но в тех случаях, когда требуется хранение телефонной книги, этот объем может быть существенно больше.

Интерфейс UART поддерживается процессорами C6421/C6424 и всеми процессорами DaVinci, что является выгодным для подключения сервисного интерфейса для тестирования, диагностики, обновления ПО. При двухпроцессорной реализации этот интерфейс следует поддержать на ARM-контроллере (как правило, большинство выпускаемых контроллеров им оснащены).

Интерфейс с шиной E1/T1 осуществляется с помощью преобразователей G.703 в ST-BUS, который, в свою очередь, может быть подключен к порту McBSP напрямую. Контроллер McBSP обладает большим числом возможностей, включая автоматическое преобразование данных, закодированных в A-law в линейный код с одновременной блочно-ориентированной пересылкой по шине прямого доступа в память. Таким образом, обслуживание этого аппаратного интерфейса не требует заметной загрузки процессора.

Следует также отметить наличие полезного последовательного интерфейса McASP, который оптимально подходит для подключения аналоговых кодеков. К одному интерфейсу можно подключить до десяти кодеков в режиме TDMA, что позволяет эффективно использовать место на печатной плате и упростить разводку. В сравнении с McBSP, McASP, с одной стороны, менее гибок, так как не позволяет сконфигурировать приемную и передающую часть на разные режимы и частоты синхросигналов. С другой стороны, он позволяет подключать множество кодеков в параллель, в то время как к McBSP можно подключить только один. При совместном использовании McASP с контроллером EDMA 3.0, входящим в ядро С64+, открывается возможность организации многоканального обмена с множеством кодеков без накладных расходов на пересылку и раскладывание данных в требуемом порядке.

Процессоры серий С64хх имеют множество вариантов загрузки. Однако проектировщикам необходимо учитывать тот факт, что размер программного кода может составлять величину порядка 0,5...4 Мбайт в зависимости от конфигурации ПО. Соответственно, загрузка по I²C или через McBSP с микросхем флэш-памяти с последовательным доступом со скоростями 100...250 кбит/

сек будет занимать несколько секунд, что может быть и неприемлемым. Наиболее простым решением является все-таки применение стандартной NOR флэш-памяти, которая подключается через специальную 16-битную шину к DSP. При этом загрузка будет занимать не более десятков миллисекунд.

Загрузка из NAND-флэш-памяти возможна только для процессоров C6424 и DaVinci. В реальности процесс должен быть организован достаточно сложно — вначале грузится первичный загрузчик Linux, который монтирует файловую систему на флэш-памяти, и только после этого контроллер загружает DSP через McBSP или HPI. Безусловно, время загрузки Linux лимитирует общее время выхода на режим всей системы, что в ряде случаев может быть важным фактором.

Энергопотребление

Вопрос энергопотребления не является существенным в VoIP-приложениях, так как сами по себе интерфейсы телефонных окончатий потребляют порядка одного ватта на канал. Тем не менее, приведем типовые цифры по потреблению. Само ядро процессора при полной загрузке потребляет порядка 0,5...1 Вт в зависимости от тактовой частоты, типа процессора и проч. Основным источником дополнительного потребления — память SDRAM (для C641x) или DDR (для 642x и DaVinci). Так как в значительной мере обмен с памятью кэшируется, то в целом память может потреблять также величины порядка 1 Вт. Прочие источники потребления (интерфейс с T1/E1 и проч.) вносят меньший вклад. В целом, можно оценивать максимальное потребление всей DSP-подсистемы в 2...3 Вт, а в пересчете на канал VoIP порядка 50...100 мВт на канал. При таком низком удельном потреблении обычно не возникает проблем с конструктивным исполнением, так как изделия могут работать в без принудительной вентиляции в широком температурном диапазоне и в условиях ограниченного теплоотвода.

Общая площадь, занимаемая процессорной частью, весьма невелика и может составлять порядка 0,2...0,4 дм² в зависимости от выбранного корпуса (23 или 16 мм), выбранного типа внешней памяти и плотности разводки.

Инструментальные средства и ПО

Для проектирования ПО используется среда разработки Code Composer Studio 3.3. Компилятор C64xx является одним из лучших оптимизирующих компиляторов для языка C, что практически избавляет разработчика от использования ассемблера. В состав инструментальных средств входит и ядро ОС реального времени DSP-BIOS с гра-

фическим интерфейсом для настройки. Накладные расходы, вносимые ядром на переключение задач и синхронизацию приложений, малы, однако его возможностей достаточно как для построения приложений жесткого реального времени, так и параллельной работы их с TCP-IP стеком и асинхронно выполняемыми задачами.

Texas Instruments предлагает и свои готовые программные решения для VoIP, однако развивает и рынок так называемых третьих сторон (TI's Third Parties) — независимых компаний, которые поставляют ПО, удовлетворяющее стандарту XDAIS, разработанному TI.

Решающим фактором при разработке аппаратных средств является состав ПО и выбранная конфигурация VoIP. Минимально необходимым является следующий перечень стандартных компонентов VoIP:

- сигнализационная часть: DTMF-детектор, генератор сигнализации (в России сигналы тональной частоты 425 Гц), детектор тональных сигналов 1200/2100, детектор пульсового набора;
- блоки речевой обработки: линейный эхоподавитель, генератор комфортного шума;
- вокодеры: G.711 со блоком коррекции потерянных пакетов (PLC);
- RTP-часть: джиттер-буфер, RTP-упаковщик;
- IP-часть: TCP-IP-стек с минимальным набором сервисов (DHCP, ICMP, UDP, TCP, ARP).

Более продвинутые конфигурации могут включать:

- дополнительные модули обработки: детектор голосовой активности (VAD), речевая АРУ, шумоподавитель, акустический эхоподавитель (вместо линейного), генератор сигналов АОН;
- блоки для конференс-режима: микшер, транскодер;
- разнообразные вокодеры: G.723.1 (5,3/6,3 кбит/сек), G.726 (16/24/32/40 кбит/сек), G.729AB (8/9,6 кбит/сек), G.728 (9,6/12,8/16 кбит/сек), iLBC (13,3/15,4 кбит/сек) и проч.;
- пользовательские сервисы: автоинформатор, автоответчик, голосовая почта, рингтоны;
- протоколы установления соединения SIP, H.323, Q.931;

- драйверы разнообразной периферии, сервисы обновления ПО, удаленного конфигурирования, интерфейсы с СУБД для формирования логов и проч..


Состав компонентов влияет как на объем программного кода, так и на общее количество каналов. К примеру, типовой вокодер занимает 60...100 кбайт программной памяти и требует порядка 10 MIPS (~1,6% ресурса 600 МГц процессора), а, например, автоответчик требует порядка 100 кбайт памяти на канал для записи минуты разговора. Поэтому при проектировании конкретной системы необходимо запрашивать у производителей ПО точные цифры потребления ресурсов для выбранной конфигурации системы.

Так как перечень требуемых компонентов ПО весьма велик, то проектировщикам следует обратить внимание на готовые решения в этой области, которые могут быть адаптированы под конкрет-

Texas Instruments начала продвижение двухъядерных (ARM Cortex A8 плюс C64+) процессоров **OMAP35xx**, которые позиционируются как облегченный аналог процессоров DaVinci. Эти процессоры обладают расширенными возможностями по энергосбережению и являются хорошей альтернативой для построения VoIP-систем.

ное изделие. На российском рынке представлены несколько компаний, предлагающие такие продукты. Некоторые из них также предлагают услуги комплексной разработки VoIP-решения под ключ для аппаратной платформы заказчика. Использование такого подхода сокращает сроки выпуска изделий, обеспечивает лучшее качество и большую гибкость конфигурирования и тестирования.

Выводы

Процессоры семейства C64xx и DaVinci хорошо подходят для реализации VoIP-ячеек и масштабируются от 6 до 60 каналов. Следует выделить процессоры C6424/6421 как оптимальные для построения ячеек, обслуживающих один канал T1/E1 с непосредственным выходом в IP-сеть без использования дополнительных контроллеров. Низкая себестоимость на канал (порядка \$1...2,5), малое удельное энергопотребление и занимаемая площадь печатной платы, хорошие инструментальные средства, широкий спектр готового ПО сторонних производителей делают эти процессоры привлекательными для построения телефонных станций и других устройств для многоканальной передачи голоса. 

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: dsp.vesti@compel.ru