

Важная роль в обучении отводится организации социально-культурного сервиса СКК РБ, основой которого является создание социально-культурных условий для массового, группового, семейного и индивидуального развития творческих способностей, общения, отдыха, развлечений, восстановления духовных, физических сил различных категорий отдыхающих, обеспечивая взаимосвязанное развитие всех направлений досуговой деятельности. Пациентам наших здравниц предлагаются насыщенные и увлекательные программы проведения досуга: массовые мероприятия и праздники, танцевальные вечера, дни белорусской культуры, дни белорусской кухни, календарно-обрядовые праздники. Для комфортного культурного отдыха наши санатории располагают уютными киноконцертными залами, оснащёнными современным световым музыкальным и киновидеооборудованием. Приобщение к историческому и культурному наследию нашей республики осуществляется средствами экскурсионной деятельности, объектами которой являются краеведческие музеи, замки, мемориальные комплексы. Обучение включает знакомство слушателей курсов повышения квалификации с условиями проживания, характеристикой инфраструктуры санаториев.

За прошедший период с 2015 года прошло обучение 7 групп, и повысили квалификацию 54 специалиста среди них не только врачи из Беларуси, но и их российские коллеги, которые успешно применяют полученные знания в своей профессиональной деятельности.

Внедрение в практику работы современных методик лечения и оздоровления, основанных на использовании местных природных факторов (климатотерапия, минеральные воды, лечебные грязи и др.), позволяют обеспечить высокую эффективность использования природных лечебных факторов Беларуси и представлять конкурентоспособный продукт на отечественном и международном уровне.

Литература

1. Профессиональное повышение квалификации специалистов санаторно-курортного и оздоровительного комплекса Республики Беларусь/В.А. Снежицкий, Н.В.Мазур, Г.Н.Хованская и др.//Современные аспекты физиотерапии и курортологии: [материалы Республиканской научно-практической конференции, 12 апреля 2017 г., г. Минск/ под научн. ред. А.В.Волотовской].–Минск: Проф-пресс,2017.–136 с.

УДК 621.3.087.92

УЛУЧШЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА АЦП ПРИ РАБОТЕ В РЕЖИМЕ ЧЕРЕДОВАНИЯ ЗАСЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОЦЕДУРЫ КАЛИБРОВКИ

В.С. ШЕКУНОВ, С.П. УРБАНОВИЧ, ДАВЫДОВ М.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. Исследована возможность устранения побочных спектральных составляющих, возникающих при работе нескольких АЦП в режиме чередования, используя систему компенсации разброса параметров аналоговых трактов АЦП и процедуру калибровки. Система компенсации позволяет устранить смещение нуля, скомпенсировать неточность установки фаз тактовых сигналов и различия в коэффициенте передачи аналоговых трактов. Параметры системы компенсации автоматически подбираются в процессе калибровки.

Ключевые слова: аналого-цифровое преобразование, режим чередования, калибровка.

Abstract. The possibility of eliminating side spectral components of frequency-interleaved ADC using the system for compensating the variation of the parameters of the analogue ADC paths and the calibration procedure has been investigated. The compensation system allows to eliminate the zero offset, and to compensate the phases shift of the clock signals and differences in the transmission coefficient of the analog paths. The parameters of the compensation system are automatically selected during the calibration process.

Keywords: analog-to-digital conversion, interleaving mode, calibration.

Введение

В настоящее время одним из основных элементов медицинской диагностической техники является аналого-цифровой преобразователь. Постоянное улучшение характеристик АЦП позволяет заменить все больше элементов аналогового тракта последующей цифровой обработкой с помощью процессоров или ПЛИС. Ключевыми параметрами АЦП являются частота дискретизации и разрядность. Причем чем выше частота дискретизации, тем меньше можно рассчитывать на высокую разрядность, а, следовательно, и точность преобразования. Но есть возможность используя несколько АЦП с высокой разрядностью увеличить частоту дискретизации в несколько раз, включив их в режиме чередования.

Работа АЦП в режим чередования

Режим чередования АЦП — это метод, который позволяет использовать несколько идентичных аналого-цифровых преобразователей для обработки сигналов на более высокой частоте, чем частота дискретизации каждого отдельного АЦП [1]. Его суть заключается в том, что исследуемый сигнал подается на вход нескольких АЦП, фазы тактовых сигналов которых выставлены так, чтобы выборки совершались поочередно каждым АЦП. Таким образом, например, чередуя выборки четырех 10-битных/100 MSPS-АЦП, можно реализовать 10-битный/400 MSPS-АЦП.

Однако этот мощный инструмент не лишен недостатков. Если изучить спектр оцифрованного сигнала, то выяснится, что кроме основной гармоники в спектре присутствуют искажения, т.н. “interleaving spurs” (далее ИЛ-артефакты). ИЛ-артефакты могут рассматриваться как форма шума с фиксированным шаблоном во временной области и являются результатом отклонений параметров аналоговых трактов каждого из АЦП, которые из-за процесса чередования модулируют исследуемый сигнал.

Одной из причин появления ИЛ-артефактов является различное смещение нуля у каждого АЦП. При этом в сигнале появляются артефакты на частоте 0, $f_s/4$ и $f_s/2$ [2]. Данный вид артефактов представляет наименьшую проблему, т.к. паразитные составляющие имеют малую ширину спектра и фиксированную частоту в независимости от частоты входного сигнала.

Второй причиной являются различия в коэффициенте передачи аналоговых трактов. В случае работы двух АЦП в режиме чередования все четные выборки будут иметь коэффициент масштабирования G_1 , а все нечетные коэффициент масштабирования G_2 . Это равносильно тому, что полезный сигнал модулировался бы прямоугольным сигналом с частотой $f_s/2$. Поэтому оцифрованный сигнал будет содержать артефакты на частоте $f_s/2 - f_{IN}$ [3]. Их величина зависит от разницы между коэффициентами усиления и от величины входного сигнала.

Третьей причиной появления ИЛ-артефактов является несоответствие смещения фаз тактового сигнала и различия во времени прохождения сигнала по аналоговому тракту каждого АЦП. Эти артефакты лежат на той же частоте, что и искажения, вызванные различием в коэффициенте передачи. Их амплитуда зависит не только от амплитуды сигнала, но также увеличивается с ростом частоты входного сигнала.

Если сигнал узкополосный и не пересекает границу $f_s/4$, то полезный сигнал и его копия находятся в разных частях спектра, что позволяет отфильтровать нежелательные искажения НЧ или ВЧ фильтром. Но при этом теряется смысл такого способа увеличения частоты дискретизации, т.к. нельзя оцифровать сигнал с шириной спектра больше $f_s/4$. Единственное что здесь можно выиграть – это число значащих бит засчет передискретизации. Если отфильтрованный сигнал децимировать в два раза, то динамический диапазон увеличится на 3дБ. Если же сигнал пересекает границу $f_s/4$, то масштабированная копия сигнала накладывается на основной сигнал, что сводит на нет преимущества увеличенной полосы пропускания, обеспечиваемой чередованием.

Хотя общая методика временного чередования существует уже несколько десятилетий, степень, с которой могут быть подавлены ИЛ-артефакты, ограничивала ее применимость. Однако недавние достижения в калибровке несоответствия каналов и в подавлении остаточных ИЛ-артефактов позволяют сегодня реализовать полностью интегрированные 12-, 14- и 16-разрядные АЦП работающие в режиме чередования с высокой скоростью.

Методика исследования

Для проведения экспериментального исследования работы АЦП в режиме чередования был изготовлен испытательный стенд. Главным элементом стенда является плата обработки сигналов, на которой установлены четыре АЦП AD9467. Каждый АЦП работает на частоте 250 МГц, что в режиме чередования дает частоту дискретизации равную 1 ГГц. Тактовые сигналы для АЦП генерирует многоканальный тактовый генератор LMK04828 со встроенными регулируемые линиями задержки. Обработка данных и управление тактовым генератором осуществляется с помощью ПЛИС.

Для подавления ИЛ-артефактов используется система компенсации смещения нуля [4], смещения фаз тактирующих сигналов и коррекции амплитуды. Для устранения смещения нуля используются сумматоры, которые вычитают постоянную составляющую из результатов измерений. Значение постоянной составляющей каждого из каналов рассчитывается в процессе калиб-

ровки. Для этого при отсутствии напряжения на входе АЦП записывается сигнал и рассчитывается среднее арифметическое его выборок. Рассчитанные значения поступают на входы сумматоров с обратным знаком.

Для того чтобы устранить неточности установки фаз[5], используются аналоговые линии задержки в тактовом генераторе. Шаг изменения задержки 25пкс. Процедура калибровки происходит следующим образом: на вход АЦП подается синусоидальный сигнал фиксированной частоты, процессор поочередно меняет задержку тактового сигнала для каждого АЦП. После каждого изменения вычисляется спектр оцифрованного сигнала и рассчитывается значение SFDR. Таким образом находится такая комбинация задержек, при которой значение SFDR будет максимальным.

Для коррекции амплитуды выборки сигнала умножаются на коэффициенты, рассчитанные в процессе калибровки. Процедура калибровки схожа с процедурой калибровки смещения фаз, только последовательно перебираются коэффициенты умножителей. Таким образом устраняется разность амплитуд сигналов между каналами.

Результаты

На рисунке 1 представлен спектр оцифрованного сигнала частотой 325МГц до проведения процедуры калибровки.

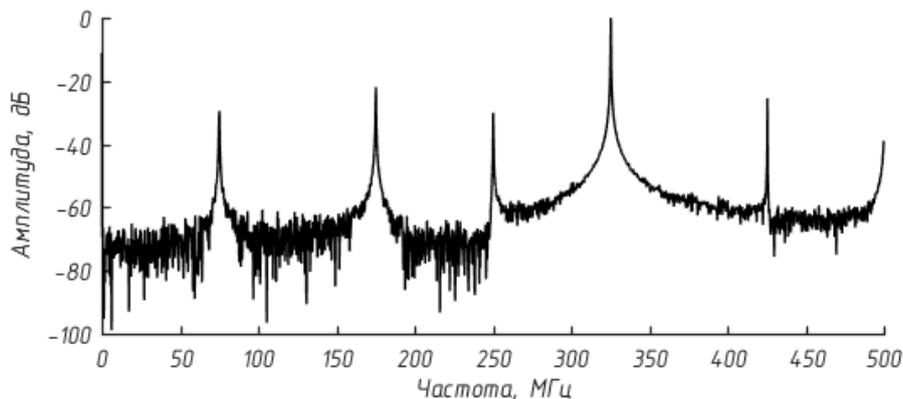


Рисунок 1 – Спектр сигнала частотой 325МГц до проведения калибровки

В спектре кроме основной гармоники присутствуют искажения. SFDR при этом равен 20,7дБ а SINAD равен 17,5 дБ.

На рисунке 2 представлен спектр оцифрованного сигнала после проведения калибровки.

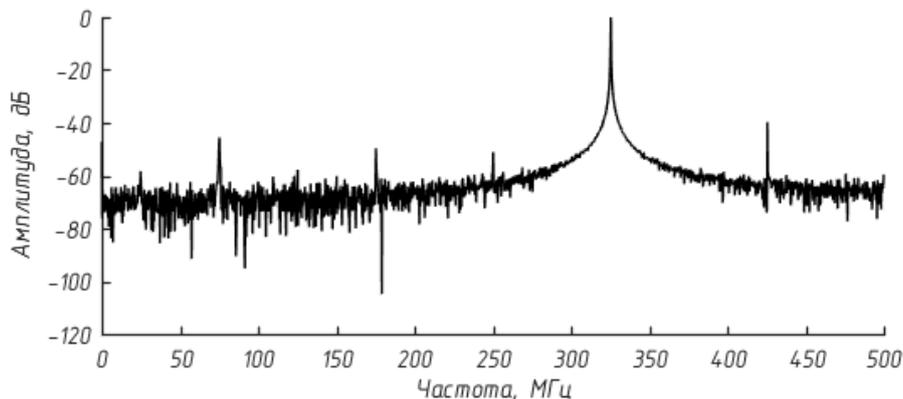


Рисунок 2 – Спектр сигнала частотой 325МГц после проведения калибровки

Значение SFDR увеличилось до 40,8 дБ а SINAD до 35,8 дБ. Таким образом удалось расширить динамический диапазон примерно на 20дБ.

Заключение

Проведенный эксперимент показал принципиальную возможность подавления П-артефактов благодаря использованию системы компенсации разброса параметров аналоговых трактов АЦП и процедуры калибровки. Однако основным препятствием на пути данной технологии является точность перестройки существующих линий задержки. У используемого

тактового генератора она равна 25пкс, что ограничило динамический диапазон на уровне 40,8 дБ. Если шаг перестройки будет меньше или равен величине джиттера тактового сигнала, то точность измерений в режиме чередования будет ограничиваться точностью самого АЦП.

Список литературы

1. *Behzad R.*, Design Considerations for Interleaved ADCs // IEEE J. Solid-State Circuits Vol. 48. P. 1806-1817
2. *Загорский В.* Передовые цифровые методы постобработки для высокоскоростных систем аналого-цифрового преобразования // Компоненты и технологии. 2004. №1. С. 76-80.
3. Interleaving ADCs: Unraveling the Mysteries [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/interleaving-adcs.html>
4. Digitally Removing a DC Offset: DSP Without Mathematics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.xilinx.com/support/documentation/white_papers/wp279.pdf
5. *Behzad R.*, Problem of timing mismatch in interleaved ADCs // IEEE 2012 Custom Integrated Circuits Conference.

УДК 613.1:613.165.2

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КЛИМАТОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ КУРОРТНЫХ ЗОН БЕЛАРУСИ

О.Л. БОГДАНОВИЧ¹, А.Н. КРАСОВСКИЙ², С.А. ЛЫСЕНКО³

¹ - ЧТУП “Универсальные технологии здоровья”, Минск, Беларусь, info@panto.by;

² – Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы (НИИЦ МО) БГУ, Минск, Беларусь, krasovsky@bsu.by;

³ – ГНУ “Институт природопользования НАН Беларуси”, Минск, Беларусь

Аннотация. Исследования посвящены анализу и оценке климатогеографических особенностей курортных зон Беларуси. Представлены исследования ультрафиолетового индекса на курорте Нарочь.

Ключевые слова: санатории, национальные парки, метеорологические наблюдения, солнечная радиация, ПИОН-Ф.

Abstract. Studies are devoted to the analysis and assessment of climatic and geographical features of the resort areas of Belarus. Studies of the ultraviolet index in the resort of Naroch are presented.

Key words: sanatoriums, national parks, meteorological observations, solar radiation, PION-F.

Введение

Регулярные динамические наблюдения метеорологических явлений в Беларуси начались с 1872 года естествоиспытателем Яковом Оттоновичем Наркевичем-Иодко, который оборудовал в Оттонове Минской губернии (нынешний Узденский район Минской области) метеорологическую станцию [1]. Двухуровневая конструкция здания была удалена от остальных зданий. Нижняя цилиндрическая ее часть была кирпичной. На верхней деревянной находились приборы наблюдения. Станция сразу же привлекла внимание Русского географического общества и его Метеорологическую комиссию, а также Главную Николаевскую физическую обсерваторию Петербургской академии наук. Метеостанция в Оттонове была зачислена по второму разряду в сеть станций Петербургской физической обсерватории, а Я. О. Наркевич-Иодко был принят на конференции Академии наук в 1886 году ее членом.

В Оттонове систематически проводились приборные наблюдения состояния атмосферы: давления и температуры воздуха, направления и силы ветра, количества осадков, влажности почвы, толщины и особенностей снежного покрова. Эти изменения производились по программе Метеорологической комиссии Русского географического общества и помещались в выпускаемых ими трудах.

В 1889 году метеостанция была перенесена в имение Над-Неман и находилась в очень небольшом расстоянии от правого (северного) берега Немана. Все измерительные инструменты были установлены вдали от строений и больших деревьев в саду, флюгер - на довольно большой башне над домом. Исходные данные станции: координаты $53^{\circ} 20' \times 27^{\circ} 07'$, высота над уровнем моря 168 м. За метеостанцию владелец получил на выставке сельского хозяйства Минской губернии 1901 года бронзовую медаль. С 1895 года этой метеостанции после дополнительного оснащения специальными приборами, среди которых были и электрометры Экснера и Маскара (измерители электрического потенциала атмосферы), был присвоен I разряд. Разряд станций устанавливался после инспекции и заключения Главной физической обсерватории в Петербурге.