

АЦП И ЦАП КОМПАНИИ FUJITSU – НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ВЫСОКАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

И.Романова

В условиях быстрорастущего спроса на высокопроизводительные вычисления компания Fujitsu разрабатывает системы с интеллектуальными функциями, которые не только имеют оптимальные рабочие характеристики, но и отличаются минимальной сложностью и стоимостью. Сегодня компания занимается выпуском аудио- и видеотехники, программного обеспечения, электронных компонентов и других изделий электронной техники. Она предлагает полный спектр высокотехнологичных продуктов, решений и услуг в области информационных и коммуникационных технологий.

В корпорацию Fujitsu Ltd. входят 540 дочерних компаний и 20 совместных предприятий. Наиболее известные: Fujitsu Electronics Inc., Fujitsu Laboratories Ltd., Fujitsu Telecom Networks Ltd., Fujitsu Microelectronics Ltd. и др. История компании началась в 1923 году с деятельности в сфере телекоммуникаций. Но с 1954 года, после выхода в свет компьютера FACOM100 (Fuji Automatic Computer), созданного специалистами компании, за ней прочно закрепилась репутация лидера среди поставщиков высоких технологий на мировом рынке.

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ АЦП И ЦАП КОМПАНИИ FUJITSU SEMICONDUCTOR EUROPE

Непрерывно растущая потребность в увеличении полосы пропускания и трафика оптических систем связи и, следовательно, в совершенствовании глобальной сетевой инфраструктуры, очевидно, приведет к использованию систем с пропускной способностью 100 Гбит/с в городских сетях средней дальности (до нескольких сотен километров). Ранее такие системы применялись только

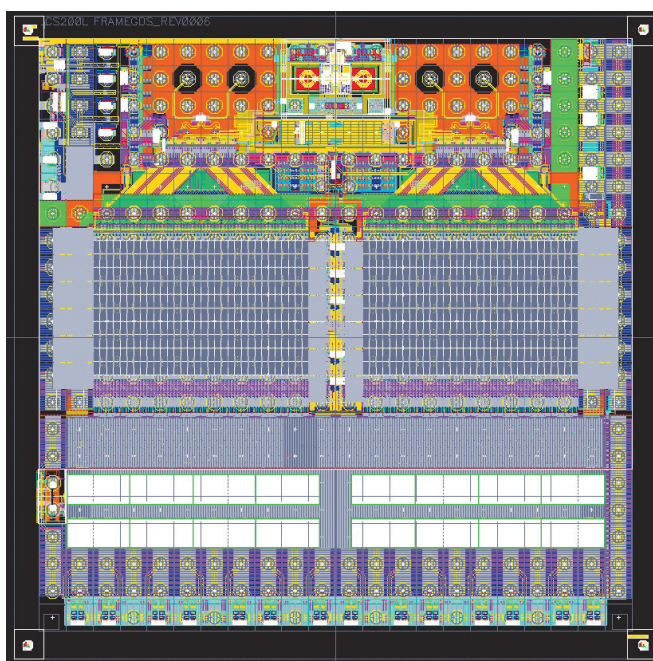


Рис.1. Аналого-цифровой преобразователь, выполненный по 28 нм-технологии КМОП

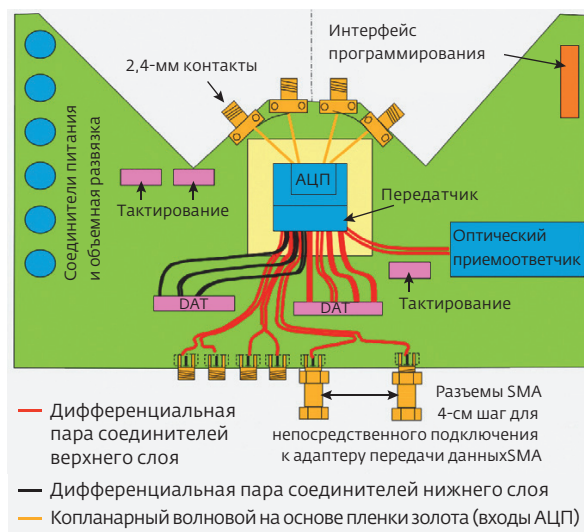
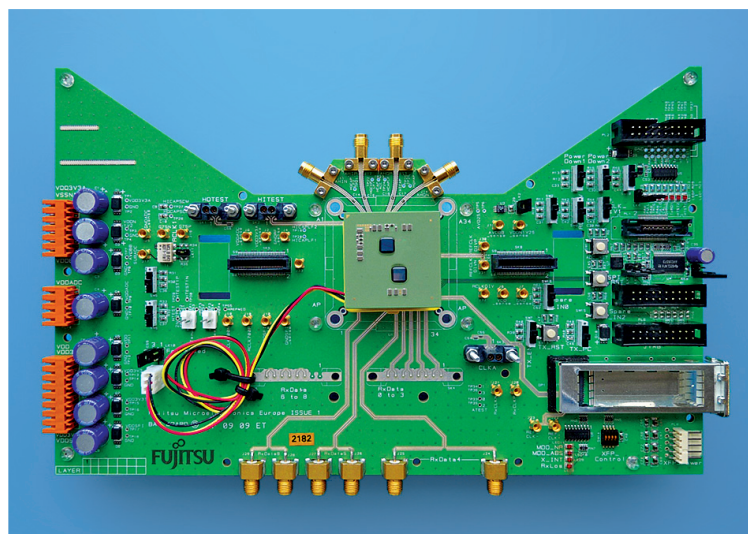


Рис.2. Оценочная плата для АЦП, выполненного по 28-нм технологии КМОП

в междугородних сетях протяженностью в тысячи километров. Однако вследствие увеличения плотности портов системы на кристалле должны обеспечивать высокую пропускную способность и спектральную эффективность сети средней протяженности. А это потребует применения в схемах модуляции выходного каскада преобразователей с более высокой частотой дискретизации. К энергопотреблению и стоимости линий средней протяженности предъявляются более жесткие требования, чем к этим же параметрам линий большей протяженности. Частота дискретизации АЦП для высокоскоростных линий передачи средней протяженности должна быть не менее $56 \cdot 10^9$ операций/с, а разрешение – не менее шести разрядов.

Большой опыт разработки перспективных микросхем смешанного типа (на основе аналоговых и цифровых элементов), сочетание передовой КМОП-технологии и новой запатентованной архитектуры позволили компании Fujitsu Semiconductor Europe разработать высокоскоростные преобразователи для инфраструктур систем связи без увеличения их энергопотребления. По 28-нм КМОП-технологии созданы высокоскоростные АЦП третьего поколения с частотой дискретизации $55 \cdot 10^9$ – $70 \cdot 10^9$ операций/с и регулируемой шириной полосы аналогового сигнала (рис.1), а также ЦАП с той же пропускной способностью. В АЦП используется разработанная в компании технология чередующейся дискретизации в режиме загрузки (CHArge-mode Interleaved Sampler technology, CHAIS), позволяющая реализовывать АЦП по КМОП-технологии с высокими скоростями дискретизации и разрешением. Достоинства CHAIS

АЦП – малое энергопотребление и возможность интеграции нескольких миллионов вентилях на одном кристалле.

Частота дискретизации последующих моделей преобразователей, выпущенных в 2013 году, составила $38 \cdot 10^9$ – $92 \cdot 10^9$ операций/с. Все преобразователи представляют собой восьмиразрядные устройства с возможностью сокращения энергопотребления за счет уменьшения пропускной способности и могут быть использованы в конфигурациях с различным числом каналов. Компания предлагает три модели, различающиеся частотами дискретизации:

- модель F ($68 \cdot 10^9$ – $92 \cdot 10^9$ операций/с);
- модель T ($55 \cdot 10^9$ – $74 \cdot 10^9$ операций/с);
- модель S ($8 \cdot 10^9$ – $50 \cdot 10^9$ операций/с).

Напряжение питания преобразователей составляет $-0,88$; $1,0$ и $1,8$ В, максимальное напряжение входного дифференциального аналогового сигнала – 500 мВ. Двухканальные АЦП поставляются с одной,

двумя и четырьмя IQ-парами АЦП. Монтируются АЦП методом перевернутого кристалла.

Для оценки новых 28-нм CHAIS-преобразователей компания выпустила специализированную оценочную платформу аппаратных и программных средств (рис.2). Испытываемые микросхемы семейства 8-разрядных АЦП с частотой дискретизации $38 \cdot 10^9$ – $92 \cdot 10^9$ операций/с имеют четыре канала (две пары IQ АЦП). Каждый канал располагает оперативной памятью объемом 512К×8 бит. Через интерфейс SPI схемы и USB/FPGA-интерфейс оценочной платы возможен доступ к памяти схемы.

Области применения новых АЦП Fujitsu – сетевое оборудование: от внутренних соединений серверов в вычислительных центрах до оптических линий связи.

ЦАП, выпускаемые компанией Fujitsu Semiconductor Europe (см. таблицу), хорошо известны

производителям сетевого и измерительного оборудования. Во всех преобразователях используется технология CHAIS.

Более подробно о некоторых из них.

MB86060 – 12-разрядный ЦАП с производительностью $400 \cdot 10^6$ операций/с. Высокая производительность в сочетании с низким энергопотреблением (343 мВт на вход) делают их особенно востребованными для высокопроизводительных систем связи. Изготавливаются по КМОП-технологии с проектными нормами 0,35 мкм. Работают в промышленном диапазоне температур от -40 до 85°C.

MB86061 – 12-разрядный цифроаналоговый преобразователь с производительностью $400 \cdot 10^6$ операций/с. Устройство изготовлено по КМОП-технологии с топологическими нормами 0,35 мкм. Благодаря усовершенствованию

Основные характеристики цифроаналоговых преобразователей компании Fujitsu Semiconductor Europe

Марка	Разрядность, бит	Производительность, операций/с	SFDR, дБ	Технология	Напряжение питания, В	Мощность потребления, Вт	Тип корпуса	Особенности
MB86060	16	$0,4 \cdot 10^9$	–	КМОП, 35 нм	3,0–3,6	0,343	LQFP-80	16-разрядный интерполяционный фильтр на входе
MB86061	12	$0,4 \cdot 10^9$	86	КМОП, 35 нм	3,0–3,6; –(1,8–2,2)	0,308	QFP-64	ECL-интерфейс
MB86064	14	10^9	74	КМОП, 18 нм	3,0–3,6; 1,7–2	0,590	EFBGA-120	2 канала, LVDS-интерфейс, 2 ППЗУ форм-сигналов
MB86065	14	10^9	74	КМОП, 18 нм	3,0–3,6; 1,7–2	0,750	EFBGA-120	Входной LVDS-интерфейс данных, LVCMOS-интерфейс управления, 2 ППЗУ (16 Кбайт) форм-сигналов
MB86066	14	$12 \cdot 10^9$	69	КМОП, 18 нм	3,0–3,6; 1,7–2	2,2	EFBGA-120	Входной LVDS-интерфейс, ППЗУ (16 Кбайт) форм-сигналов

SFDR – динамический диапазон, свободный от паразитных составляющих

Для всех ЦАП: диапазон рабочих температур – от -40 до 85°C

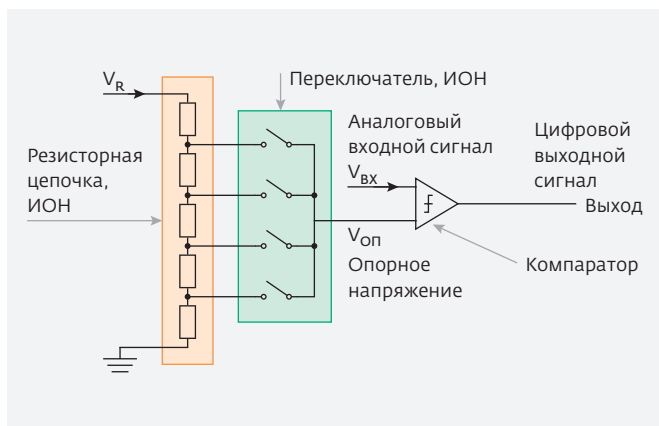


Рис.3. Схема стандартного АЦП

технологического процесса улучшена изоляция между аналоговыми и цифроаналоговыми блоками.

Характеристики MB86061:

- динамический диапазон, свободный от паразитных составляющих (SFDR), – 86 дБ на частоте 10 МГц;
- низкое энергопотребление – 308 мВт при производительности $300 \cdot 10^6$ операций/с;

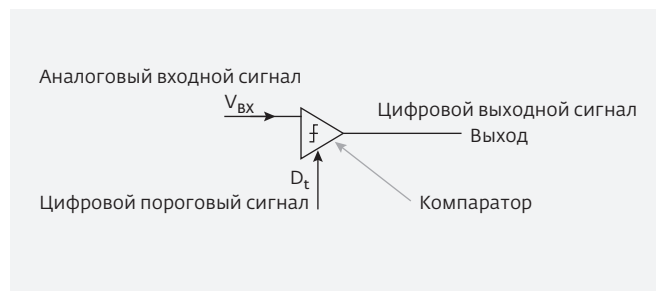


Рис.4. Принцип работы компаратора, разработанного в компании Fujitsu Lab

- напряжение питания – 3,3 и –2 В;
- диапазон температур – от –40 до 85°C.

Выпускается ЦАП MB86061 в 64-выводном корпусе типа QFP.

MB86066 – 14-разрядный ЦАП с производительностью $12 \cdot 10^9$ операций/с. Предназначен для применения в системах тестирования и измерения, в широкополосных кабельных коммуникационных системах, в средствах многодиапазонной радиосвязи, а также в устройствах преобразования сигналов в ВЧ- и СВЧ-диапазонах. Отношение сигнал/шум составляет 69 дБ на частоте 2,16 ГГц.

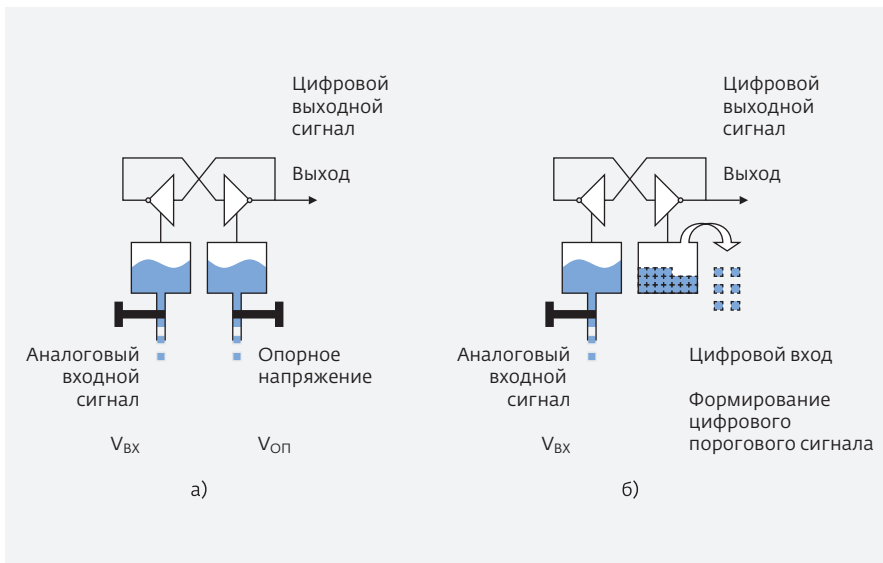


Рис.5. Сравнение принципов работы компараторов: стандартного (а) и разработанного в компании Fujitsu Lab (б)

Каждый порт входного интерфейса LVDS (два и четыре порта) поддерживает скорости передачи данных $3 \cdot 10^9$ и $6 \cdot 10^9$ операций/с. Потребляемая мощность составляет 2,2 Вт при производительности $12 \cdot 10^9$ операций/с.

Микросхема ЦАП содержит модуль памяти, необходимый для загрузки программы тестирования при использовании MB86066 в измерительных системах.

НОВАЯ СТРУКТУРА АЦП КОМПАНИИ FUJITSU LABORATORIES

Обычный АЦП сравнивает напряжение внешнего аналогового сигнала с напряжением источника опорного напряжения и преобразует его в цифровой вид (оцифровывает). Для получения эталонного напряжения используется стандартная резисторная цепочка (рис.3). Кроме того, для изменения значения опорного напряжения необходимы ключи. Однако несмотря на успехи, достигнутые в полупроводниковой технологии, гарантировать высокие скорости переключения пока еще трудно, так как изготовить интегральные элементы АЦП с большой точностью и исключить разброс их параметров технологически невозможно, а именно эти факторы и определяют высокочастотные характеристики АЦП.

Чтобы решить проблему повышения скорости обработки сигнала АЦП, компания предложила совершенно новое решение, не требующее ни резисторной цепочки для генерации

опорного напряжения, ни ключей для установления его уровня (рис.4, 5). Вместо опорного напряжения используется цифровой пороговый уровень. А именно, в компаратор поступает квантованный ток и путем регулировки числа квантованных значений устанавливается пороговый уровень, с которым и сравнивается поступающий аналоговый сигнал (см. рис.5)

Поскольку в новой схеме нет резисторов, нет и статического тока (~ 1 мА), необходимого для генерации опорного напряжения, и, следовательно, уменьшается мощность, потребляемая АЦП. А так как для установления уровня опорного напряжения не нужны ключи, быстро-

действие схемы увеличивается. Таким образом, характеристики схемы существенно улучшаются. Действительно, частота дискретизации нового АЦП составляет $1 \cdot 10^9$ операций/с, разрешение – 6 бит, потребляемая мощность – 9,9 мВт. При этом площадь АЦП равна всего $0,04$ мм². На сегодня это самое миниатюрное устройство среди аналогов. По утверждению разработчиков, в многоканальном режиме с временным уплотнением можно получить частоту дискретизации АЦП, равную нескольким десяткам миллиардов операций в секунду, и тем самым улучшить производительность систем, в которых они используются.

Что же дает эта структура АЦП? Уменьшение площади, потребляемой энергии и значительное повышение скорости преобразования.

Компания намерена использовать новую технологию в различных устройствах, в том числе в интерфейсах объединительных плат схем серверов. Планирует компания применить эту технологию и при разработке других аналоговых устройств.

По материалам сайтов:

- http://www.info-fujitsu.com/Fujitsu_Image_Bank/d/18010-1/C66-Factsheet+Rotta_web.pdf
- <http://www.pvsm.ru/news/29638/print/>
- http://www.fujitsu.com/emea/news/pr/fseu-en_20130312-1054-fujitsu-adc-28nm-cmos-converter.html
- <http://www.fujitsu.com/global/news/pr/archives/month/2012/20120423-02.html>