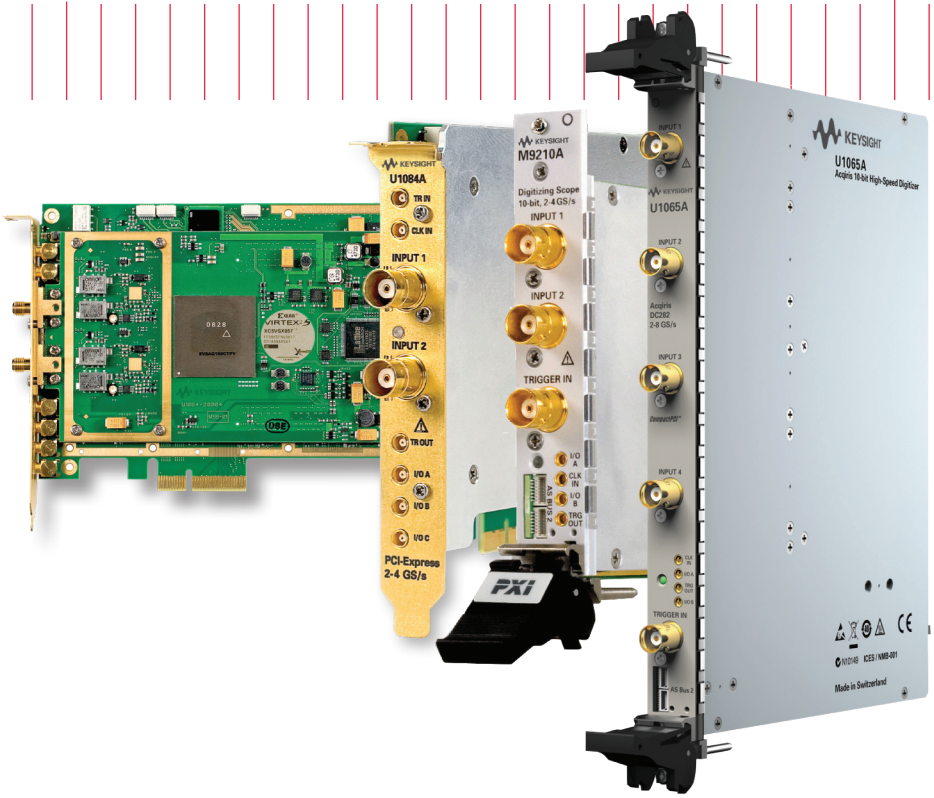
Keysight Technologies

Выявление характеристик сигнала вплоть до полной полосы пропускания дигитайзера

Рекомендации по применению



KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Введение

Увеличение эффективной частоты дискретизации при измерении повторяющихся сигналов

Найквист доказал, что при использовании системы с дискретизацией, такой как дигитайзер или цифровой осциллограф, для точного представления сигнала без искажений, обусловленных эффектом наложения, частота дискретизации должна быть по меньшей мере в два раза выше частоты самой высокочастотной компоненты в измеряемом сигнале. Однако, в технических характеристиках дигитайзера часто указывается полоса не по этой частоте Найквиста, а полоса пропускания аналогового тракта системы, определяемая по уровню затухания сигнала на 3 дБ в зависимости от частоты. Это часто называют диаграммой Боде.

При работе с быстро повторяющимися сигналами, у которых частота самых высокочастотных компонентов выше половины максимальной частоты дискретизации в системе сбора данных, можно искусственно увеличить частоту дискретизации. Это позволит точно выявить характеристики сигнала на частотах, превышающих частоту Найквиста, вплоть до граничной частоты полосы пропускания аналогового тракта дигитайзера.

Измерение более высокочастотных сигналов

Одним из способов повышения эффективной частоты дискретизации является так называемый метод дискретизации со случайным чередованием выборок (RIS). Этот метод создаёт составной сигнал путём комбинирования данных, полученных от многих копий одного и того же сигнала при более низкой частоте дискретизации, записываемых несинфазно по отношению друг к другу. Дискретизация со случайным чередованием выборок может применяться только к стабильно повторяющимся сигналам, которые могут быть точно захвачены при хорошо определённой позиции запуска для каждого повторного цикла сбора данных. Коэффициент передискретизации в этом случае будет целочисленным множителем для частоты дискретизации в реальном времени (при однократном запуске).

Для создания эффективной частоты дискретизации, превышающей фактическую частоту дискретизации аналого-цифрового преобразователя (АЦП), применение дискретизации со случайным чередованием выборок требует механизма, позволяющего точно позиционировать события запуска, которые попадают между тактовыми импульсами. Это можно сделать с помощью интерполяции времени запуска (TTI), которая позиционирует момент наступления события запуска с точностью до нескольких пикосекунд. Разрешающая способность интерполяции времени запуска определяет максимальный коэффициент передискретизации и точность передискретизации. Поскольку интерполяция времени запуска предусмотрена в большинстве дигитайзеров компании Keysight, дискретизация со случайным чередованием выборок легко реализуется в программе, написанной пользователем.

Интерполяция времени запуска позволяет использовать дискретизацию со случайным чередованием выборок для точного представления сигнала с максимальной частотой, достигающей граничной частоты полосы пропускания аналогового тракта дигитайзера. Однако этот процесс увеличивает время, необходимое для сбора данных, поскольку интересующая форма сигнала должна захватываться с использованием повторяющихся циклов, и новые составляющие интервала дискретизации накапливаются бин за бином (бин - элемент интервала дискретизации).

Описание процесса

Эти указания по применению начинаются с краткого обзора обычного метода дискретизации, который быстро и последовательно выстраивает запись данных. Затем обсуждается возможность достижения более высокой эффективной частоты дискретизации с использованием интерполяции времени запуска и дискретизации со случайным чередованием выборок. В данных рекомендациях приведён листинг примера программы, а также даны ссылки на дополнительные источники, содержащие более подробную информацию о дискретизации со случайным чередованием выборок и использовании интерполяции времени запуска.

Обзор обычного метода дискретизации

При обычном методе дискретизации дигитайзер быстро и последовательно строит запись данных, которая содержит определённое число равномерно расположенных бинов. Это достигается при точной частоте дискретизации с помощью схемы выборки и хранения, фиксирующей последовательные мгновенные значения сигнала (рисунок 1). Эти значения затем преобразуются в цифровой вид с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП), а результаты накапливаются в виде записи данных (таблица 1).

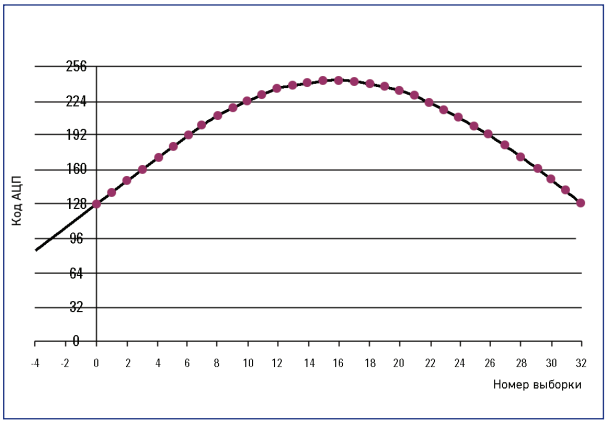


Рисунок 1. Дигитайзеры обычно выстраивают запись данных в виде последовательного набора равномерно расположенных выборок.

Номер бина	Время (нс)	8-битовые данные АЦП
0	0.0	128
1	0.5	139
2	1.0	150
3	1.5	161
4	2.0	172
5	2.5	182
6	3.0	192
7	3.5	201
8	4.0	209
9	4.5	217

Таблица 1. Первые десять бинов записи данных синусоидального сигнала, показанного на рисунке 1, при частоте дискретизации 2 Гвыб/с.

Максимальная ширина полосы измеряемого сигнала в системе дискретизации ограничивается частотой Найквиста, которая равна половине частоты дискретизации[1]. При обычной дискретизации запись данных быстро выстраивается в прямом порядке следования бинов от 0 до N. После этого запись данных готова для дальнейшей обработки: отображения на экране во временной области, вычисления частотного спектра посредством быстрого преобразования Фурье (БПФ), анализа демодуляции и так далее.

1. На практике обычно используется соотношение 2,5, что обеспечивает некоторый запас

Достижение более высокой эффективной частоты дискретизации

Для достижения более высокой эффективной частоты дискретизации можно манипулировать этим процессом, используя последовательный сбор данных повторяющегося сигнала, у которого отсутствует корреляция с тактовым сигналом АЦП. Таким образом, АЦП захватывает различные точки сигнала в процессе последовательных циклов сбора данных и создаёт бины внутри временного интервала, эквивалентного идеальному интервалу дискретизации. Можно рассматривать эти бины как дополнительные, которые располагаются внутри бинов обычной дискретизации и подразделяют их на более мелкие (“суб-бины”).

Дискретизация со случайным чередованием выборок (RIS)

Дискретизация со случайным чередованием выборок – вид дискретизации в эквивалентном времени – увеличивает частоту дискретизации повторяющихся сигналов в результате создания составного сигнала путём объединения дискретизированных данных (выборок), полученных в течение нескольких циклов повторения сигнала при более низкой частоте дискретизации. Однако этот метод пригоден только для повторяющихся сигналов, имеющих чётко определённую точку запуска. Дискретизация со случайным чередованием выборок потенциально позволяет определять характеристики сигнала вплоть до частоты, ограниченной полосой пропускания аналогового тракта дигитайзера, а не до частоты Найквиста, как при дискретизации в реальном времени.

В тексте программы компании Keysight дискретизация со случайным чередованием выборок обычно реализуется посредством использования значения параметра, определяющего положение сигнала на горизонтальной оси (позиция по горизонтали – “horPos”), получаемого от дигитайзера (см. пример листинга программы на странице 9). Программа постепенно заполняет все бины в записи данных значениями в соответствии с их позицией по горизонтали (horPos). В процессе исполнения программа отбирает и размещает собранные сегменты данных в заранее определённые бины (суб-бины). Как только вся запись данных будет заполнена, данные могут отображаться как единый сигнал с высокой частотой дискретизации.

Для определения эффективной частоты дискретизации прежде всего следует определить коэффициент передискретизации (of) или отношение эффективной частоты дискретизации со случайным чередованием выборок к частоте дискретизации в реальном времени. Коэффициент передискретизации, of, представляет собой целочисленный множитель частоты дискретизации в реальном времени при значении позиции по горизонтали (horPos) в интервале дискретизации (si).

На рисунке 2 показано соотношение между бинами при обычной дискретизации и при дискретизации со случайным чередованием выборок для дигитайзера, работающего с частотой дискретизации 1 Гвыб/с и коэффициентом передискретизации, равном 4 (of = 4). Здесь в каждом 1-наносекундном интервале дискретизации (si = 1) (1 бин обычной дискретизации) создаётся четыре бина, что соответствует эффективной частоте дискретизации 4 Гвыб/с.

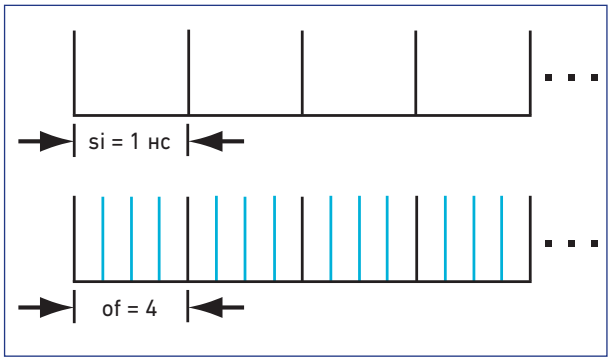


Рисунок 2. При передискретизации с коэффициентом 4 внутри 1-наносекундного интервала дискретизации образуются бины, соответствующие эффективной частоте дискретизации 4 Гвыб/с

В основе этого метода лежит предположение, что тактовый сигнал АЦП не коррелирован с внешним (измеряемым) сигналом. Если это справедливо, значения позиций по горизонтали horPos будут случайными и равномерно распределёнными в пределах отведённого для них интервала. Точность сбора данных в режиме дискретизации со случайным чередованием выборок можно повысить, если различия во времени между значениями позиций по горизонтали находятся в пределах идеального интервала дискретизации со случайным чередованием выборок (si/of). Далее, значения позиций по горизонтали horPos должны быть установлены приблизительно по центру каждого бина с разрешённой областью вокруг центра, определяемой параметром точности передискретизации (oa).

Реализация метода дискретизации со случайным чередованием выборок с интерполяцией времени запуска

При использовании дигитайзера в настройках прибора имеются три переменных, с помощью которых обеспечивается позиционирование захватываемого сигнала во времени.

- **sampInterval** – интервал дискретизации, или величина, обратная частоте дискретизации
- **nbrSamples** – число выборок, подлежащих захвату
- **delayTime** – номинальная задержка запуска (“время задержки”)

Эти величины выделены на рисунке 3.

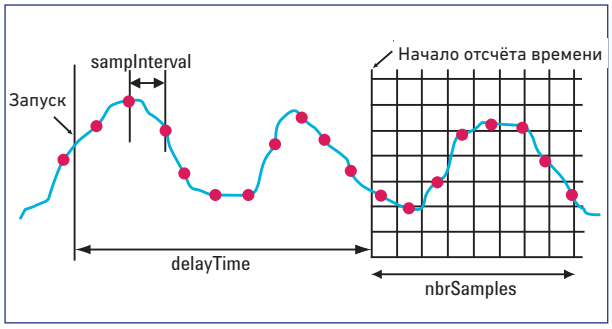


Рисунок 3. Захватываемый сигнал можно позиционировать во времени, используя установки интервала дискретизации и времени задержки.

Обычно номинальная задержка запуска измеряется относительно начала графика, или левой границы реальной или виртуальной масштабной сетки экрана. Эта величина представляет собой интервал времени от момента запуска до начала записи сигнала. Положительные значения задержки запуска означают, что захват сигнала начинается после сигнала запуска (пост-триггер). Отрицательные значения означают, что захват сигнала происходит с опережением момента запуска (пре-триггер). Следует помнить, что захват сигнала происходит до появления сигнала запуска; параметр delayTime (“время задержки”) управляет временем между моментом запуска и окончанием сбора данных.

Поскольку сигналы запуска обычно появляются асинхронно по отношению к тактовому сигналу дискретизации, интервал времени между моментом запуска и очередной выборкой имеет случайное значение в пределах от 0 до интервала дискретизации. Однако, истинным началом отсчёта времени для любого захвата сигнала является не момент взятия выборки, а момент запуска, который привязан к специфическим особенностям формы сигнала (например, к моменту пересечения положительным или отрицательным перепадом определённого уровня).

Для поддержания устойчивого изображения на экране необходимо знать время между моментом запуска и следующим тактом дискретизации в пределах части интервала дискретизации, и затем расположить отображаемые точки данных таким образом, чтобы точка запуска оставалась в постоянном положении. Интерполяция времени запуска позволяет устанавливать моменты запуска с точностью до нескольких пикосекунд. Это очень существенно, когда формируются изображения с переменным послесвечением, отображения накопленных данных предистории или сильно увеличенные изображения со случайным перемежением, состоящие из перекрывающихся сегментов сигнала.

Рисунок 4 завершает картину захвата сигнала с дискретизацией со случайным чередованием выборок представлением величин смещения по горизонтали (hOffset) и позиции по горизонтали (horPos). Случайные вариации положения точки запуска и, следовательно, позиции по горизонтали, дают возможность достичь более высокой эффективной частоты дискретизации и тем самым выявить больше подробностей дискретизируемого сигнала.

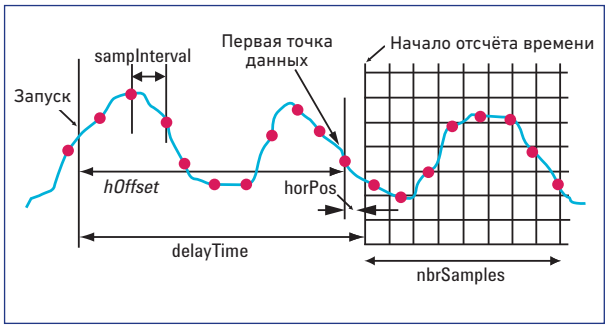


Рисунок 4. Суб-бины, созданные в результате случайной вариации позиции по горизонтали (horPos) относительно сигнала.

Точность интерполяции времени запуска

Точность и повторяемость этого процесса зависят от характеристик дигитайзера. В таблице 2 представлен набор соответствующих характеристик на примере высокоскоростных дигитайзеров компании Keysight.

№ изделия	Описание	Граничная частота полосы пропускания аналогового тракта	Максимальная частота дискретизации в реальном времени	Точность интерполяции времени запуска	Максимальная теоретическая частота дискретизации со случайным чередованием
U1061A	Высокоскоростные дигитайзеры Acqiris с разрешением 8 бит и шиной PXI	1 ГГц	1–2 Гвыб/с	5 пс	200 Гвыб/с
U1062A	Высокоскоростные дигитайзеры Acqiris с разрешением 10 бит и шиной PXI	3 ГГц	2–4 Гвыб/с	15 пс	66 Гвыб/с
U1063A	Высокоскоростные дигитайзеры Acqiris с разрешением 8 бит и шиной cPCI	250 МГц	0,5–1 Гвыб/с	5 пс	200 Гвыб/с
U1064A	Высокоскоростные дигитайзеры Acqiris с разрешением 8 бит и шиной cPCI	1 ГГц	1–4 Гвыб/с	5 пс	200 Гвыб/с
U1065A	Высокоскоростные дигитайзеры Acqiris с разрешением 10 бит и шиной cPCI	3 ГГц	2–8 Гвыб/с	15 пс	66 Гвыб/с
U1066A	Высокоскоростные дигитайзеры Acqiris с разрешением 12 бит и шиной cPCI	300 МГц	420 Мвыб/с	5 пс	200 Гвыб/с
U1067A	Высокоскоростные дигитайзеры Acqiris с разрешением 8 бит и шиной PCI	250 МГц	0,5–1 Гвыб/с	5 пс	200 Гвыб/с
U1070A	Высокоскоростные дигитайзеры Acqiris с разрешением 12 бит и шиной PCI	300 МГц	50–420 Мвыб/с	5 пс	200 Гвыб/с
U1071A	Высокоскоростные дигитайзеры Acqiris с разрешением 8 бит и шиной PCI	1 ГГц	1–2 Гвыб/с	15 пс	66 Гвыб/с
U1084A	Высокоскоростной дигитайзер Acqiris с разрешением 8 бит, шиной PCIe и встроенной обработкой сигнала	1,5 ГГц	2–4 Гвыб/с	15 пс	66 Гвыб/с
M9210A	Высокоскоростной цифровой осциллограф с разрешением 10 бит в формате PXI-H	Полоса более 1,4 ГГц при входе 50 Ом	2–4 Гвыб/с	15 пс	66 Гвыб/с
		Полоса более 300 МГц при входе 1 МОм	2–4 Гвыб/с	15 пс	
M9211A	Сверхширокополосный высокоскоростной дигитайзер сигналов ПЧ с разрешением 10 бит в формате PXI-H	3 ГГц	4 Гвыб/с	15 пс	66 Гвыб/с

Таблица 2. Дигитайзеры компании Keysight хорошо приспособлены для дискретизации со случайным чередованием выборок и интерполяцией времени запуска (RIS/TTI)

Быстродействие, которое может оказаться слишком высоким

Из таблицы 2 видно, что техника дискретизации со случайным чередованием выборок позволяет получить эффективную частоту дискретизации в десятки или сотни раз выше реальновременной частоты дискретизации АЦП. Однако для достижения этих теоретически возможных пределов необходимо, чтобы сигнал был повторяющимся и устойчивым на протяжении всего цикла сбора данных с таким распределением моментов времени запуска, которое позволяет заполнять каждый бин (шириной равной погрешности интерполяции времени запуска) одной выборочной точкой. Практически дискретизация в таких пределах является избыточной, создающей больше данных, чем требуется, и больше данных для захвата и обработки. Для точного измерения необходимо, чтобы частота дискретизации в два раза превышала частоту самой высокочастотной компоненты в измеряемом сигнале.

Высокоскоростные дигитайзеры компании Keysight

RIS расширяет возможности реальных измерений

Сегодня дискретизация со случайным чередованием выборок (RIS) используется во многих прикладных измерениях.

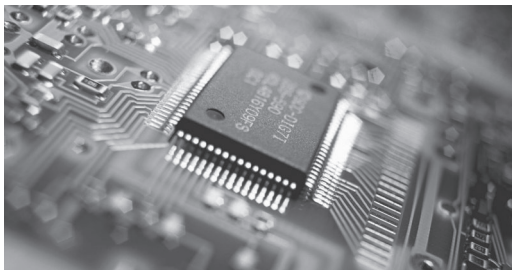
Ультразвуковая диагностика

Для биологических исследований и анализа твёрдых керамических компонентов ультразвуковая диагностика обычно использует частоты до 100 МГц. А в некоторых случаях - до 500 МГц. Такая диагностика требует также широкого динамического диапазона для обнаружения слабых составляющих в возвратном эхо-сигнале.

Лазерный локатор ИК диапазона (LIDAR)

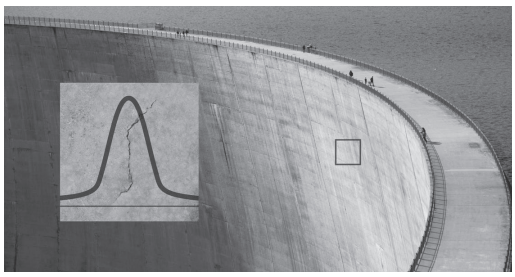
Этот локатор измеряет характеристики рассеянного светового луча для определения расстояния и характеристик цели. При достаточно широкой полосе детекторы и электронные средства приёмника локатора способны создавать короткие импульсы, что позволяет достичь лучшего разрешения при определении цели.

Рефлектометрия во временной области



Рефлектометр во временной области (TDR) определяет характеристики среды передачи путём наблюдения отраженных сигналов. При многократной генерации одного и того же сигнала, метод дискретизации со случайным чередованием выборок может помочь расширить полосу системы в область высоких частот и свести к минимуму время нарастания переходной характеристики системы до уровня, соответствующего полосе аналогового тракта.

Волоконно-оптический датчик или распределённый брэгговский отражатель (DBR - РБО)



Волоконно-оптические устройства, использующие оптоволокно, применяются не только как средства передачи сигналов от удалённых измерительных преобразователей к электронным устройствам обработки сигналов; они теперь выполняют функции самих измерительных преобразователей (датчиков). Распределённый брэгговский отражатель формируется в волоконной среде путём легирования, нагрева или другой обработки волокна для образования нескольких слоёв, перпендикулярных к оси оптоволокна.

На границе каждого слоя происходит частичное отражение оптической волны. Используя этот эффект, можно контролировать взаимодействие оптоволокна с окружающей его средой – при изменении температуры, деформации, изменении химического состава и других факторов – используя оптическую реакцию на короткий световой импульс, посылаемый в оптоволокно.

Изучение возможного подхода

График на рисунке 5 иллюстрирует различие между сигналом с простой обычной дискретизацией (noRIS) и сигналом с дискретизацией со случайным чередованием выборок, полученным при коэффициенте передискретизации (of) = 10, точности передискретизации (oa) = 100 (полная ширина бина) и при of = 10, oa = 20, соответственно. Предел был ограничен ±10 % ширины бина вокруг его середины.

При внимательном рассмотрении рисунка 5 можно обнаружить заметное улучшение в измерении более высокочастотной компоненты, выполненном при коэффициенте передискретизации of = 10, где частота дискретизации превышает частоту Найквиста по сравнению со случаем без использования дискретизации со случайным чередованием выборок. Несколько труднее заметить улучшение между сигналами, полученными при of = 10 и oa = 100.

При захвате дискретизированного сигнала в процессе исполнения цикла программы, значение амплитуды присваивается соответствующему бину, используя его значение позиции по горизонтали (horPos). Приемлемое значение horPos попадает в пределы значений параметров of и oa. Текущие значения horPos и сигнала заменяются только в том случае, если новое значение ближе к центру бина. Сбор данных при дискретизации со случайным чередованием выборок завершается, когда всем бинам присвоены значения позиции по горизонтали horPos и амплитуды сигнала.

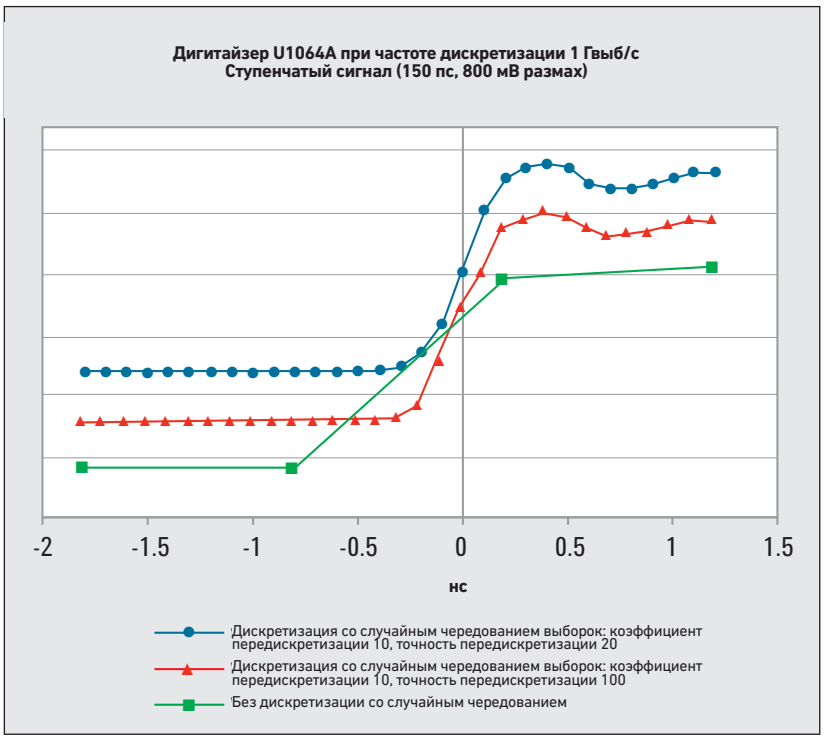


Рисунок 5. Настройка точности передискретизации (oa) для более узкой (частичной) ширины бина даёт более детальное представление сигнала.

Приведённый ниже пример программы демонстрирует один из способов сбора данных и формирования полного набора бинов.

```
while (nb_bin < of) // the RIS acquisition is complete when all bins have been filled
{
    status = Acquire(InstrumentID[InstrIdx]);
    if (status) return status;

    status = AcqrsD1_readData( InstrumentID[InstrIdx],
        channel,
        &readPar,
        waveformArray,
        &descriptor,
        &segDesc);

    nb_iter++;
    index = int(fabs(segDesc.horPos) * of / si); // bin index

    // horPos in range check (oa mode only)
    if ((oa < 100) &&
        ((segDesc.horPos < ris_data[index].lower_bin) ||
         (segDesc.horPos > ris_data[index].upper_bin)))
    {
        skipped++;
        continue; // next acquisition
    }

    // check if a valid horPos value is already set for this bin
    if (ris_data[index].horPos > 0.0)
    {
        // yes, compare with current horPos to keep the closest to center
        if (fabs(ris_data[index].c_bin - segDesc.horPos) >
            fabs(ris_data[index].c_bin - ris_data[index].horPos))
            continue; // next acquisition
    }
    else
        nb_bin++;

    // set the horPos and the waveform for this bin
    ris_data[index].horPos = segDesc.horPos;
    memcpy(ris_data[index].waveformArray, waveformArray, buffer_size);
}
```

Заключительными шагами должно стать перераспределение полученных значений позиций по горизонтали и размещение их в правильном порядке, а затем создание сигнала с временным приращением (ti) между выборками, равным интервалу дискретизации (si), делённому на коэффициент передискретизации (of).

```
for (int d=0; d<descriptor.returnedSamplesPerSeg; d++)
{
    for (int k=of-1; k>=0; k--)
        outFile << ris_data[k].waveformArray[d] << endl;
}
```

Заключение

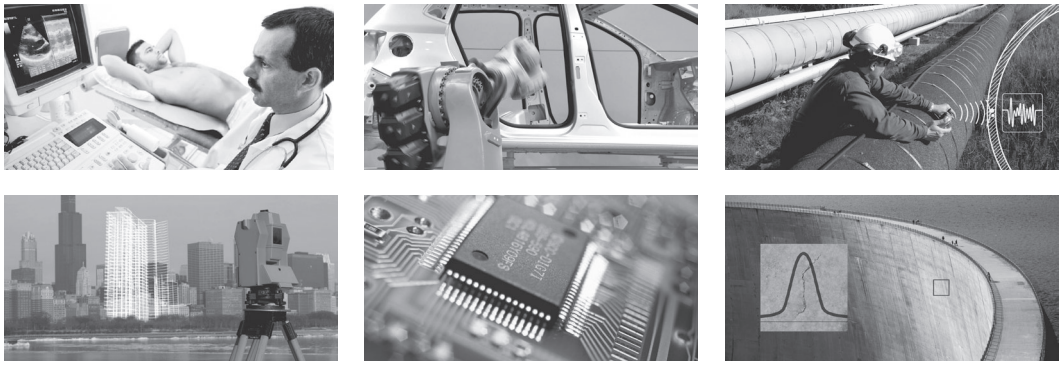
При исследовании быстро повторяющихся сигналов метод дискретизации со случайным чередованием выборок (RIS), доступный благодаря применению интерполяции времени запуска (TTI), может выявить характеристики сигнала вплоть до граничной частоты полосы пропускания аналогового тракта дигитайзера. Это особенно полезно, когда граничная частота полосы пропускания аналогового тракта выше частоты Найквиста при максимальной частоте дискретизации в канале аналого-цифрового преобразования.

Механизм интерполяции времени запуска точно позиционирует момент начала сбора данных между тактами дискретизации и записывает эти данные с каждым повтором сигнала. Эта дополнительная точность тактирования даёт возможность захватывать повторяющиеся сигналы и создавать суб-бины времени (с соответствующими данными) внутри обычных временных бинов АЦП. В результате достигается эффективная частота дискретизации, целочисленно кратная максимальной частоте дискретизации дигитайзера. Это позволяет полностью использовать полосу пропускания аналогового тракта, даже когда максимальная частота дискретизации в реальном времени определяет более низкую частоту Найквиста.

Этот метод успешно применяется в таких приложениях, как ультразвуковая диагностика, лазерная локация в ИК-диапазоне, рефлектометрия во временной области и волоконно-оптические измерительные преобразователи, где используются повторяющиеся сигналы и можно получить пользу от более детального изображения сигнала.

Для более подробного ознакомления с дигитайзерами компании Keysight, поддерживающими метод дискретизации со случайным чередованием выборок и интерполяцией времени запуска, рекомендуется посетить сайт

www.keysight.com/find/embedded-digitizers



Соответствующая информация

Брошюры с описанием продукции

- Keysight U1061A: Acqiris 8-bit high-speed PXI digitizers (Keysight U1061A: высокоскоростные дигитайзеры Acqiris с разрешением 8 бит и шиной PXI). Номер публикации 5989-7361EN
  http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5989-7361EN.pdf
- Keysight U1062A: Acqiris 10-bit high-speed PXI digitizers (Keysight U1062A: высокоскоростные дигитайзеры Acqiris с разрешением 10 бит и шиной PXI). Номер публикации 5989-7111EN
  http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5989-7111EN.pdf
- Keysight U1063A: Acqiris 8-bit high-speed cPCI digitizers (Keysight U1063A: высокоскоростные дигитайзеры Acqiris с разрешением 8 бит и шиной cPCI). Номер публикации 5989-7470EN
  http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5989-7444EN.pdf
- Keysight U1064A: Acqiris 8-bit high-speed cPCI digitizers (Keysight U1064A: высокоскоростные дигитайзеры Acqiris с разрешением 8 бит и шиной cPCI). Номер публикации 5989-7444EN
  http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5989-7443EN.pdf
- Keysight U1065A: Acqiris 10-bit high-speed cPCI digitizers (Keysight U1065A: высокоскоростные дигитайзеры Acqiris с разрешением 10 бит и шиной cPCI). Номер публикации 5989-7443EN
  http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5989-7115EN.pdf
- Keysight U1066A: Acqiris 12-bit high-speed cPCI digitizers (Keysight U1066A: высокоскоростные дигитайзеры Acqiris с разрешением 12 бит и шиной cPCI). Номер публикации 5989-7115EN
  http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5989-7121EN.pdf
- Keysight U1067A: Acqiris 8-bit high-speed PCI digitizers (Keysight U1067A: высокоскоростные дигитайзеры Acqiris с разрешением 8 бит и шиной PCI). Номер публикации 5989-7121EN
  http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5989-7114EN.pdf
- Keysight U1070A: Acqiris 12-bit high-speed PCI digitizers (Keysight U1070A: высокоскоростные дигитайзеры Acqiris с разрешением 12 бит и шиной PCI). Номер публикации 5989-7114EN
  http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5989-7100EN.pdf
- Keysight U1071A: Acqiris 8-bit high-speed PCI digitizer (Keysight U1071A: высокоскоростной дигитайзер Acqiris с разрешением 8 бит и шиной PCI). Номер публикации 5989-7100EN
  http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5990-4316EN.pdf
- Keysight U1084A: Acqiris 8-bit high-speed PCIe digitizer with on-board signal processing (Keysight U1084A: высокоскоростной дигитайзер Acqiris с разрешением 8 бит, шиной PCIe и встроенной обработкой сигнала). Номер публикации 5990-4316EN
  http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5990-4316EN.pdf
- Keysight M9210A: 10-bit PXI-H digitizing scope (Keysight M9210A: высокоскоростной цифровой осциллограф с разрешением 10 бит в формате PXI-H). Номер публикации 5990-6462EN
  http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5990-6462EN.pdf
- Keysight M9211A: 10-bit PXI-H UWB IF digitizer (Keysight M9211A: сверхширокополосный высокоскоростной дигитайзер сигналов ПЧ с разрешением 10 бит в формате PXI-H). Номер публикации 5990-6463EN
  http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5990-6463EN.pdf

Ссылки на web-сайте компании Keysight

- www.keysight.com/find/u1061a
- www.keysight.com/find/u1062a
- www.keysight.com/find/u1063a
- www.keysight.com/find/u1064a
- www.keysight.com/find/u1065a
- www.keysight.com/find/u1066a
- www.keysight.com/find/u1067a
- www.keysight.com/find/u1070a
- www.keysight.com/find/u1071a
- www.keysight.com/find/u1084a
- www.keysight.com/find/m9210a
- www.keysight.com/find/m9211a

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight
Персонализированное представление наиболее важной для Вас информации.

www.axiestandard.org
AXIe представляет собой открытый стандарт, основанный на AdvancedTCA, с расширениями для контрольно-измерительных приложений. Компания Keysight входит в число основателей консорциума AXIe.

http://www.pxisa.org
PXI (PCI eXtensions for Instrumentation) – это формат модульного высокопроизводительного вычислительного и контрольно-измерительного оборудования, предназначенного для работы в жестких производственных условиях.

Торговые партнеры компании Keysight
www.keysight.com/find/channelpartners
Получите двойную выгоду: богатый опыт и широкий выбор продуктов Keysight в сочетании с удобствами, предлагаемыми торговыми партнерами.

CMG и логотип PICMG, CompactPCI и логотип CompactPCI, AdvancedTCA и логотип AdvancedTCA являются зарегистрированными в США товарными знаками консорциума PCI Industrial Computers Manufacturers Group. "PCIe" и "PCI EXPRESS" являются зарегистрированными товарными знаками и/или знаками обслуживания консорциума PCYSIG. Microsoft, Windows, Visual Studio, Visual C++, Visual C# и Visual Basic являются либо зарегистрированными товарными знаками, либо товарными знаками компании Microsoft Corporation в США и/или других странах.

www.keysight.com/find/modular
www.keysight.com/find/digitizers
www.keysight.com/find/emailupdates

Российское отделение

Keysight Technologies

115054, Москва, Космодамианская наб., 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 7973954
8 800 500 9286 (Звонок по России бесплатный)

Факс: +7 (495) 7973902
e-mail: tmo_russia@keysight.com

www.keysight.ru

Сервисный Центр
Keysight Technologies в России
115054, Москва, Космодамианская наб, 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 7973930
Факс: +7 (495) 7973901

e-mail: tmo_russia@keysight.com

(BP-04-23-14)

Информация в данном документе может быть изменена без предварительного уведомления
© Keysight Technologies, 2010-2014
Published in USA, July 31, 2014
5990-6611RURU
www.keysight.com