

Аналоговые компоненты: интеграция с цифровым миром на уровне бизнеса, микросхем и встраиваемых модулей

Арсений Башмачников (Москва)

В цифровой век аналоговые компоненты остаются востребованными, причём именно цифровые технологии – в виде встроенных систем – стимулируют рост рынка аналоговых микросхем.

В 2005 г. объём рынка аналоговых микросхем составил 31,9 млрд. долл. США (по данным World Semiconductor Trade Statistics/WSTS), а в 2007 г. его объём может составить 40,1 млрд. долл. (прогноз Semiconductor Industry Association/SIA). Большой объём рынка в абсолютном выражении и его устойчивый рост определяются спросом на так называемые высокопроизводительные аналоговые компоненты (High-Performance Analog/HPA), широко используемые в цифровых встроенных системах.

Привлекательность сегмента рынка аналоговых микросхем для бизнеса подтверждается примером корпорации Texas Instruments (по данным Databeans, TI является лидером рынка аналоговых микросхем). Доходы этой компании от поставок высокопроизводительных аналоговых компонентов выросли в 2006 г. на 33%. При этом аналоговые компоненты принесли TI около 40% дохода, что совпадает с её доходами от продаж цифровых сигнальных процессоров. Доходность же «цифрового» бизнеса корпорации TI выросла вдвое меньше – на 16%, причём большей частью за счёт беспроводных технологий.

Рынок аналоговых компонентов быстро «наращивает мускулы» в т.н. развивающихся странах. Так, объём индийского рынка аналоговых ИС к 2010 г. может достичь 425 млн. долл., что соответствует совокупным среднегодовым темпам роста (CAGR) в 27,4%.

Показательно, что многие тайваньские компании, занимающиеся проектированием микросхем, наращивают активность на рынке аналоговых компонентов. И эти работы, по оценкам аналитиков, дают значительный вклад в рынок аналоговых ИС на Тайване, рост которого оценивается в 22,1% в 2006 г. (США – лишь вторые в мире по этому параметру).

HIGH-PERFORMANCE ANALOG – БОЛЬШАЯ РАЗРЯДНОСТЬ, НИЗКОЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ, ВЫСОКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Номенклатура микросхем класса HPA весьма разнообразна. Это усилители, различные системы на кристалле (SoC), АЦП и ЦАП, интерфейсные микросхемы, модули для систем связи и GPS (системы глобального позиционирования). Новые приложения – мобильная связь и глобальная навигация, сенсорные системы сбора данных и портативная измерительная техника – являются локомотивами роста как рынка HPA, так и рынка цифровых процессоров. Естественно, многие приложения нуждаются в микросхемах АЦП.

В числе анонсов 2006 г. – семейство двухканальных АЦП LTC2285/LTC2283/LTC2281 с частотой выборки 125 МГц, выпущенное компанией Linear Technology и призванное обеспечить разработчиков гибкой платформой для создания связанного оборудования на базе стандартов WiBro и WiMAX. Взаимное влияние каналов микросхем LTC2285/

LTC2283/LTC2281 составляет –110 дБ. LTC2285 поддерживает 14-разрядное преобразование при энергопотреблении всего 395 мВт/канал, обеспечивая значения SNR в 71,3 дБ и SFDR в 78 дБ при 140 МГц. Микросхемы LTC2283 и LTC2281 предназначены для 12- и 10-разрядного преобразования соответственно.

В оборудовании для беспроводной связи, а также в контрольно-измерительном, телевизионном и медицинском оборудовании может применяться микросхема АЦП типа ADS5546 от TI. Это 14-разрядный конвейерный АЦП с частотой выборки 190 МГц. За счёт применения новейшей КМОП-технологии удалось получить не только высокие рабочие характеристики ADS5546, включая производительность, но и разместить кристалл АЦП в относительно небольшом корпусе 48QFN. Наличие интерфейса LVDS и, в качестве альтернативы, параллельного интерфейса позволяет гибко организовать передачу цифровых данных. ADS5546 содержит источник опорного напряжения, что позволило отказаться от внешнего источника и снизить уровень помех.

Компания Microchip Technology в 2006 г. представила новый 18-разрядный дельта-сигма-АЦП MCP3421. Эта ИС характеризуется низким энергопотреблением (155 мкА от источника 5 В), содержит источник опорного напряжения и программируемый усилитель (PGA). АЦП типа MCP3421 предназначен для таких мобильных измерительных приложений, как считывание данных с датчиков веса и давления, медицинские измерители сердечного ритма и уровня сахара в крови, мультиметры, автомобильные датчики и измерители расхода топлива.

Во всех описанных ИС прослеживается тенденция к интеграции нескольких функциональных компонентов. В конструкции ряда новых аналоговых модулей, в частности, микросхем для связанных и интерфейсных устройств, а также SoC-микросхем, которые ещё называют системами смешанной обработки сигналов на кристалле, эта тенденция проявляется в виде поддержки разных технологий, востребованных одним приложением.

Микросхема SiRFLinkI (новое изделие компании SiRF) одновременно поддерживает технологии GPS и Bluetooth в габаритах $6 \times 8 \times 1,2$ мм. Она построена на основе ядра Bluetooth-передатчика компании NewLogic и отличается низким энергопотреблением, что обеспечивается схемой управления питанием, разработанной специалистами SiRF. В конструкции ИС также реализованы оригинальные технологии глобального позиционирования SiRFInstantFix (для работы со спутниковой системой) и SiRFLoc, которая выполняет позиционирование с помощью инфраструктуры беспроводной связи.

В линейке монолитных КМОП-усилителей мощности компании Silicon Laboratories появилась интегральная микросхема Si4300T, представляющая собой трёхдиапазонный усилитель для устройств сотовой связи GSM/GPRS в компактном корпусе $3,9 \times 6,4 \times 1,3$ мм. В отличие от аналогов, состоящих из набора кристаллов и дискретных элементов на одной подложке, Si4300T объединяет в одном кристалле функциональные узлы радиотракта от передатчика до модуля антенны (antenna switch module/ASM): контроль мощности, защита от тепловой перегрузки, фильтрация гармоник, согласование входа/выхода. Новая микросхема может поддерживать стандарты GSM 900, DCS 1800, PCS 1900 и GPRS Class 12.

Высокий уровень интеграции аналоговых и цифровых схем, достигнутый в 2006 г., демонстрирует новый микроконтроллер (МК) ADuC7128 компании Analog Devices. Этот МК объединяет в одном корпусе вычислительное ядро ARM7TDMI и набор аналоговой периферии, необходимые для управления двигателями и систем «интеллектуального»

сбора данных. Широкий температурный диапазон ($-40...+85^{\circ}\text{C}$) ориентирует ADuC7128 на промышленных потребителей, а развитая аналоговая периферия (12-разрядный 10-канальный АЦП со скоростью сбора данных 1 мегавыборка/с, 6-канальный ШИМ, квадратурный модулятор, цифровой синтезатор частоты с 10-разрядным ЦАП и НЧ-фильтром, компаратор, температурный датчик, порты UART и подсистема программируемой логики) обеспечивает построение различных систем управления и беспроводных датчиков.

Семейство 8-разрядных микроконтроллеров PIC18F4523 компании Microchip Technology содержит многоканальный быстродействующий АЦП с разрядностью 12 бит. Приборы рекомендованы производителем для построения медицинских устройств, систем измерений в промышленности и коммунальном хозяйстве. Фирменная технология управления энергопотреблением nanoWatt позволяет использовать новые МК в устройствах с батарейным питанием. В составе периферийных подсистем МК нового семейства насчитываются: два аналоговых компаратора, один или два модуля захвата/сравнения/ШИМ, интерфейсы I²C и SPI, модуль USART с поддержкой RS-485, RS-232 и LIN, один 8-разрядный и три 16-разрядных таймера, а также генератор тактовых импульсов.

Подобные микросхемы SoC, в которых цифровая и аналоговая части образуют единое целое, позволяют строить более компактные системы мониторинга оборудования, физиологических параметров человека в процессе труда, отдыха или занятий спортом, малогабаритные измерительные приборы и системы обеспечения безопасности. Ранее в таких приложениях, особенно ориентированных на массовый спрос, использовались специализированные микросхемы (ASIC), которые осуществляли первоначальную обработку аналоговых сигналов, их преобразование в цифровой формат и функции связи. Однако подобные решения не позволяют оперативно реагировать на появление новых типов датчиков физических параметров и/или коммуникационных стандартов. Кроме того, использование ASIC в ряде случаев затрудняет учёт темпе-

ратуры окружающей среды, старения датчиков и других изменяющихся факторов.

Современная микросхема SoC компании TI на базе программируемого МК семейства MSP430 с аналоговой периферией обеспечивает (без дополнительных компонентов) усиление входного сигнала с помощью интегрированного усилителя с программируемым коэффициентом передачи, оцифровку нормированного сигнала с помощью АЦП, а встроенные источник опорного напряжения и температурный датчик позволяют скорректировать некоторые виды погрешностей. Вся периферия семейства MSP430 разработана с учётом минимизации программных ресурсов: автоматическое сканирование каналов АЦП, аппаратный запуск начала преобразования и поддерживают технологию прямого доступа к памяти. Это позволяет упростить код программы и снизить энергопотребление за счёт уменьшения загрузки интерфейса.

В 2006 г. корпорация Texas Instruments начала поставки образцов микроконтроллеров новой серии MSP430FG461x. Они предназначены для построения медицинских приборов (например, измерителей содержания сахара и кислорода в крови, беспроводных электрокардиографов и т.п.). Периферия МК серии FG461x содержит 12-канальный 12-разрядный АЦП с частотой выборки 200 кГц, 12-разрядный ЦАП, три ОУ, драйвер ЖК-дисплея с регулируемой подкачкой заряда, часы реального времени, 32-разрядный счётчик, интерфейсы UART, IrDA, SPI и I²C.

Микроконтроллеры семейства MSP430 имеют встроенную функцию zero-power brownout reset, которая отслеживает напряжение питания. Если оно становится меньше уровня, минимально необходимого для безопасного выполнения кода, микроконтроллер переводится в состояние ожидания (с минимальным потреблением), пока уровень напряжения не восстановится.

При отказе внешнего кварцевого генератора (если такой используется) обеспечивается автоматический переход на внутренний RC-генератор и генерация немаскируемого прерывания, что позволяет продолжить работу. Специальный фильтр на входе для подключения внешнего

кварцевого резонатора уменьшает уровень ВЧ-помех, повышая надёжность и стабильность работы генератора.

Используемый в MSP430 «сторожевой» таймер (watchdog timer, WDT) обеспечивает перезагрузку системы в случае сбоя или зависания программы. Если в качестве источника сигнала синхронизации сторожевого таймера будет выбран неисправный кварцевый генератор, то схема защиты таймера автоматически переключит таймер на внутренний RC-генератор.

Упомянутые особенности позволяют применять микроконтроллеры MSP430 в оборудовании, от которого требуется повышенная надёжность, например, в устройстве обеспечения безопасной работы с электропилы. Микроконтроллер MSP430F4270, содержащий 16-разрядный дельта-сигма-АЦП и драйвер ЖК-дисплея, позволил компании Pelagic Pressure Systems реализовать недорогую и надёжную беспроводную систему мониторинга оборудования для подводных погружений по заказу Министерства обороны США.

С ЗАБОЙ О РАЗРАБОТЧИКАХ: АНАЛОГОВЫЕ МОДУЛИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Особенностью проектирования аналоговых ИС и систем в целом является высокая сложность этого процесса. Для подготовки и становления «аналогового» инженера необходимо как минимум 5 лет, в то время как инженера в области проектирования цифровых схем можно подготовить за два-три года. Поэтому активно развивающимся сегментом рынка встроенных систем является разработка модулей ввода/вывода аналоговых сигналов, реализующих поддержку целого ряда функций по усилению сигнала, аналого-цифровому преобразованию, фильтрации, переносу по частоте и т.п. Это позволяет разработчикам конечных систем сосредоточиться на создании программного обеспечения приложений, не вникая в тонкости аналоговых схем.

Широкое внедрение в промышленность технологий позиционирования GPS и сотовой связи GSM/GPRS привело к появлению на

рынке модульных компонентов, подобных GPS-приёмнику CG2-SHANTY компании EKF Elektronik (модуль формата CPCI) и модулю COM-1289 компании Eurotech; CG2-SHANTY может работать с пассивными и активными антеннами и позволяет определять, помимо географических координат (точность 3 м), ещё и скорость, а также осуществлять временную привязку к глобальному времени (UTC) с погрешностью 1 мкс.

Модуль COM-1289 компании Eurotech предназначен для интеграции в промышленные системы, наряду с технологией GPS, беспроводных коммуникаций GSM/GPRS. Модуль COM-1289 выполнен в формате платы PC/104. Он обеспечивает точное позиционирование на базе технологии GPS и поддерживает беспроводную связь на частотах 900/1800 МГц и 1900 МГц. В основе GPS-подсистемы COM-1289 – приёмник Fastrax iTrax03, обеспечивающий определение координат в условиях городской застройки и в лесистой местности. GSM/GPRS-подсистема COM-1289 построена на базе трёхдиапазонного модуля беспроводной связи Siemens MC55. Набор встроенных интерфейсов для подключения периферийных устройств к COM-1289 включает два RS-232 (16C550) порта и стандартный UART.

Среди новинок 2006 г. в этом сегменте рынка можно отметить модуль Micronix PV-1800. Он предназначен для дистанционного сбора данных и способен работать в условиях вибрации и ударных нагрузок. Модуль содержит 12-разрядный АЦП с 8 изолированными входами, линии цифрового ввода (8 каналов)/вывода (7 токовых каналов), систему поддержки GPRS/GSM и источник питания мощностью 20 Вт (входное напряжение 8...35 В, выходное – 5 В/4 А). Интеграция модуля Micronix PV-1800 с процессорным модулем позволяет создать законченную систему сбора данных с передачей информации по каналу GPRS (протокол TCP/IP).

На примере модулей CG2-SHANTY/COM-1289/Micronix PV-1800 видно, как гибко выстраивается линейка рыночных предложений, позволяющая разработчику выбрать требуемую аналого-цифровую подсистему: от простого позиционирования и связи до интегрированной

системы сбора данных с беспроводным каналом.

«Среднескоростную» систему сбора данных образуют модули PCI 230+ и PCI 260+ компании Amplicon с шиной PCI; 16-разрядные АЦП, размещённые на этих платах, имеют максимальную частоту дискретизации 500 кГц. Модуль PCI 230+ позволяет также генерировать аналоговые сигналы по одному или двум каналам. Наличие ПЛИС (FPGA) в конструкции модернизированных модулей обеспечивает гибкую настройку в различных OEM-системах.

Новые модули DC152 (2 канала) и DC122 (1 канал) компании Acqiris позволяют реализовать систему сбора данных с производительностью до 4 Гвыборок/с на базе стандартной шины PCI. Схемотехника входных каскадов обеспечивает выбор режимов фильтрации, быстрое восстановление после бросков амплитуды входного сигнала и встроенную калибровку без отключения сигнала. Уникальной элементной базой модулей DC152 и DC122 является набор специализированных микросхем XLFidelity и JetSpeed II, разработанные инженерами Acqiris. Программируемый чипсет XLFidelity предназначен для предварительной обработки сигнала, усиления и перемежения каналов. Микросхемы JetSpeed II поддерживают распределение сигналов синхронизации и передачу данных в память. В конструкции модулей DC152 и DC122 использованы также микросхемы АЦП типа TS83102G0B компании Atmel.

Большой популярностью пользуются модули ввода аналоговых сигналов, подключаемые к базовой системе (например, к персональному компьютеру) через интерфейс USB. Этому способствует стандартизация интерфейса, высокая пропускная способность, простота подключения (технология plug & play), возможность питания модуля сбора данных через интерфейс USB.

На этом сегменте рынка в 2006 г. компания Advantech представила новое семейство модулей USB 47xx. Модуль USB-4718, например, имеет пять входных каналов для подключения термодатчиков. Точность измерений при этом составляет 0,01%. Модуль USB-4716 имеет 16 аналоговых входов, обеспечивающих 16-разрядную

оцифровку с частотой 100 кГц, и 16 линий цифрового ввода/вывода. Работа новых модулей поддерживается развитыми средствами программной поддержки измерений и обработки данных (в том числе, программными пакетами ActiveDAQ Pro и LabVIEW), позволяющими быстро создавать специализированные приложения.

В 2006 г. компания Data Translation выпустила модули сбора данных DT-9832/DT-9832A на основе интерфейса USB 2.0. Они имеют 2/4 канала аналогового ввода, поддерживаемых индивидуальными АЦП с разрешением 16 бит (эффективная разрядность ENOB составляет 14,1 бит). Двухканальный модуль имеет частоту дискретизации 2 МГц, а 4-канальная версия – 1,25 МГц. Помимо аналогового ввода, новые модули имеют 32 канала цифрового ввода/вывода, два счётчика/таймера (32 бита), которые могут использоваться как тахометрические входы, а также три квадратурных декодера, позволяющих определять две координаты и угол поворота при использовании модулей в составе систем управления. Все системы ввода/вывода модулей DT-9832/DT-9832A могут работать синхронно и гальванически развязаны с интерфейсом USB 2.0.

Особенностью конструкции современных модулей сбора данных является широкое использование ПЛИС (FPGA), конфигурируемых под конкретное приложение. Функциональные возможности новейших ПЛИС позволяют реализовать и простой UART, и сложную подсистему цифровой обработки сигналов. Например, новый модуль компании MEN Mikro Elektronik является гибкой платформой для разработки специализированных систем на основе IP-ядер от компаний Altera и MEN и матрицы ПЛИС. Разработчикам предлагаются IP-ядра для реализации таких интерфейсов, как RS-232, HDLC и Ethernet.

В спектре конструкций и системных шин современных встраиваемых модулей аналогового сопряжения (ввода/вывода) используется весь набор стандартов: от PC/104 (в основе оригинальных модулей PC/104 была шина ISA), CPCI и PMC (на основе шины PCI) до новых спецификаций VITA 42 XMC и AdvancedMC, которые применяют высокоскоростные последовательные

системные интерфейсы, в т.ч. Rapid I/O и PCI Express.

В линейке изделий компании Mercury Computer Systems в 2006 г. появилось новое семейство XMC/PMC модулей Echotek Series ECV4-2, отличающихся системами ввода/вывода и функциональными возможностями. Эти модули предназначены для смешанной обработки сигналов и предлагаются в 2- и 4-канальных конфигурациях, с разными наборами АЦП и ЦАП, для разных полос пропускания и частот преобразования. XMC-модули нового семейства работают с входными сигналами в полосе до 1,5 ГГц. Конфигурация из нескольких модулей может поддерживать синхронный сбор данных, что важно в приложениях РЭБ и локации (системы классов SIGINT, ELINT). Вычислительная часть новых модулей реализована на базе ПЛИС типа Xilinx Virtex 4, позволяющих реализовывать специальные алгоритмы обработки сигналов, включая сдвиг сигналов по частоте (digital down/up conversion), БПФ и фильтрации.

**ПРЕТЕНДЕНТЫ НА НАГРАДЫ
КОНКУРСА ЖУРНАЛА EDN
В НОМИНАЦИИ
«АНАЛОГОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ»
(по материалам журнала EDN,
www.edn.com)**

Журнал EDN проводит ежегодный конкурс EDN Innovation Awards, призванный отмечать наиболее интересные, инновационные разработки. В 2006 г. в число претендентов на награду в номинации «Аналоговые компоненты» вошли звуковой усилитель-контроллер FSA95601 компании Freescale Semiconductor, микросхема драйвера светодиодов CAT3636 от Catalyst Semiconductor и созданный Linear Technology генератор LTC6908. Что привлекло внимание экспертов к этим приборам?

Как известно, стандартные звуковые усилители, работающие в классе D, чувствительны к изменениям напряжения питания. Новая микросхема 6-канального звукового усилителя-контроллера FSA95601 компании Freescale Semiconductor весьма устойчива к скачкам напряжения и повышенной температуре, обладает хорошей способностью к подавлению щелчков при включении/выключении звуковых систем. Работу ИС сопровождает низкий уровень электро-

магнитных помех. В конструкции FSA95601 использована технология цифровой обратной связи на основе 24-разрядного ЦПОС и запатентованной технологии преобразования входной ИКМ в ШИМ. Это позволило получить впечатляющие для усилителей в классе D характеристики: уровень общих гармонических искажений – 120 дБ и уровень интермодуляционных искажений – 110 дБ. По мнению экспертов EDN, усилитель-контроллер FSA95601 компании Freescale Semiconductor является мировым лидером в этом классе ИС. В числе областей применения FSA95601 – автомобильные звуковые системы с выходной мощностью от 50 до 100 Вт на канал. Схема FSA95601 защищена девятью патентами, ещё три заявки находятся в стадии рассмотрения.

ИС драйвера светодиодов на базе генератора подкачки заряда (charge-pump/boost converter) CAT3636 имеет эффективность 92%. При этом она реализует четырёхмодовый режим работы с показателями отношения выходного напряжения к входному 1х, 1,5х, 1,33х и 2х, тогда как большинство конкурирующих микросхем реализуют лишь три режима 1х, 1,5х и 2х. Добавление ещё одного режима не потребовало дополнительного конденсатора, как у конкурирующих четырёхмодовых решений, а режим 1,33х реализуется при сниженном токе переключения, что уменьшает шум от источника питания.

Одной из проблем импульсных генераторов является повышенный уровень излучения электромагнитных помех. Компания Linear Technology разработала полупроводниковый генератор LTC6908 с перераспределением спектра ЭМИ за счёт использования интеллектуального управления частотой генерации. При помощи единственного резистора генератор программируется на любую частоту в диапазоне 50 кГц...10 МГц. Рабочий температурный диапазон приборов CAT3636 и LTC6908 составляет –40...+125°C.

Безусловно, описанные в статье микросхемы не исчерпывают всего многообразия функций, которые выполняют аналоговые ИС в современной электронике. Многообразие задач определяет гигантский объём рынка аналоговых компонентов и его важность для совершенствования конечного оборудования.

