

Мощность правила (12) равна единице, так как вероятность ошибки второго рода $\beta_2 = P(U_m \geq U_1 | H_1) = 0$. Вероятность ошибки первого рода согласно методики, приведенной в [2], определяется как $\alpha_2 = \lambda^n$. В случае, когда $\lambda = 3^{-0,5}$, $n = 4$, правило (12) позволяет различать рассматриваемые сигналы с $\alpha_2 \approx 0,13$, $\beta_2 = 0$. При использовании (1) и возведении в степень $r = 20$ для рассматриваемого случая в [1] получено $\alpha_1 = 0,23$; $\beta_1 = 0,01$. Учитывая (2), можно сделать вывод о том, что в рамках ИАРП реализуется правило различения рассматриваемых сигналов более эффективное и простое в реализации, чем (1).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мик Дж. Обнаружение случайных сигналов.— М.: Мир, 1986.— 494 с.
2. Крамер Г. Математические методы статистики.— М.: Мир, 1975.— 648 с.

Сумской госуниверситет.

Поступила в редакцию 11.02.99.

УДК 621.372

СЛЮСАР В. И.

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ АЦП: ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

На основе поиска в Интернет приведен обзор основных параметров лучших быстродействующих АЦП ведущих мировых производителей, дан прогноз ближайших перспектив их развития.

Одним из факторов, определяющих прогресс в области цифровой обработки сигналов, является, как известно, развитие элементной базы, в частности, совершенствование аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Цель статьи состоит в обобщении информации о достижениях ведущих мировых производителей АЦП и ближайших перспектив в освоении выпуска этого типа электронной продукции.

Стремительный прогресс в развитии микропроцессорной техники и теории цифровой обработки сигналов до предела обострил проблему несоответствия быстродействия и разрядности электроники аналого-цифрового преобразования данных возросшим возможностям вычислительных средств. Сегодня уже никого не удивит 64-битным процессором с тактовой частотой 500 МГц, тогда как даже 32-разрядные ИС АЦП для частоты дискретизации 100 МГц являются запредельной фантастикой.

Можно указать достаточно много причин такого положения дел, в числе которых не последнюю роль сыграли ограничительные мероприятия в интересах оборонных ведомств, а также просчеты экспертного персонала ведущих мировых производителей в выборе приоритетных направлений научно-технической политики. Характерным примером таких просчетов является затянувшаяся приверженность ряда известных компаний-производителей АЦП, в частности Maxim Integrated Products (www.maxim-ic.com) и Signal Processing Technologies, Inc. (www.spt.com) технологии ЭСЛ. Создав самые скоростные в мире серийные АЦП, лучшие образцы которых представлены в табл. 1, эти компании не смогли вложить достаточных средств в развитие технологий с ТТЛ-совместимыми уровнями сигналов. Сейчас их 10- и 12-разрядные АЦП с ТТЛ-выходом (MAX1161, MAX1172 и SPT7871, SPT7922 соответственно) проигрывают в производительности аналогичным микросхемам конкурентов. В то же время, Harris Semiconductor (www.semi.harris.com), вовремя сориентировавшись в набиравшей силу тенденции укоренения микропроцессорных стандартов в цифровых технологиях, удачно перешла от посредственной модели ЭСЛ-ряда HI1276 (8-бит, 500 МГц такт, табл. 1) к производству конкурентоспособных АЦП ТТЛ-линии HI5762 и HI5865.

В 2000¹ году борьба за рынок АЦП будет разворачиваться в плоскости пятивольтовой ТТЛ-логики и ее трехвольтовой модификации, путем перехода от 10-разрядных к 12- и 14-разрядным АЦП с тактовой частотой выше 65 МГц и полосой частот входного сигнала до 1 ГГц. Отсутствие анонсов новых продуктов такого уровня со стороны National Semiconductor Corp. (www.national.com), Philips Semiconductors (www.semiconductors.philips.com), а также упомянутых уже Maxim Integrated Products и Signal Processing Technologies (табл. 1) дают основания ожидать, что гонка за лидерство развернется на этот раз среди таких ведущих производителей АЦП коммерческой линии, как Analog Devices (www.analog.com), Lucent Technologies, Inc. (www.lucent.com) и Burr-Brown Corporation (www.burr-brown.com).

Относительно предельной тактовой частоты АЦП наиболее солидными являются позиции фирмы Analog Devices. Ее анонсированная 10-разрядная модель AD9410 будет иметь частоту дискретизации 200 МГц при максимальной полосе входного аналогового сигнала 400 МГц. При этом обеспечена возможность сепарации отсчетов по номеру следования на четную и нечетную выборки, что представляет интерес, например, для реализации цифровых фазовых детекторов. Использование 12-разрядного АЦП AD9432, начало продаж которого планировалось в мае 1999 г., позволит, в частности, обрабатывать радиосигналы метрового диапазона волн непосредственно на несущей, поскольку входная полоса частот этих моделей составляет 500 МГц, а предельная частота дискретизации 100 МГц.

Таблица 1

Фирма-производитель	Марка АЦП	Разрядность, бит (по умолчанию ТТЛ-выход)	Тактовая частота, МГц	Входная полоса частот, МГц	Цена за 1 шт. в оптовой серии (в скобках — размер серии)
Analog Devices	AD9410	2 × 10	200	400	60\$ (100—1000 шт.)
	AD9432	12	100	500	60\$ (100—1000 шт.)
Harris Semiconductor	HI5865	12	65	250	—
	HI1276	8 (ЭСЛ)	500	300	—
	HI5762	2 × 10	60	250	—
Burr-Brown Corporation	ADS852	14	65	1000	—
	ADS808	12	75	1000	—
	ADS851	14	40	1000	—
	ADS807	12	53	270	17,95\$ (1000 шт.)
	ADS800	12	40	65	29\$ (1000 шт.)
	ADS824	10	70	300	8,80\$ (1000 шт.)
National Semiconductor	CLC5956	12	65	300	32,8\$ (100 шт.)
	CLC952 ($U_{пит} = \pm 5 В$)	12 (ЭСЛ)	41	185	23,8\$ (100 шт.)
Lucent Technologies	CSP1152A	14	65	1000	—
Maxim Integrated Products	MAX104	8 (ЭСЛ)	1000	1500	—
	MAX1151	8 (ЭСЛ)	750	1000	—
	MAX1172	12	30	—	—
	MAX1161	10	40	—	—

Продолжение табл. 1

Фирма-производитель	Марка АЦП	Разрядность, бит (по умолчанию ТТЛ-выход)	Тактовая частота, МГц	Входная полоса частот, МГц	Цена за 1 шт. в оптовой серии (в скобках — размер серии)
Signal Processing Technologies, Inc.	SPT7760	8 (ЭСЛ)	1000	900	—
	SPT7750	8 (ЭСЛ)	750	900	—
	SPT7610	6 (ЭСЛ)	1000	1400	—
	SPT7871	10	100	180	—
Philips Semiconductors	SPT7922	12	30	—	—
	TDA8768 H/5	12	55	250	—

Что же касается лидерства в области разрядности и ширины полосы аналоговых сигналов, то с выпуском 14-разрядного АЦП ADS852 оно бесспорно перейдет к Burr-Brown, имеющей в своем портфеле дополнительно 12-разрядный АЦП ADS808 со столь же высокой предельной полосой частот и тактом дискретизации 75 МГц. На этом фоне позиции Lucent Technologies, Inc. выглядят менее прочными, поскольку ее 14-разрядный АЦП CSP1152A не является представителем семейства продуктов и в последнее время его анонсирование вовсе приостановлено.

Проведенный анализ содержимого табл. 1 отражает состояние коммерческого рынка АЦП, представленного отлаженными технологиями и ориентированного на серийные масштабы выпуска продукции. Что же касается более отдаленной перспективы, то для иллюстрации таковой можно воспользоваться информацией о технологических разработках военных ведомств. В частности, довольно красноречивые планы изложены в бюджетной программе ВМС США 0602234N «Материалы, электроника и компьютерные технологии» (www.fas.org/irp/budget/RDDS-NAVY98, www.dtic.mil/rdds/rdds99/RDDS-NAVY99).

Планами 1998 г. в ней предусматривалось:

— завершение разработки 16-разрядного АЦП с предельным темпом выборки 125 МГц для многоканальных акустических систем ВМС, а также 10-разрядного АЦП с частотой дискретизации 2,6 ГГц;

— демонстрация 4-разрядного 10 ГГц АЦП на базе 100 нм CMOS TFSOS (Thin Film Silicon-on-Sapphire) технологии;

— начало разработок низковольтных маломощных (до 1 мВт) 20-битного АЦП с тактом 20 МГц и 16-битного АЦП с частотой квантования 1 ГГц.

При этом в качестве ключевой технологии рассматривается упомянутая CMOS TFSOS, а также 250—100 нм силикон-германиевая с 50—30 нм *T*-структурами на основе TFSOS.

В 1999 г. той же программой 0602234N предусмотрено завершение разработки 16-разрядного АЦП с частотой дискретизации 1 ГГц и 10-разрядного АЦП для тактовой частоты 2,5 ГГц. Кроме того, ожидается апробация 4-битного АЦП с темпом выборки 20 ГГц на основе использования двух 4-разрядных АЦП с тактом 10 ГГц, работающих в режиме интерливинга, т. е. с парафазным чередованием тактовых импульсов.

Остается надеяться, что упомянутые выше коммерческие производители АЦП непременно воспользуются опытом военных разработок и смогут своевременно переключиться на новые технологические решения. Впрочем, не исключено, что к тому времени на мировой рынок выйдут новые лидеры, которые сегодня пока лишь инвестируют средства в фундаментальные научные изыскания.

В числе претендентов такого рода следует указать Lockheed Martin, а также фирму Raytheon TI System, которая совместно с Институтом технологии штата Джорджия (США), по сообщению [1] со ссылкой на www.edtn.com/news/may7/050798tnews1.html, осуществляет разработку 4-разрядного АЦП с быстродействием 50 Гвыборок/с и полосой пропускания 30 ГГц. Демонстрация его планируется на 2002 г. При этом отмечается, что группа разработчиков Raytheon TI Systems прекратила исследования в области арсенидгаллиевых приборов в пользу нанoeлектронных структур на базе фосфида индия. Новый материал служит основой и для указанного АЦП рекордной производительности.

Принимая во внимание долгосрочные прогнозы развития микропроцессорной техники, в частности возможности достижения тактовой частотой процессоров рубежа 10 ГГц к 2011 г. [2], нетрудно предсказать неизбежность устранения нынешнего дисбаланса в развитии тандема АЦП-процессор. Однако коренной перелом в этом вопросе может наступить только в результате решения проблемы интеграции АЦП на общую для процессора подложку в качестве одной из компонент внутрипроцессорного ядра.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Электроника : Наука, Технология, Бизнес.— 1998.— № 5.— С. 60.
2. 25 лет микропроцессору. (Из докладов Ханса Гайера и Стива Чейза на праздновании 25-летия микропроцессора 11 ноября 1996 г.) // www.intel.ru/25let.html.

г. Киев.

Поступила в редакцию 08.02.99.