

ИНС; 2) использовать дополнительную обработку сигнала на входе (добавить фильтры, детектор и т.п.).

Список использованных источников

1. Нейрокомпьютеры в системах обработки сигналов [Текст]: Кн.9. Коллективная монография / под ред. Ю.В. Гуляева и А.И. Галушкина. – М. : Радиотехника, 2003. – 224 с. : ил. (Серия «Нейрокомпьютеры и их применение»). – ISBN 5-93108-029-5.

2. Захаров И. Д. Использование порождающих полиномов m-последовательностей при построении псевдослучайных кодовых шкал [Текст]: Использование порождающих полиномов M-последовательностей/ И. Д. Захаров, А. А. Ожиганов// изв. Вузов. Приборостроение. – 2011. – Т. 54. – № 6

3. Strecker, S. Künstliche Neuronale Netze - Aufbau und Funktionsweise [Текст]/ Stefan Strecker// Arbeitspapiere WI – 1997 – № 10

УДК 621.396

## **ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ОДНОКРИСТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ**

А.Н. Муравьев

Самарский университет, г. Самара

Однокристалльные системы сбора данных находят широкое применение в системах автоматизации, т.к. совмещают в себе функции аналоговой обработки, аналого-цифрового преобразования и цифровой обработки. В интегральном исполнении с похожими принципами организации выпускаются приборы MSC-1210, ADuC812, ADuC812 и др.

Производительность системы сбора данных зависит от числа каналов, которые последовательно опрашиваются и скорости преобразования в каждом канале. При этом следует также учитывать дополнительные временные затраты на длительность переходных процессов и временные затраты программного обеспечения при идентификации циклов преобразования, сохранении, обработке или отображении результатов.

Безусловно, программная составляющая оценки производительности системы сбора данных очень важна, но она сильно зависит от квалификации программиста, сложности системы в целом и требований технического задания. Поэтому рассмотрим только этап доставки цифровых отсчетов входных аналоговых сигналов в вычислительное устройство - например, для системы сбора данных MSC-1210 это в аккумулятор встроенного процессора.

Аналого-цифровой тракт системы сбора данных MSC-1210 состоит из программируемого мультиплексора (MUX), буферного усилителя (BUF), программируемого усилителя (PGA), дельта – модулятора второго порядка,

программируемого цифрового фильтра (рис.1). Результат передается в процессор (МК), который также управляет аналоговыми блоками.

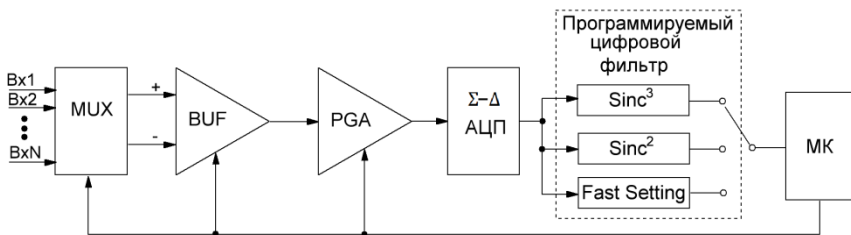


Рисунок 1 – Структура аналогового тракта MSC – 1210

Использование сигма-дельта модулятора в канале АЦП не позволяет использовать традиционные критерии оценки точности и быстродействия. Дельта – модулятор, как существенно нелинейное устройство имеет сильно связанные между собой характеристики точности и быстродействия, на которые в свою очередь сильно влияют характеристики входного сигнала [1] – динамический диапазон, скорость изменения, полоса спектра сигнала. Поэтому оценки работы таких АЦП носят вероятностный характер или тесно связаны с характеристиками сигма-дельта модулятора, управляя выбором которых можно добиться указанных в паспортных данных величин (в том числе и 24 бита, реально -22, при частоте выдачи 10 отсчетов в секунду).

Выходной сигнал дельта модулятора в общем случае это знак сигнала ошибки между входным сигналом и сигналом аппроксимации, который формируется в цепи обратной связи модулятора в результате предсказания по нескольким точкам. Чем выше частота выборки  $F_s$ , тем более точно будет идти процесс предсказания (адаптации), но тем более высокий выходной поток (битрейт) преобразования данных. Из этого выходного потока при использовании специальных интерполяционных алгоритмов путем кодирования обычно формируют отсчеты в цифровом коде эквивалентные обычному преобразованию АЦП. Чем выше соотношение  $K_F$  между частотой выборки  $F_s$  и частотой выходных отсчетов  $F_{out}$ , тем более точно будет представлен сигнал в цифровом эквиваленте.

Частоту выходных отсчетов можно использовать как один вариант оценки быстродействия дельта- модулятора, а для более полного рассмотрения необходимо учесть и другие технические характеристики.

Для оценки точности выходных данных вводится показатель – ENOB – эквивалентное число бит. Чем выше ENOB, тем лучше качество. ENOB в свою очередь сильно зависит от соотношения частоты выборки аналогового сигнала и частоты выдачи цифровых данных, а также от вида цифрового фильтра и установленного коэффициента усиления PGA. Чем сложнее алгоритм

фильтрации, тем больше ENOB при том же значении коэффициента деления. Указанные зависимости приводятся в техническом описании.

Для MSC – 1210 отношение частот  $F_s$  и  $F_{out}$  следует задавать не менее 500 для корректной и достаточно достоверной работы АЦП. В принципе можно брать и меньшие значения, так как это приведет лишь, казалось бы, к снижению эквивалентной разрядности ENOB.

Однако, реально следует учитывать другой более важный показатель работы любого дельта-модулятора – перегрузка по крутизне. Смысл этого показателя состоит в следующем: при резких изменениях сигнала требуется, чтобы дельта-модулятор успевал за этими изменениями. А этого можно достичь либо увеличивая частоту выборки (что равнозначно снижению частоты выдачи отсчетов), либо увеличивая время ожидания окончания перегрузки. Алгоритмы адаптации (предсказания) также сильно влияют на этот показатель. Использование алгоритмов второго порядка дает лучшие результаты, а в сочетании с цифровой фильтрацией позволяет добиться идеальных результатов для слабо меняющихся сигналов. Именно эти характеристики и заявлены производителем. Использование алгоритмов адаптации более высоких порядков встречается редко из-за возрастающей технической сложности и потенциальной неустойчивости работы устройства.

Серийно выпускаемые дельта-модуляторы обеспечивают выходной битрейт в десятки килослов в секунду. Однако будучи интегрированы в систему с микроконтроллером, их частота работы оказывается привязанной к тактовой частоте общего кристалла. Оценка максимальной частоты выдачи данных для АЦП в составе MSC - 1210 при работе одного канала дает следующий результат: при частоте тактового генератора 33МГц максимальная частота выборки может достигать  $F_s=515625$ Гц и при  $K_f=500$  частота выдачи выходного кода составит  $F_{out}=1031,25$  Гц. При этом, используя цифровой фильтр типа SINC3, значение ENOB составит 16 бит для PGA с коэффициентом усиления 128, и 20 бит для PGA с единичным коэффициентом. Данные результаты можно считать приемлемыми для анализа медленно меняющихся, например, биомедицинских сигналов.

Работа при мультиплексировании (переключении) каналов имеет свои дополнительные особенности, влияющие на показатели быстродействия системы в целом. Быстрое изменение сигнала на входе АЦП требует от схемы дополнительных циклов пропуска выходных отсчетов, пока модулятор не выйдет на режим слежения за сигналом и не будет выдавать корректный результат. Для снижения шумов и улучшения качества выходных отсчетов в микросхеме MSC-1210 используется система из трех цифровых фильтров (Fast Setting, SINC<sup>2</sup>, SINC<sup>3</sup>), которые можно выбирать программно.

Число циклов, которые необходимо пропустить зависит от типа фильтра: чем лучше фильтрация шумов, тем большее время требуется для

ожидания. Таким образом, производительность системы сбора данных при мультиплексировании будет зависеть от числа каналов, скорости преобразования в отдельном канале и типом фильтра постобработки сигнала с модулятора.

Главным критерием при выборе временных параметров является качество преобразования сигнала, выраженное величиной ENOB. Если требуется получить, например, ENOB=18, то это значение можно получить тремя разными способами и каждому из них будет соответствовать свое значение производительности или аппаратного быстродействия. Получаемые значения производительности, в свою очередь, связаны с заданной частотой работы модулятора, которую можно увеличить для большинства применений, например, в 10 раз. Тогда показатели производительности также просто увеличиваются в 10 раз.

Полученные данные хорошо согласуются с требованиями для обработки большинства сигналов в области биомедицины и оставляют разработчику большую свободу по программному управлению параметрами аналого-цифрового тракта однокристалльных систем сбора данных для достижения оптимальных параметров по точности и производительности.

Список использованных источников

1. Щерба А. Программируемые аналоговые схемы Anadigm. Проекты, примеры применения. // Компоненты и технологии. 2012. № 12. -С.140-143.

УДК 621.396.6

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ TSA АНТЕНН**

С.А. Маркелов

Самарский университет, г. Самара

Разработка сверхширокополосных излучателей часто требует их моделирования с целью оценки электродинамических характеристик синтезируемой антенны. Однако, использование для этих целей распространенных универсальных средств компьютерного моделирования радиотехнических устройств (например, моделирование в среде OrCAD) сталкивается с определенными затруднениями. Они вызваны тем, что сверхширокополосные антенны существенно нестационарны, а универсальные системы моделирования (типа OrCAD, P-CAD, PSpice и пр.) работают со стационарными процессами.

Поэтому весьма актуальным является создание специализированного пакета прикладных программ, позволяющего рассчитывать широкополосные и сверхширокополосные антенны и структурно несложные устройства СВЧ. К классу таких пакетов и относится пакет