

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 681.335.2

А. Н. Касперович  
(Новосибирск)

О ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ  
АНАЛОГО-ЦИФРОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Дается определение производительности АЦП как числа разрешаемых квантов в единицу времени. Это позволяет сравнить качество различных АЦП при фиксированных условиях, например, для одного уровня технологии.

Одними из основных параметров АЦП являются разрядность и быстродействие (определяемое, например, частотой дискретизации, или, что по сути то же самое, числом преобразований в единицу времени). Достаточно часто применяется и термин «производительность» АЦП как некоторый интегральный параметр, характеризующий быстродействие и разрядность. По-видимому, среди разработчиков и пользователей АЦП существует определенная потребность в подобной характеристике.

Вообще говоря, ясно, что невозможно одним параметром определить и заменить два параметра. Однако при определенных ограничениях это может оказаться возможным и целесообразным.

Понятие производительности широко используется в технике связи и вычислительной технике. В технике связи скорость создания информации устройством, генерирующим и кодирующим информацию для передачи по каналу, определяют как число бит в единицу времени подобно пропускной способности канала связи.

В вычислительной технике скорость обработки информации — производительность ЭВМ — принято определять числом операций в единицу времени (аналогично числу преобразований в единицу времени для АЦП). Другой оценкой производительности ЭВМ является время решения специально выбранной для этой цели типовой задачи. Такие определения удобны для оценки универсальных ЭВМ, но для специализированных ЭВМ, предназначенных для решения определенных задач, они не всегда оправданы.

Можно было бы определять производительность АЦП по одному типовому тестовому сигналу (одному, скажем, случайному процессу), однако это также не очень хорошо. Входные сигналы для разных АЦП (много и малоразрядных) будут практически всегда разными.

Зачастую производительность АЦП определяют числом бит, генерируемых в единицу времени. При такой оценке самыми производительными будут малоразрядные параллельные АЦП, а многоразрядные последовательные АЦП будут характеризоваться существенно меньшим значением производительности. В то же время интуитивно ясно, что многоразрядные обладающие высоким быстродействием для своей разрядности и успешно выполняющие свои функции АЦП (с весьма высоким уровнем разработки) следует считать высокопроизводительными.

Подобного противоречия можно избежать, если определить производительность  $P$  как произведение числа градаций шкалы АЦП  $2^n$  на частоту преобразования  $f_d$  (число разрешимых уровней в секунду):

$$P = f_d 2^n, \text{ или } \text{Log}_2 P = \text{Log}_2 f_d + n,$$

где  $n$  — число разрядов АЦП.

При этом увеличение числа разрядов на единицу (при фиксированной частоте дискретизации) увеличивает производительность вдвое. Это соответствует старинному правилу: сложность работы по увеличению быстродействия в 2 раза эквивалентна сложности работы по увеличению его числа двоичных разрядов на единицу.

При фиксированном значении производительности зависимость между логарифмом быстродействия и числом разрядов линейна:

$$\text{Log}_2 f_d + n = \text{const.}$$

Заметим, что в качестве  $n$  может быть выбрано «эффективное» число разрядов. Как известно,

$$n_{\text{эф}} = \frac{\text{Log}_2 \text{SNR} - 1,8}{6,02},$$

где SNR — отношение сигнал/шум АЦП.

Значение  $n_{\text{эф}}$  зависит от частоты входного сигнала. Поэтому оно чаще всего нормируется на частоте Найквиста  $f_d/2$  — половине частоты дискретизации.

Для оценки целесообразности введенного определения производительности был построен в полулогарифмическом масштабе график (см. рисунок), на котором нанесены точки, соответствующие параметрам лучших образцов, имеющихся на рынке микросхем АЦП, выполненных по гибридной или твердотельной технологии. Через эти точки проведена аппроксимирующая прямая, которая определяет значение производительности для принятого уровня технологии. При построении данного графика не использованы какие-либо теоретические соображения, этот график отражает состояние рынка АЦП.

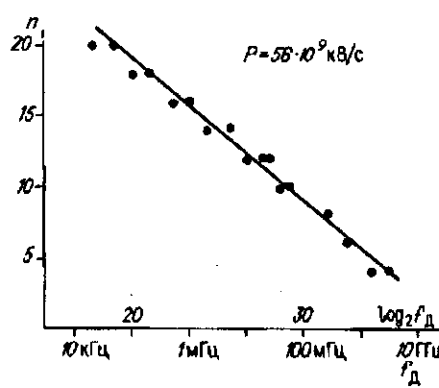
В таблице приведены параметры микросхем АЦП, использованных при построении графика. В таблицу включены АЦП, обеспечивающие получение мгновенных значений входных сигналов (за счет применения устройства выборки-хранения или метода преобразования, обеспечивающего получение мгновенных значений сигнала, например, дельта — сигма-модуляции). Тем самым в нее не попали микросхемы многоразрядных интегрирующих АЦП (полоса кодируемых сигналов у них относительно мала). Сведения об АЦП собраны из ED, EDN, Electronic Products. Выбор АЦП для включения в таблицу при совпадении параметров АЦП различных фирм осуществлялся случайным образом.

Вычисленная средняя производительность АЦП, представленных на графике, составляет  $(56_{-36}^{+64}) \cdot 10^9$  квант/с. Средний квадрат отклонения —  $27 \cdot 10^9$  квант/с.

Уровень развития АЦП на границах диапазона числа разрядов по разным причинам ниже, чем в середине диапазона.

В качестве оценки уровня разработки АЦП можно выбрать и какой-нибудь другой параметр, например цену.

Подобным образом, по-видимому, можно оценивать и производительность цифроаналоговых преобразователей.



Фирма	Тип	Частота дискретизации	Число разрядов	Цена, \$	Образец
"Tektronix"	GST-1	1,5 Г	4		Опытный
"Philips"		3 Г	4		Опытный
"Analog Devices"	AD9006	500 М	6		Гибридный
"Sony"	CXA1166K	250 М	8	175	То же
"Tektronix"	TKAD20C	250 М	8	2500	
"Signal Processing Technologies"	SPT7814	40 М	10	109	—
"Analog Devices"	AD9060	75 М	10	99	—
"Burr-Brown"	ADC603	10 М	12	590	Гибридные
"Comlinear"	CLC936	20 М	12	750	То же
"Analog Devices"	AD9032	25,6 М	12	—	—
"Signal Processing Technologies"	SPT7922	30 М	12	250	—
"Burr-Brown"	ADC614	5 М	14	1244	—
"Datel"	ADS942	2 М	14	272	—
"Analog Devices"	AD1382	500 К	16	595	Гибридные
"Sipex"	SP9490	1 М	16	735	То же
"Atmel"	AD76C120	100 К	18	25	Твердотельные
"Burr-Brown"	DSP101	200 К	18		Гибридные
"Crystal Semiconductors"	CS5506	20 К	20	18	Твердотельные
"Ultra Analog"	ADS20048	48 К	20		2 корпуса
"Crystal Semiconductors"	CS5323 CS5322	70	24		Дельта — сигма (2 корпуса)

#### ВЫВОДЫ

Производительность АЦП полезно определять как число разрешаемых уровней (квантов) в единицу времени. Разумность подобного определения производительности подтверждается тем, что лучшие микросхемные АЦП, имеющиеся на рынке, могут быть охарактеризованы одной цифрой производительности.

Приборами высокой производительности можно для сегодняшнего уровня технологии назвать устройства производительностью порядка  $5 \cdot 10^{10}$  квант/с.

Выбранное определение производительности позволяет осуществлять оценку уровня выполняемых разработок, сравнивать между собой по уровню качества АЦП с разным числом разрядов и с разным быстродействием, прогнозировать возможные улучшения параметров АЦП.

Поступило в редакцию 7 апреля 1993 г.