

Лекция 3

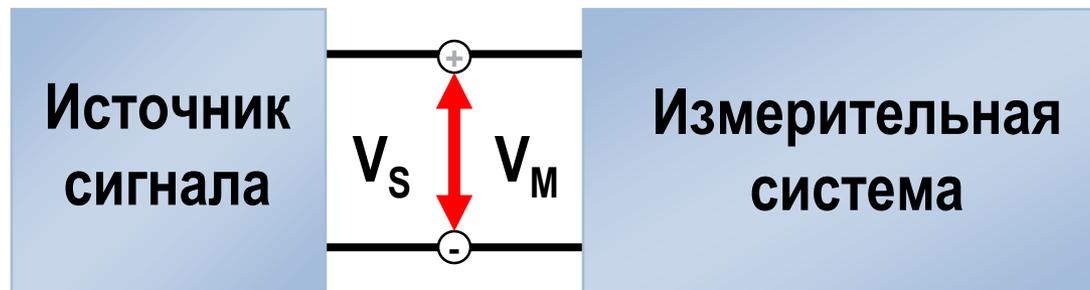
Аналоговый ввод

ТЕМЫ

- A. Заземление
- B. Дискретизация
- C. Поточечный сбор данных
- D. Архитектура DAQ устройств
- E. Получение конечной выборки данных с буферизацией
- F. Непрерывный сбор данных с буферизацией
- G. Запуск сбора данных

А. Заземление

- Для получения корректных результатов измерений необходимо правильно выполнить заземление системы
- Способ заземления источника сигнала влияет на выбор способа заземления инструментального усилителя DAQ устройства
- Для правильного заземления вашей измерительной системы необходимо:
 1. Определить, как соединяется с землей ваш источник сигнала
 2. Выбрать способ заземления вашей измерительной системы



Виды источников сигнала

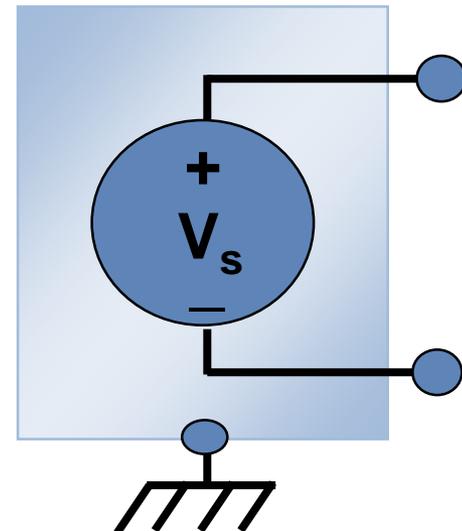
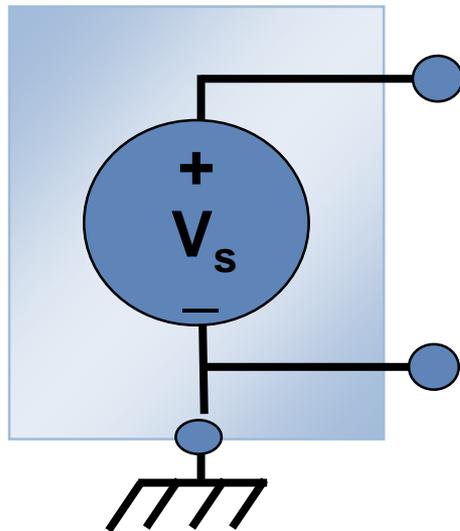
Источник сигнала



Grounded - Заземленный



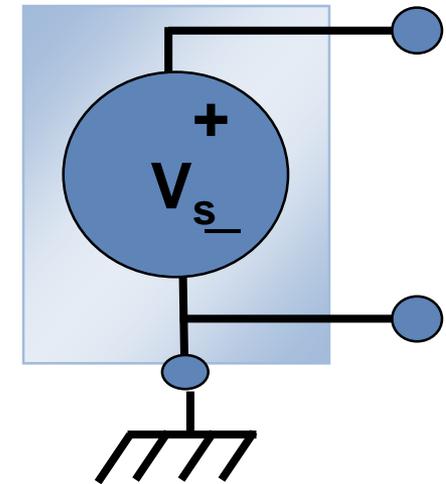
Floating (ungrounded) –
плавающий (незаземленный)



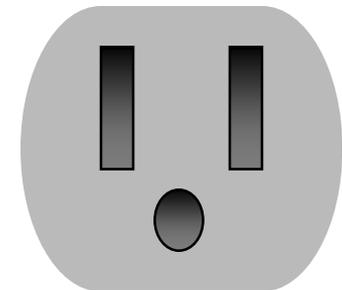
Заземленный источник сигнала

- Сигнал измеряется относительно системного заземления, если
 - Источник соединен с шиной заземления
 - Источник соединен с заземлением здания
- Примеры:
 - Источники питания
 - Генераторы сигналов
 - Любое устройство, включенное в заземленную сетевую (силовую) розетку

Соединен с шиной заземления



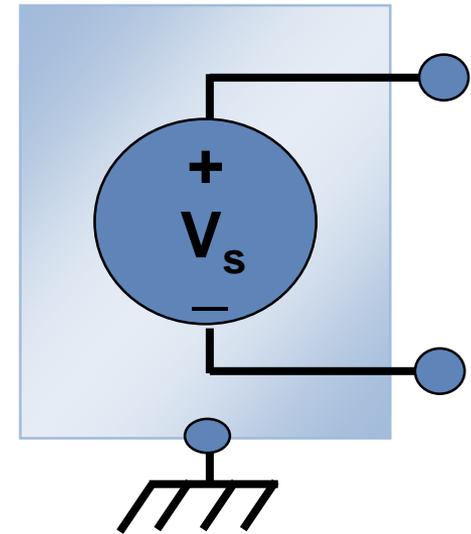
Заземлен через сетевую розетку



Плавающий источник сигнала

- Источник сигнала НЕ связан с заземлением системы
 - С шиной заземления
 - С заземлением здания
- Примеры:
 - Батарейки
 - Термопары
 - Трансформаторы
 - Изолирующие усилители

Плавающий

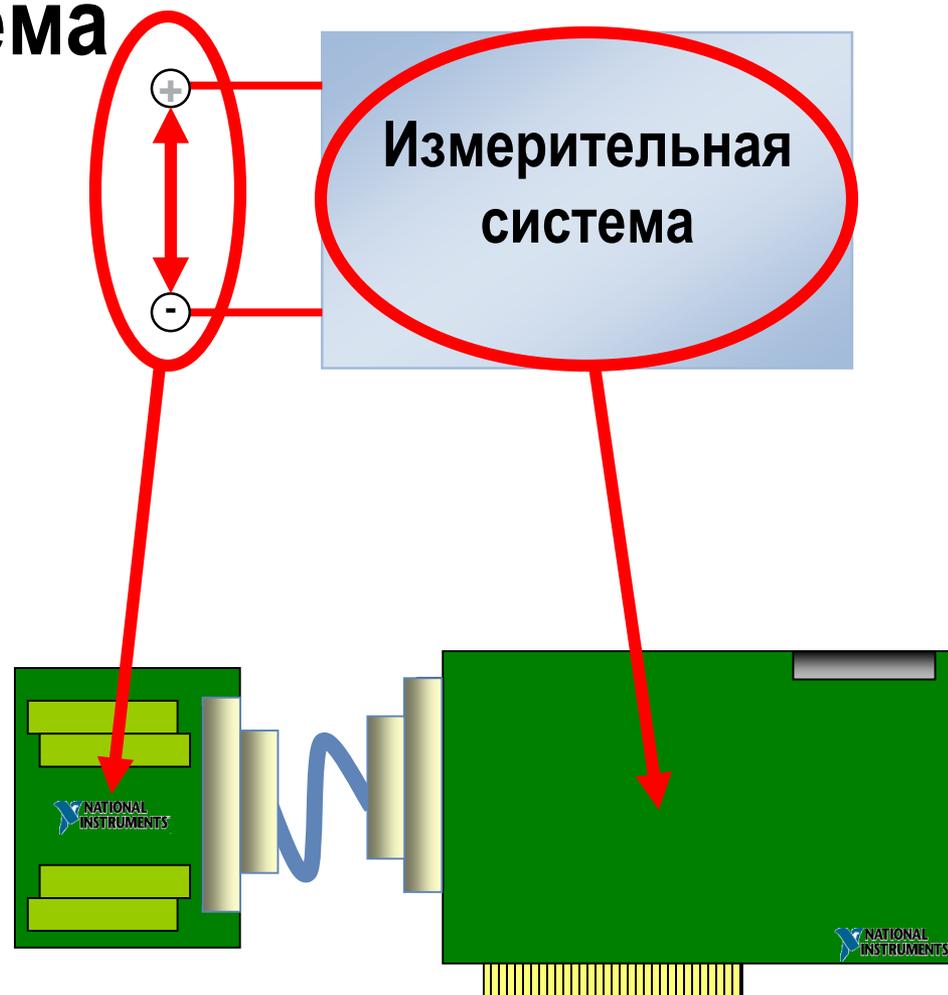


Батарейка



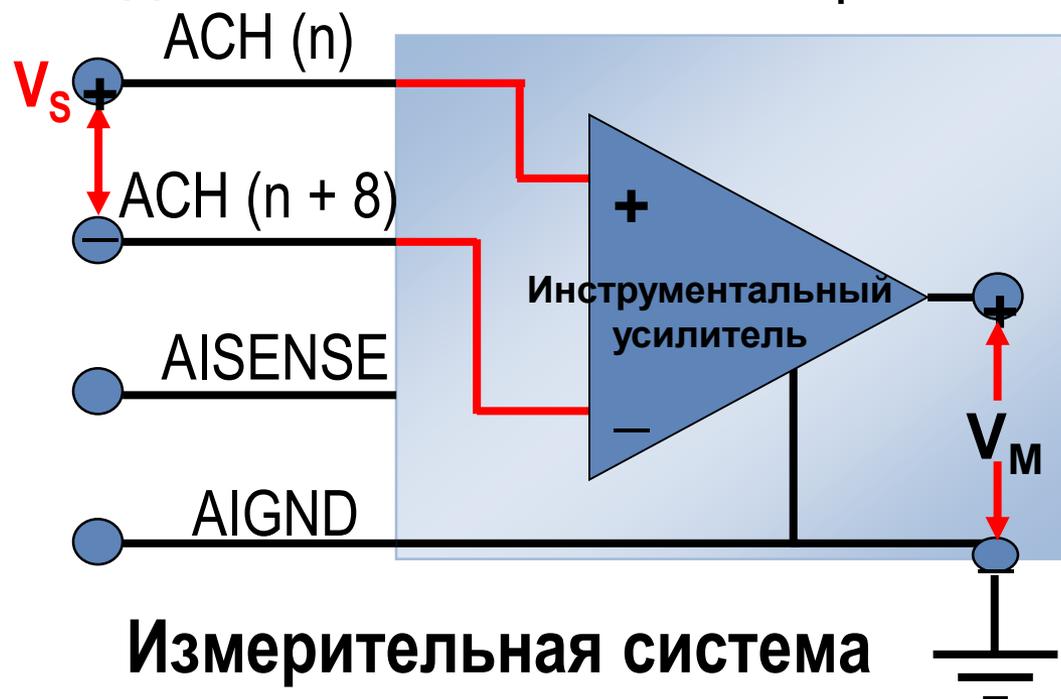
Измерительная система

- Существует три способа подключения источников сигналов к системе измерений
 - Differential – дифференциальный (симметричный)
 - Referenced Single-Ended (RSE) – несимметричный с заземлением
 - Non-Referenced Single-Ended (NRSE) – несимметричный без заземления
- Выбор способа подключения зависит от способов заземления источника сигнала



Differential Mode – дифференциальное подключение

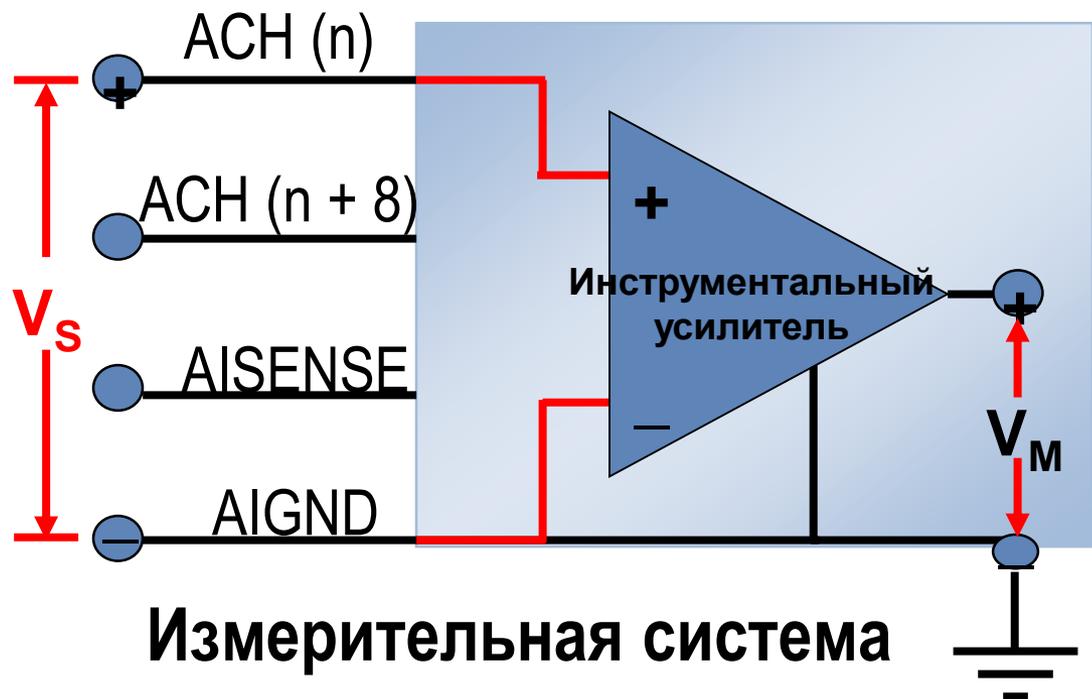
- Для каждого источника используются два канала – ACH 0 в паре с ACH 8, ACH 1 в паре с ACH 9 и т.д.
- Подавляются помехи и напряжение общего вида



ACH8	34	68	ACH0
ACH1	33	67	AIGND
AIGND	32	66	ACH9
ACH10	31	65	ACH2
ACH3	30	64	AIGND
AIGND	29	63	ACH11
ACH4	28	62	AISENSE
AIGND	27	61	ACH12
ACH13	26	60	ACH5
ACH6	25	59	AIGND
AIGND	24	58	ACH14
ACH15	23	57	ACH7

Referenced Single-Ended (RSE) Mode – несимметричное подключение с заземлением

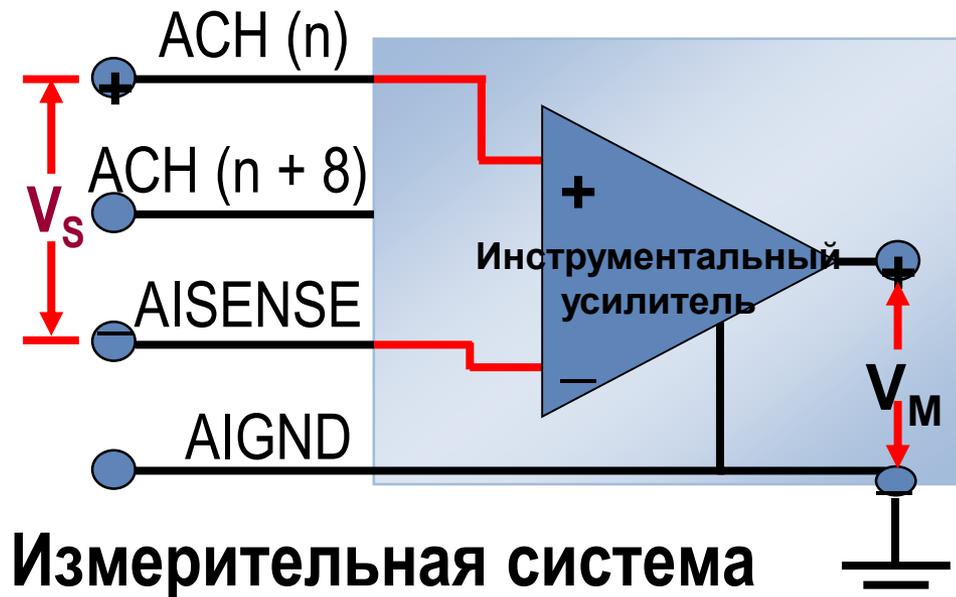
- Измерения выполняются относительно заземления системы
- Для каждого источника сигнала используется по одному каналу
- Напряжение общего вида не подавляется



ACH8	34	68	ACH0
ACH1	33	67	AIGND
AIGND	32	66	ACH9
ACH10	31	65	ACH2
ACH3	30	64	AIGND
AIGND	29	63	ACH11
ACH4	28	62	AISENSE
AIGND	27	61	ACH12
ACH13	26	60	ACH5
ACH6	25	59	AIGND
AIGND	24	58	ACH14
ACH15	23	57	ACH7

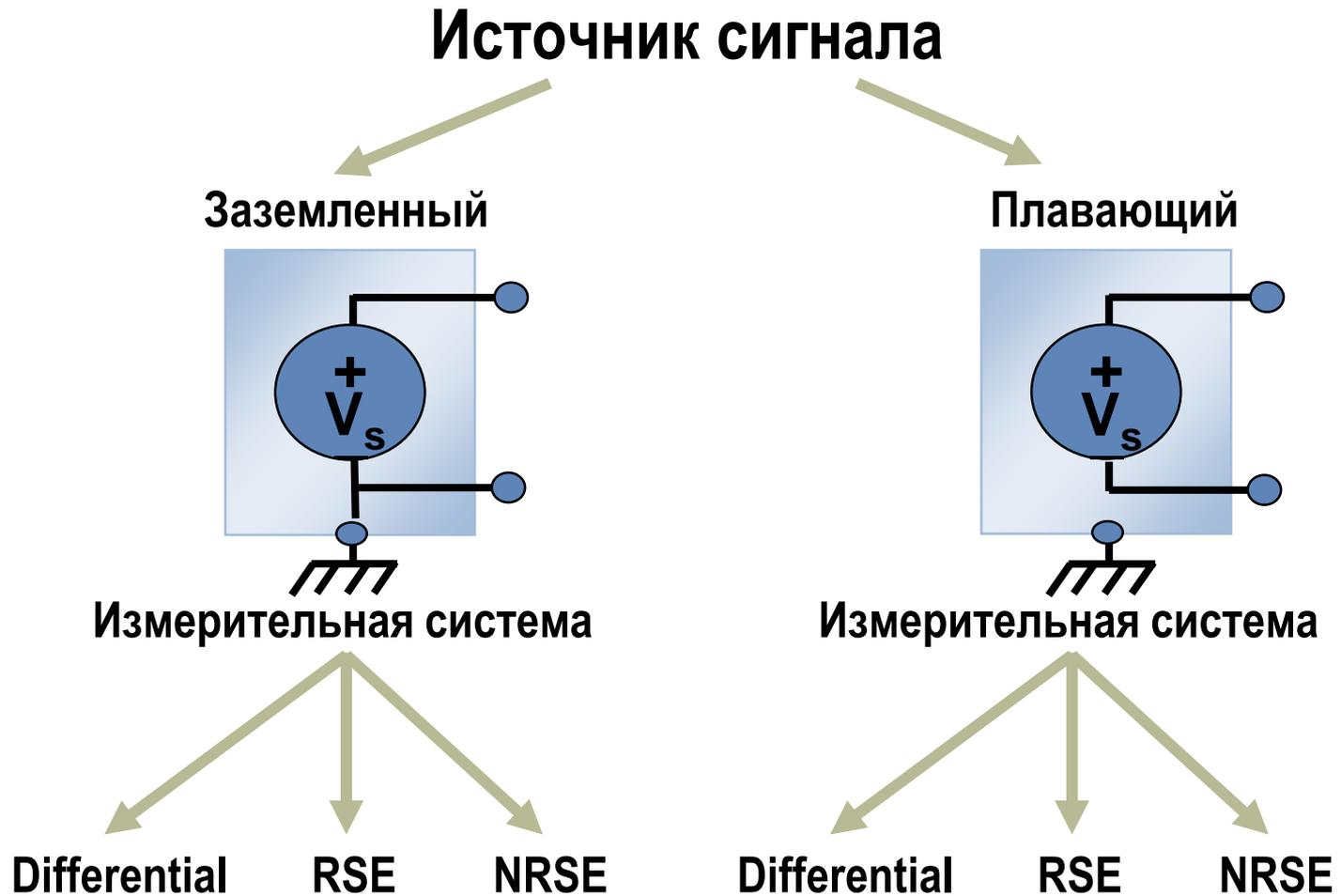
Non-Referenced Single-Ended (NRSE) Mode – несимметричное подключение без заземления

- Разновидность несимметричного подключения
- Для каждого источника сигнала используется по одному каналу
- Измерения выполняются относительно AISENSE, а не относительно заземления системы
- Терминал AISENSE – плавающий
- Напряжение общего вида не подавляется

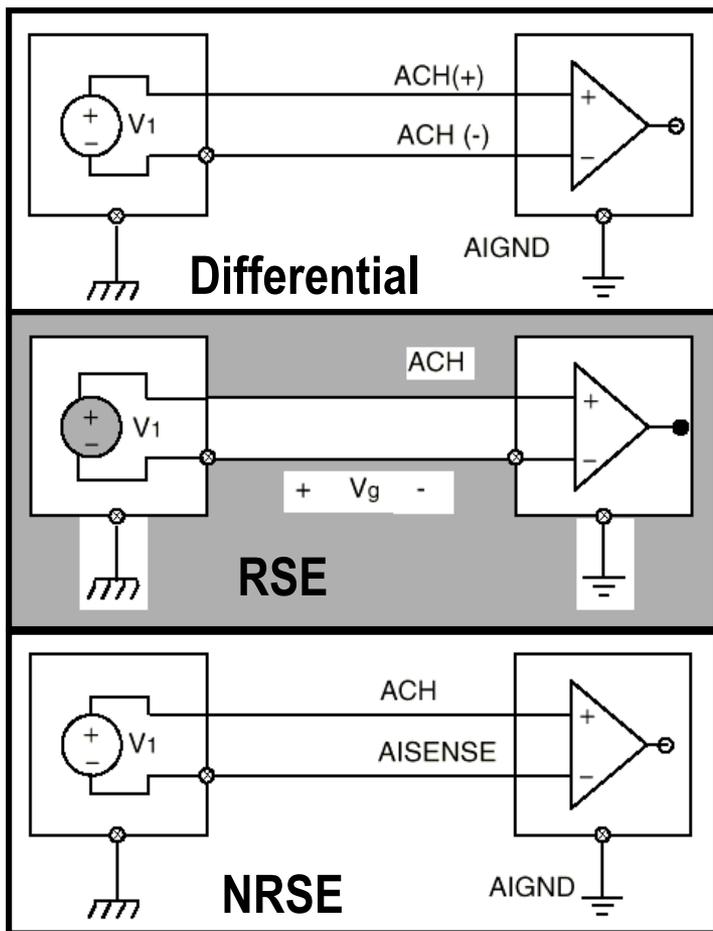


ACH8	34	68	ACH0
ACH1	33	67	AIGND
AIGND	32	66	ACH9
ACH10	31	65	ACH2
ACH3	30	64	AIGND
AIGND	29	63	ACH11
ACH4	28	62	AISENSE
AIGND	27	61	ACH12
ACH13	26	60	ACH5
ACH6	25	59	AIGND
AIGND	24	58	ACH14
ACH15	23	57	ACH7

Выбираем подключение к измерительной системе



Варианты для заземленных источников сигналов



Лучше

- + Подавляется напряжение общего вида
- Количество каналов уменьшается вдвое

Не рекомендуется

- Разность потенциалов (V_g) между двумя точками заземления создает контуры, из-за которых устройство может выйти из строя

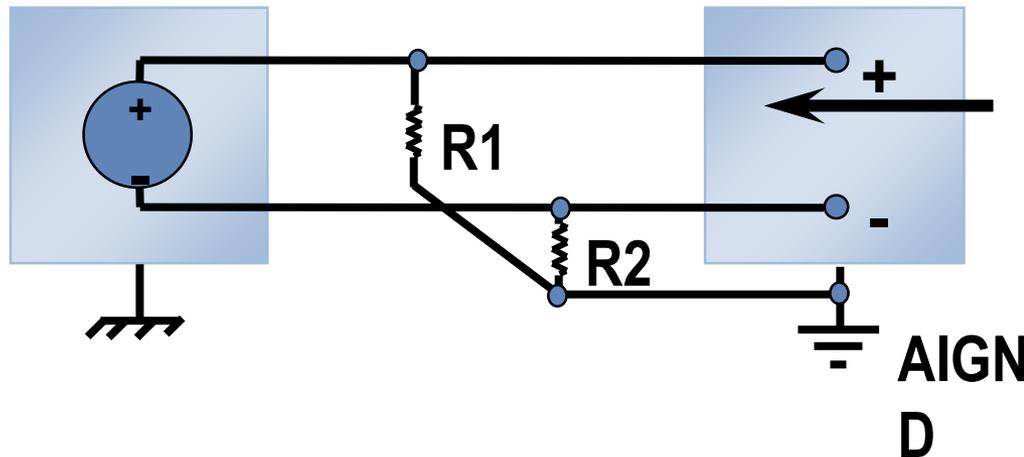
Хорошо

- + Позволяет использовать все каналы
- Не подавляется напряжение общего вида

Резисторы смещения

Источник сигнала

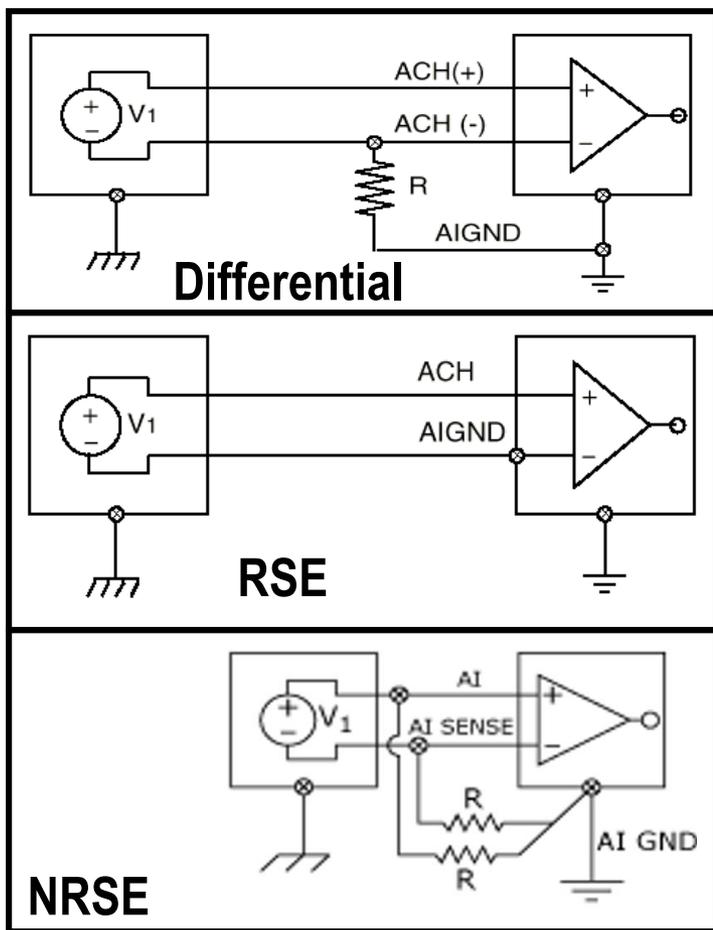
Измерительная система



Источником тока смещения в системе является инструментальный усилитель

- Нужны, если источник сигнала и система измерений плавающие (Differential или NRSE)
- Резисторы смещения создают путь для возврата токов смещения инструментального усилителя в цепь заземления
- Рекомендуются значения от 10 кОм до 100 кОм

Варианты для плавающих источников сигналов



Превосходно

- + Подавляется напряжение общего вида
- Количество каналов уменьшается вдвое
- Нужны резисторы смещения

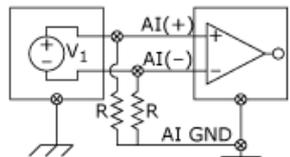
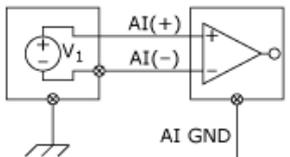
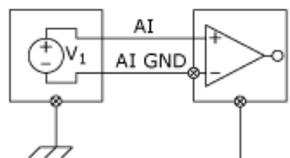
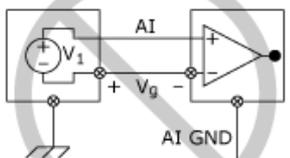
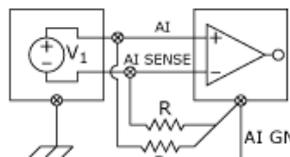
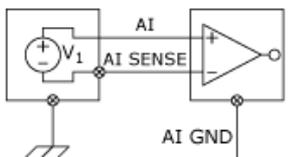
Лучше

- + Позволяет использовать все каналы
- + Резисторы смещения не нужны
- Не подавляется напряжение общего вида

Хорошо

- + Позволяет использовать все каналы
- Нужны резисторы смещения
- Не подавляется напряжение общего вида

Обзор схем подключения источников сигналов

Input Configuration	Signal Source Type	
	Floating Signal Source (Not Connected to Building Ground)	Grounded Signal Source
	Examples <ul style="list-style-type: none"> • Thermocouples • Signal Conditioning with Isolated Outputs • Battery Devices 	Examples <ul style="list-style-type: none"> • Plug-in Instruments with Nonisolated Inputs
Differential (DIFF)	 <p>Two resistors ($10\text{ k}\Omega < R < 100\text{ k}\Omega$) provide return paths to ground for bias currents</p>	
Single-Ended - Ground Referenced (RSE)		<p>NOT RECOMMENDED</p>  <p>Ground-loop losses, V_g, are added to measured signal.</p>
Single-Ended - Nonreferenced (NRSE)		

Упражнение 3-1: Differential, RSE и NRSE

Научиться выбирать способ заземления измерительной системы и правильно подключать источник сигнала к системе.

GOAL

ЦЕЛЬ

Упражнение 3-1: Differential, RSE и NRSE

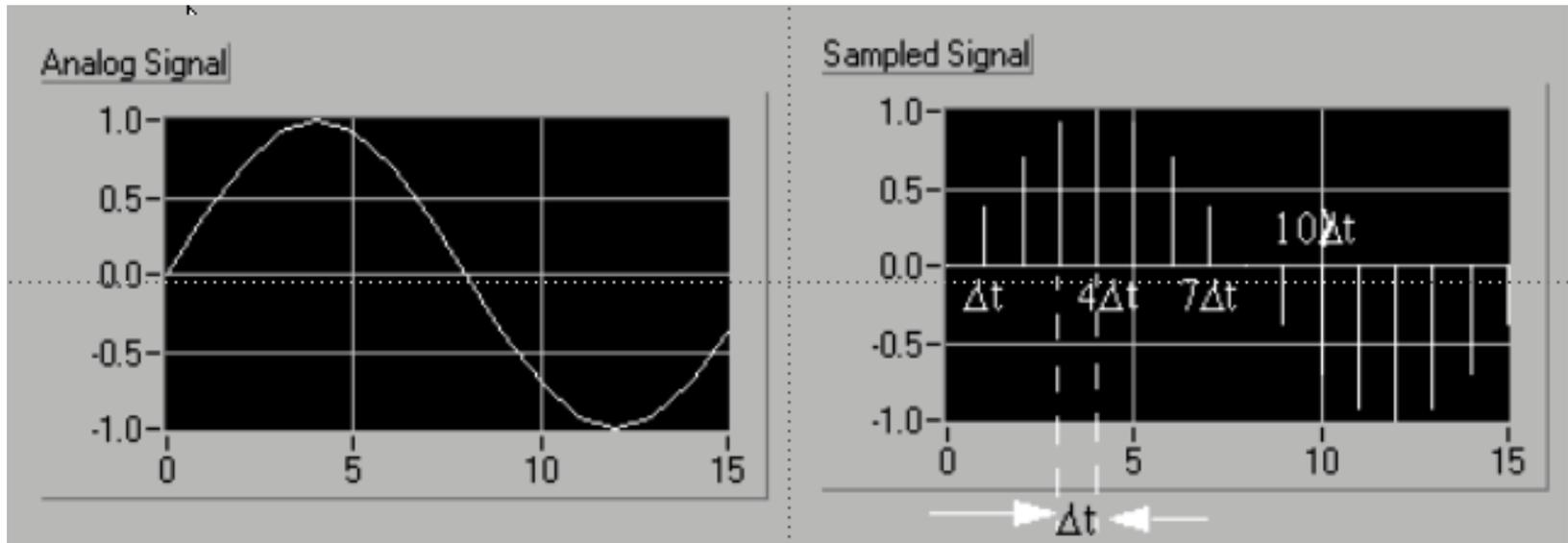
- Какие доводы за и против выбора схемы подключения RSE для плавающих источников сигнала?
- Какие доводы за и против выбора дифференциальной схемы подключения для плавающих источников сигнала?

ОБСУЖДЕНИЕ

DISCUSSION

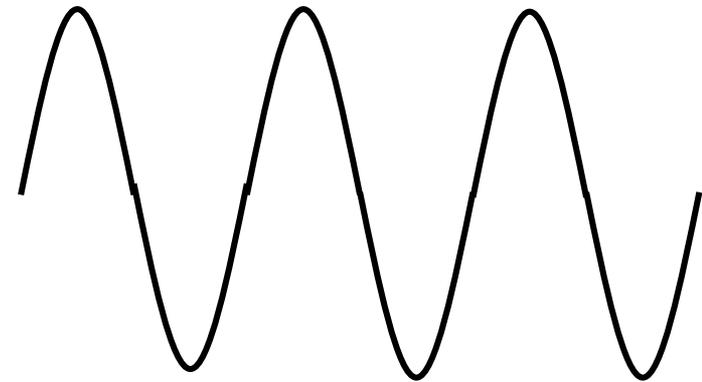
Дискретизация сигналов во времени

- Отдельные отсчеты можно записать, как : $x[i] = x(i\Delta t)$, for $i = 0, 1, 2, \dots$
- Если получено N отсчетов сигнала $x(t)$:
 $X = \{x[0], x[1], x[2], \dots, x[N-1]\}$
- Последовательность отсчетов $X = \{x[i]\}$ индексируется по i и не содержит информации о частоте дискретизации

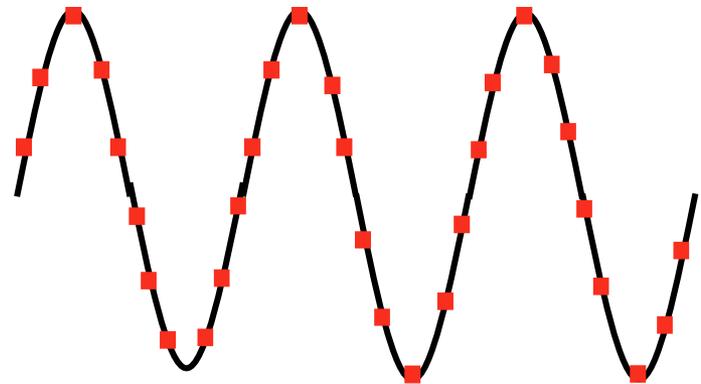


В. Дискретизация сигналов

- В действительности входной аналоговый сигнал является непрерывным во времени
- Дискретизированный сигнал – это последовательность отсчетов, полученных с заданной частотой дискретизации
- Чем чаще берутся отсчеты, тем больше дискретизированный сигнал похож на реальный сигнал
- Если отсчеты берутся недостаточно часто, то возникает проблема, называемая Алиасингом (Aliasing)



Реальный сигнал

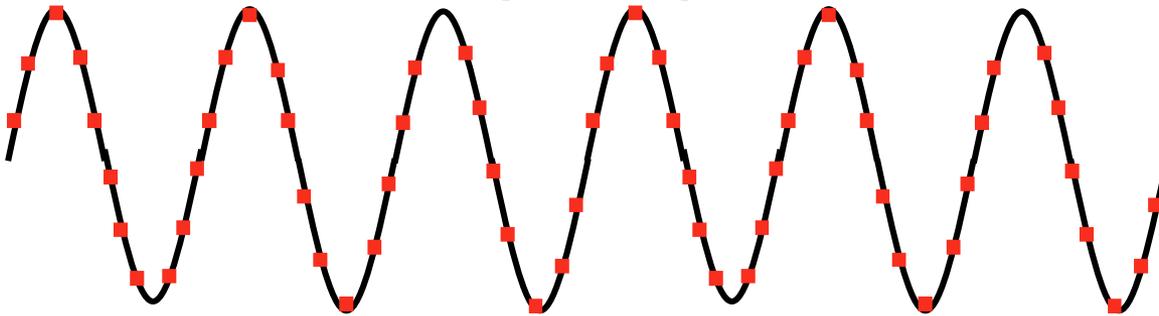


Дискретизированный сигнал

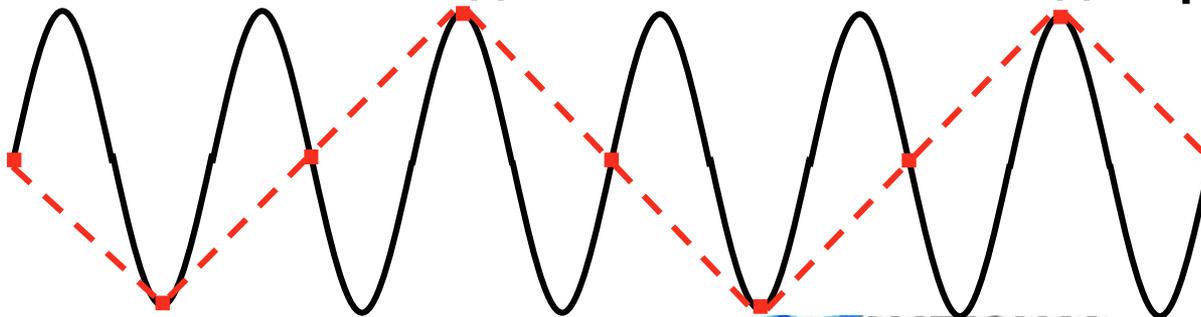
Aliasing

- Частота дискретизации определяет, как часто выполняется аналого-цифровое преобразование
- Alias – искаженное представление сигнала

Адекватно дискретизированный сигнал



Искажение из-за недостаточной частоты дискретизации



Теорема Найквиста

Для точного представления ЧАСТОТЫ исходного сигнала его нужно дискретизировать с частотой, **не менее, чем в 2 раза превышающей максимальную частотную компоненту** сигнала.

ПРИМЕЧАНИЕ: Для представления формы сигнала частота дискретизации должна быть в 5–10 раз выше максимальной частотной компоненты сигнала.

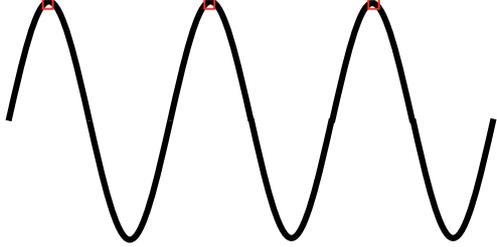
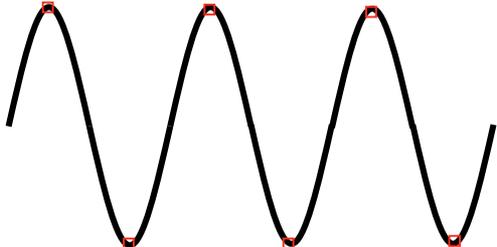
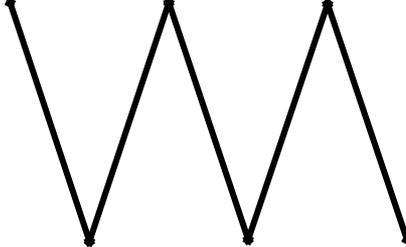
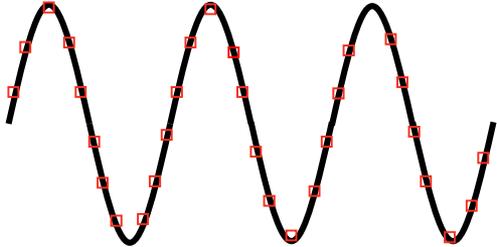
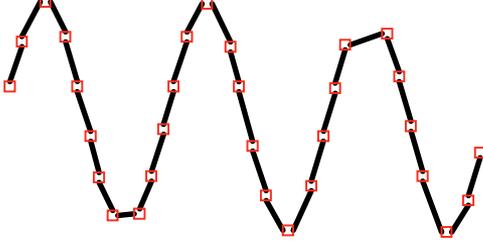
Частота Найквиста

- Частота Найквиста в 2 раза меньше частоты дискретизации
- Вы можете правильно представить сигналы, если их частота меньше либо равна частоте Найквиста
- Сигналы с частотой выше частоты Найквиста искажаются в соответствии с формулой:

Ложная частота =

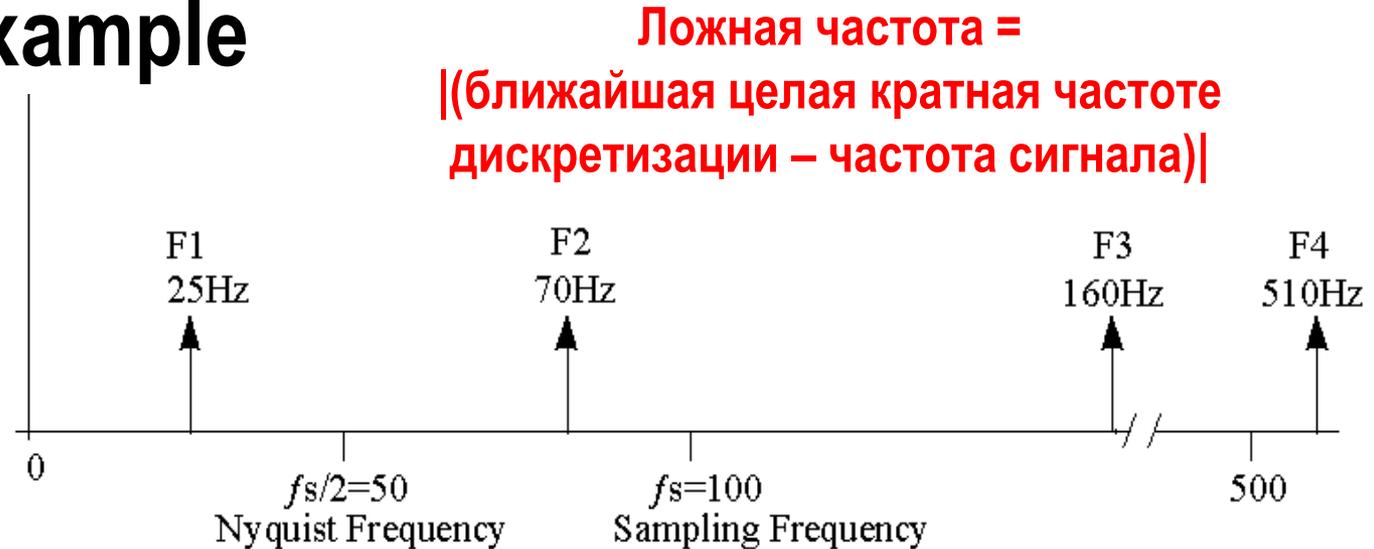
|((ближайшая целая кратная частоте дискретизации – частота сигнала)|

Примеры

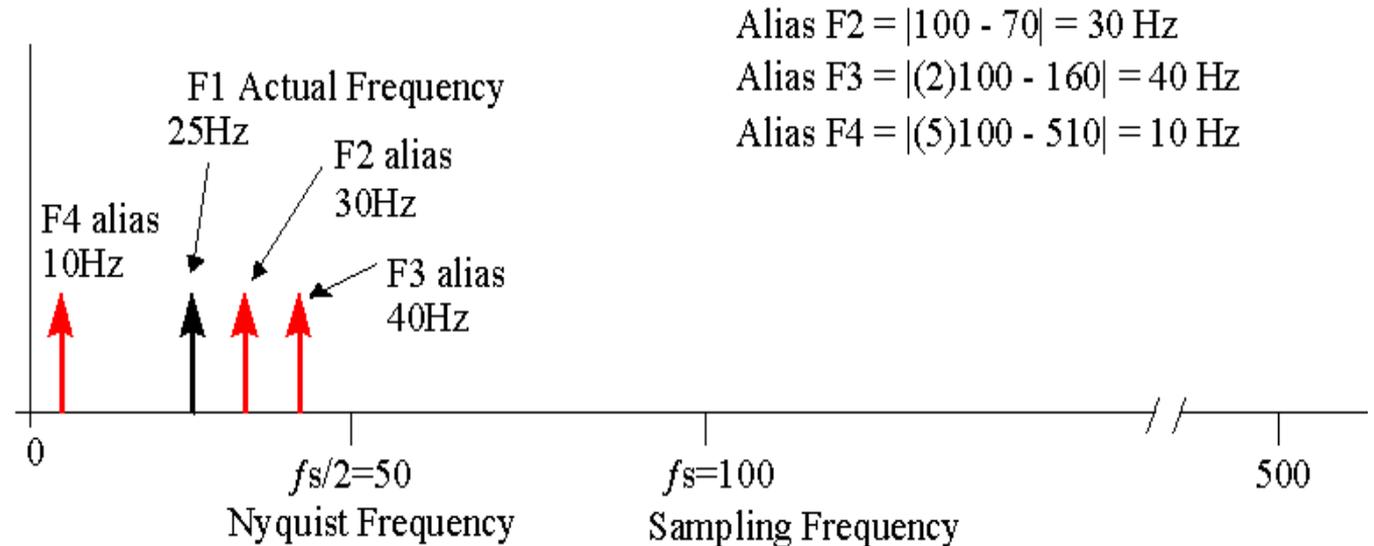
 <p>Синусоида 100 Гц</p>	 <p>Частота отсчетов 100Гц</p>	Искаженный сигнал
 <p>Синусоида 100 Гц</p>	 <p>Частота отсчетов 200Гц</p>	Дискретизация адекватна только для определения частоты сигнала (равна # периодов)
 <p>Синусоида 100 Гц</p>	 <p>Частота отсчетов 1 кГц</p>	Дискретизация адекватна для определения и частоты, и формы сигнала

Aliasing Example

Сигналы до дискретизации



Сигналы после дискретизации



Предотвращение Aliasing'a

Передискретизация

- + Увеличивает частоту Найквиста
- ADC может оказаться недостаточно быстродействующим

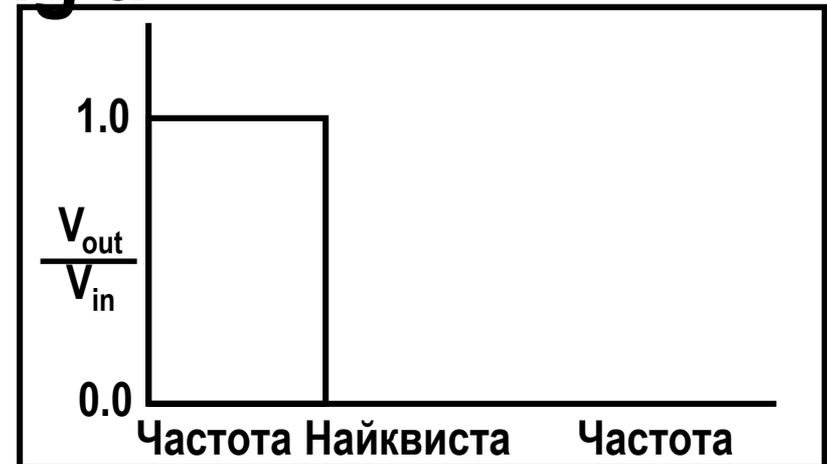
Низкочастотная фильтрация

- + Удаляет большинство частот выше частоты среза фильтра
- Некоторые ложные частоты пропускаются в переходной области

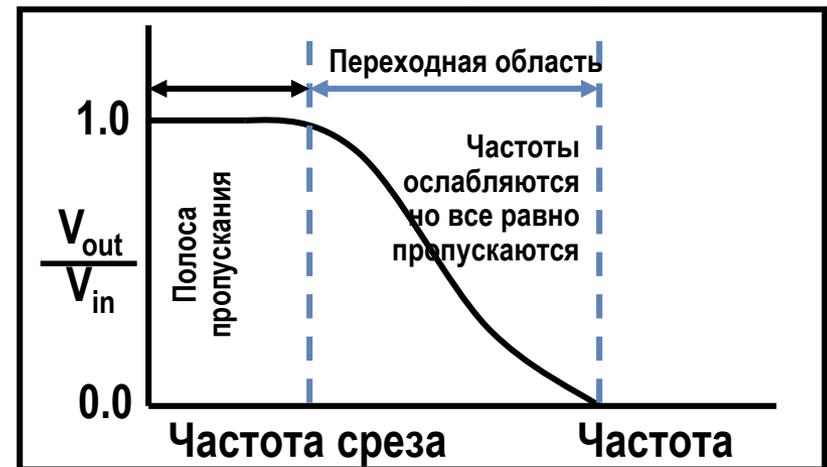
Лучшее решение

- Применить и передискретизацию, и низкочастотную фильтрацию

Идеальный фильтр



Реальный фильтр



Упражнение 3-2: Частота дискретизации и Алиасинг

Продемонстрировать явление алиасинга и влияние частоты дискретизации входного сигнала

GOAL

ЦЕЛЬ

Упражнение 3-2: Частота дискретизации и Алиасинг

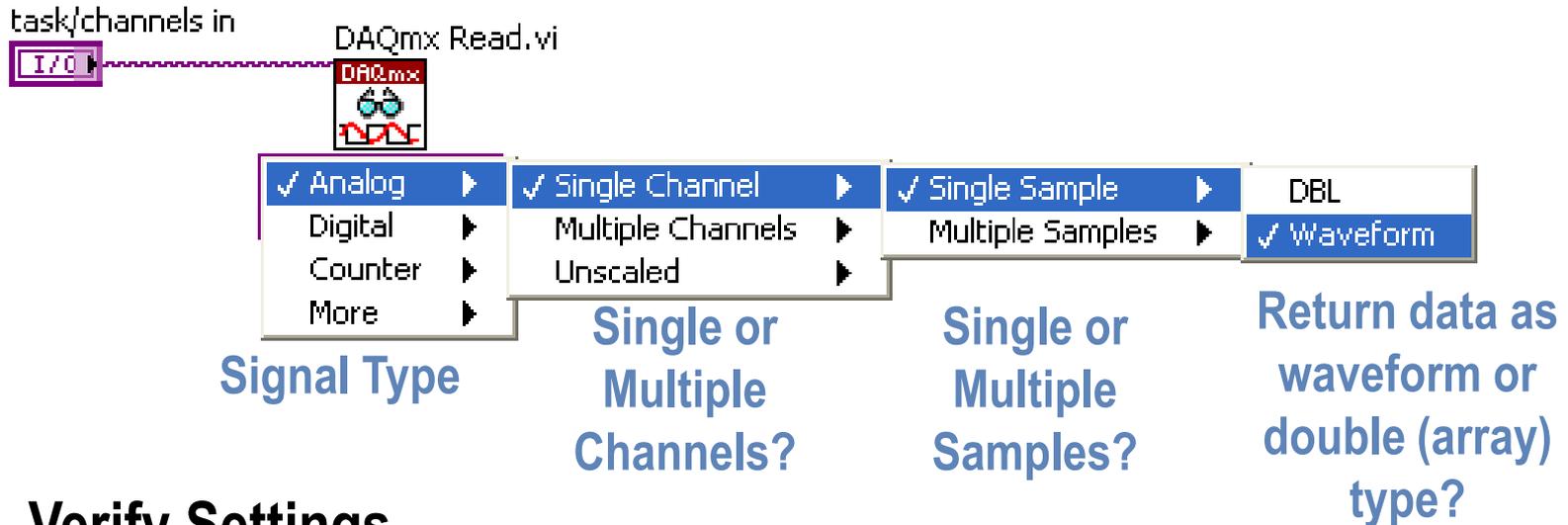
- Если частота сигнала аналогового вывода равна 5000 Гц, какова должна быть частота дискретизации аналогового ввода сигнала, чтобы правильно определить частоту выводимого аналогового сигнала?

ОБСУЖДЕНИЕ

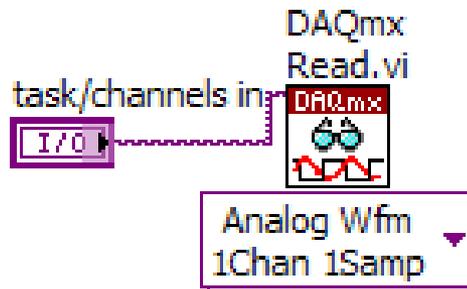
DISCUSSION

Функция DAQmx Read

1. Select Settings



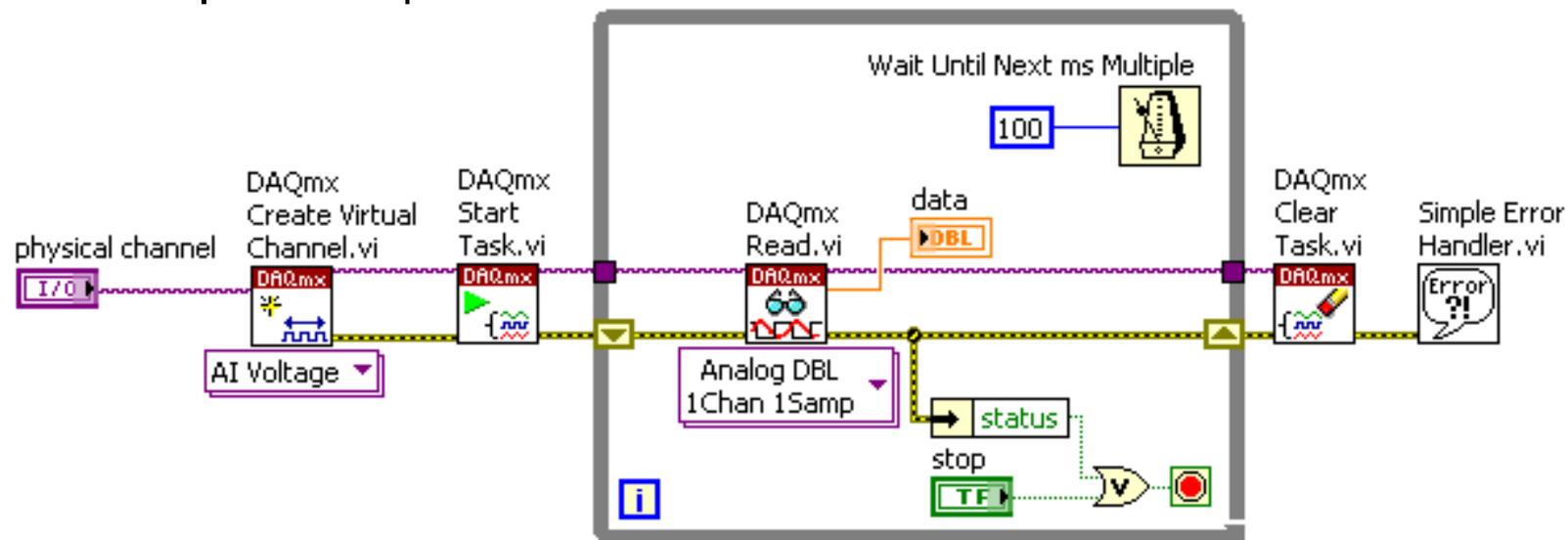
2. Verify Settings



- ✓ Analog
- ✓ 1 Channel
- ✓ 1 Sample
- ✓ Waveform

С. Сбор данных по одному отсчету с программной синхронизацией

- DAQmx Read VI
 - На каждой итерации считывается по одному отсчету
- Wait Until Next ms Multiple function
 - Определяет частоту сбора данных при программной синхронизации



Упражнение 3-3: Voltmeter VI

Измерить аналоговый сигнал с помощью DAQ устройства.

GOAL

ЦЕЛЬ

Упражнение 3-3: Voltmeter VI

- Чем определяется частота получения отсчетов в этом VI?

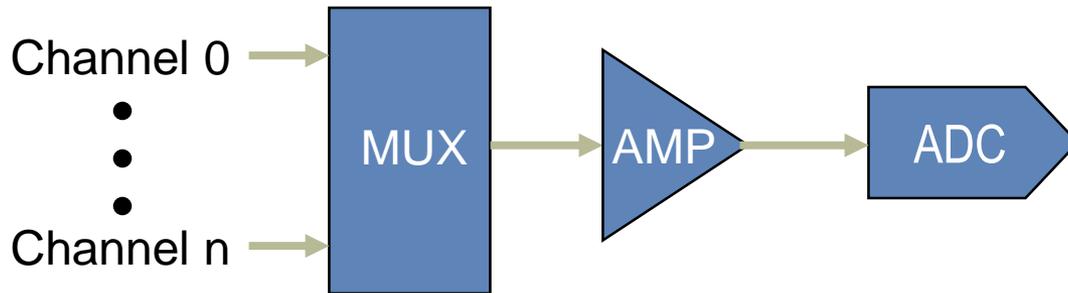
ОБСУЖДЕНИЕ

DISCUSSION

D. Архитектура DAQ устройств

Один усилитель и один АЦП для ВСЕХ каналов

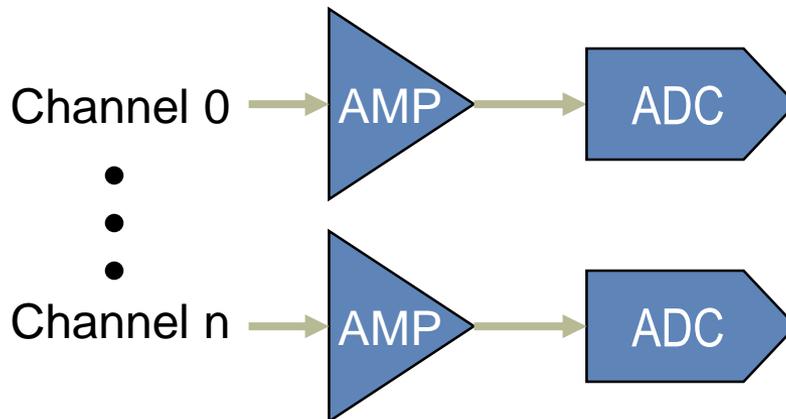
- Экономно по стоимости
- Используется в устройствах M серии и некоторых устройствах X серии



Архитектура с поочередной дискретизацией

По одному усилителю и одному АЦП в каждом канале

- Дороже
- Используется в большинстве устройств S серии, устройствах cDAQ и некоторых устройствах X серии



Архитектура с одновременной дискретизацией

Терминология процесса взятия отсчетов

- **Sample** - отсчет

- Один результат измерения для одного канала

- **Sample Rate** – частота преобразования

- Количество отсчетов на канал в секунду

- **Sample Clock** – импульс взятия отсчета

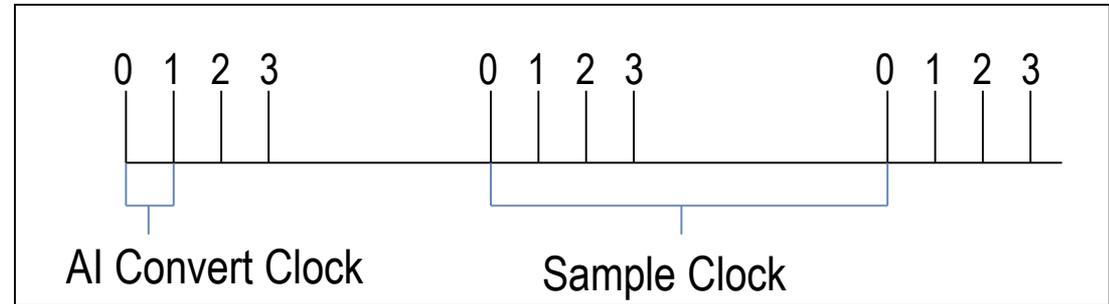
- Тактовый импульс, задающий интервал времени между отсчетами

- В течение каждого периода импульсов отсчетов получают по одному отсчету в каждом канале

- **AI Convert Clock** – импульс преобразования при аналоговом вводе

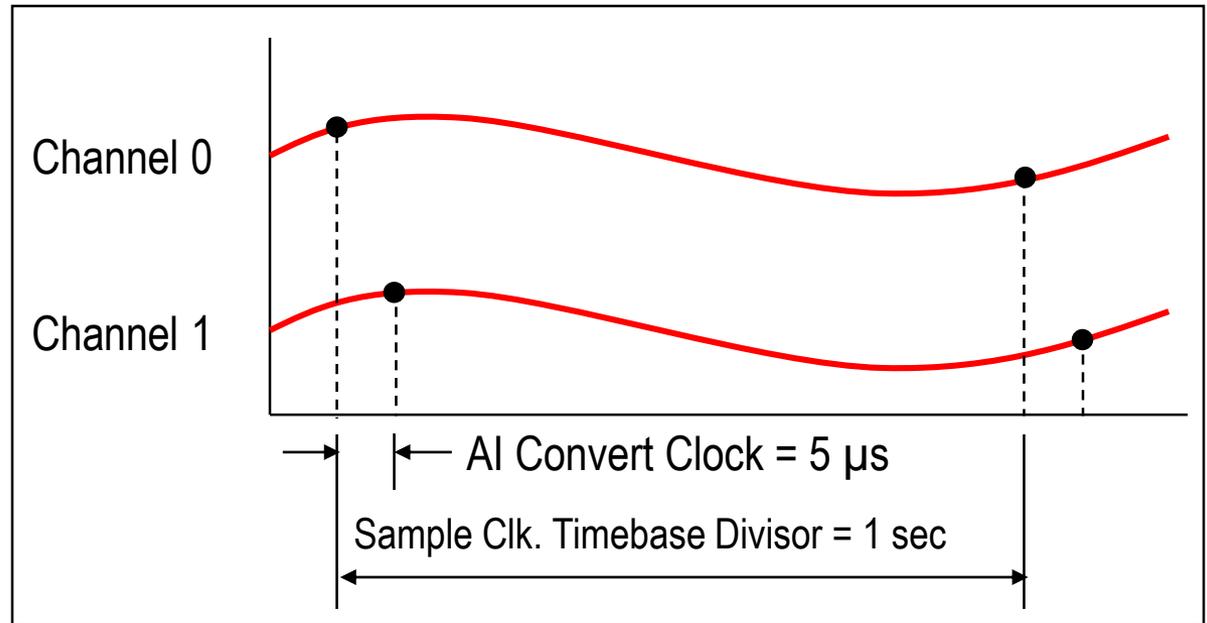
- Импульс, по которому запускается аналого-цифровое преобразование

- Межканальная задержка



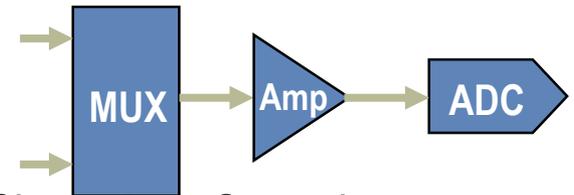
Дискретизация с мультиплексированием

- Используются Sample Clock и AI Convert Clock
 - Создает эффект одновременной дискретизации при малых затратах
- По умолчанию NI-DAQmx выбирает самую высокую из возможных частот AI Convert Clock для соответствующего времени установления сигнала
 - Можно вручную задать частоту AI Convert Clock с помощью узла свойств



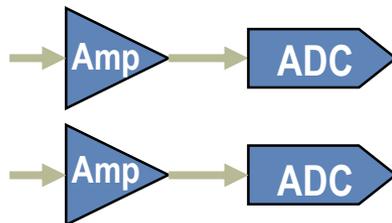
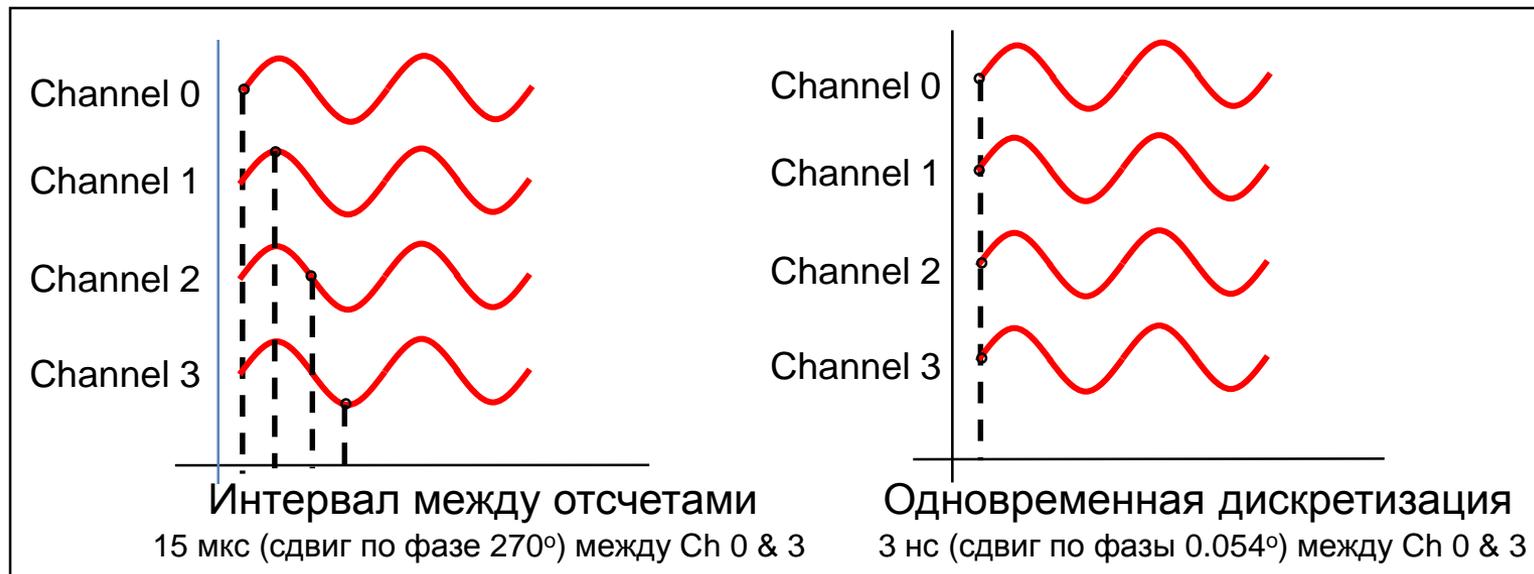
Пример для двух каналов

- Отсчетов на канал в секунду = 1 sample/chan/sec
- Делитель опорной частоты Sample Clock = 1/Samples per Channel per Second = 1sec/chan/sample
- Время взятия отсчетов = $(\# \text{ of channels} - 1) * \text{AI Convert Clock} = 5 \mu\text{s}$



Одновременная дискретизация

- Используют, если важны временные соотношения между сигналами
- Реализована во всех устройствах S серии и некоторых устройствах X серии
- При взятии отсчетов используются только импульсы Sample Clock

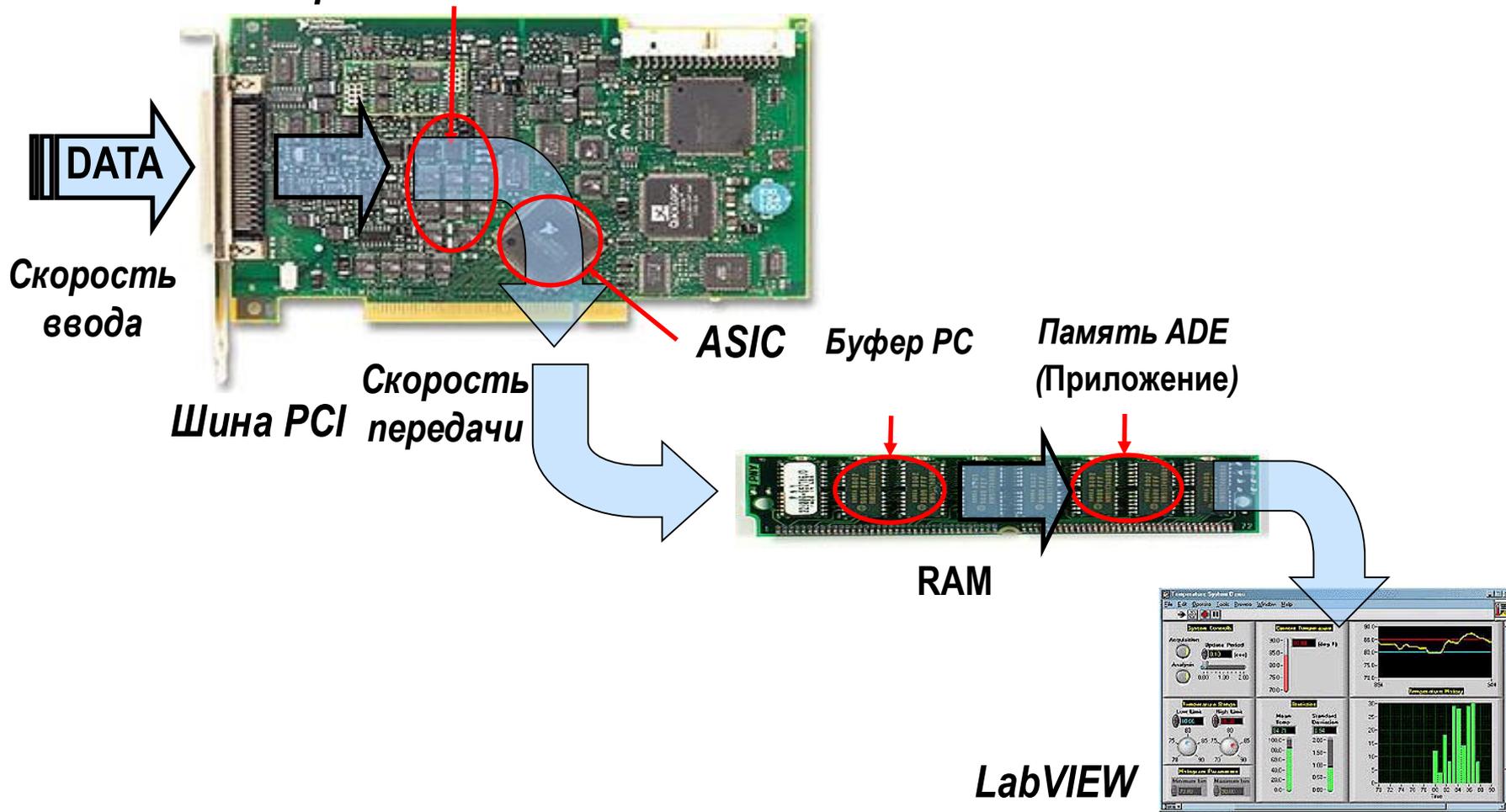


Буферизированный аналоговый ввод

- Буфер – временное хранилище в памяти компьютера, используемое для сбора или генерации данных
- Механизм передачи данных пересылает отсчеты из вашего устройства в буфер, где они ожидают вызова DAQmx Read VI для копирования в прикладную программу
 - Пересылка данных конечного объема
 - Непрерывная пересылка

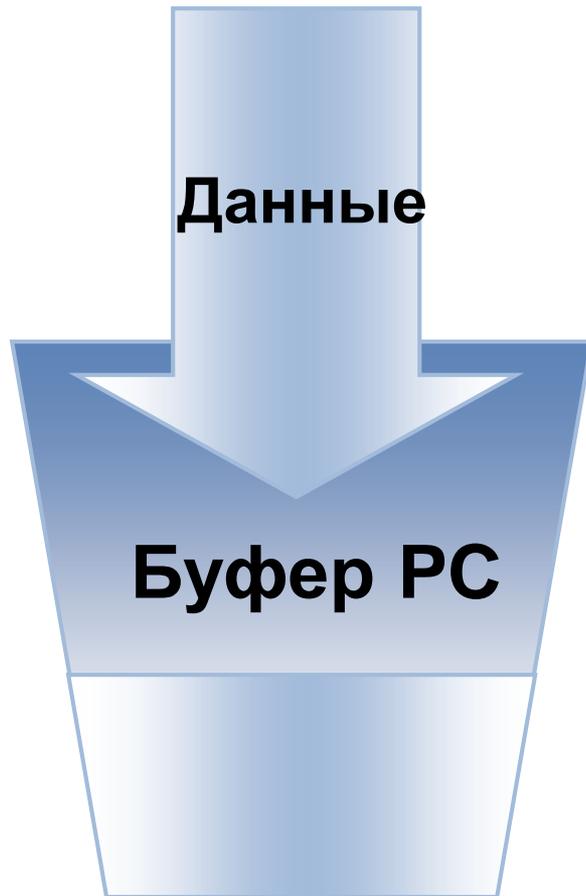
Пересылка данных в операции ввода

Встроенная память FIFO



Теория буферизированного сбора массива данных конечного размера

Теория ведра

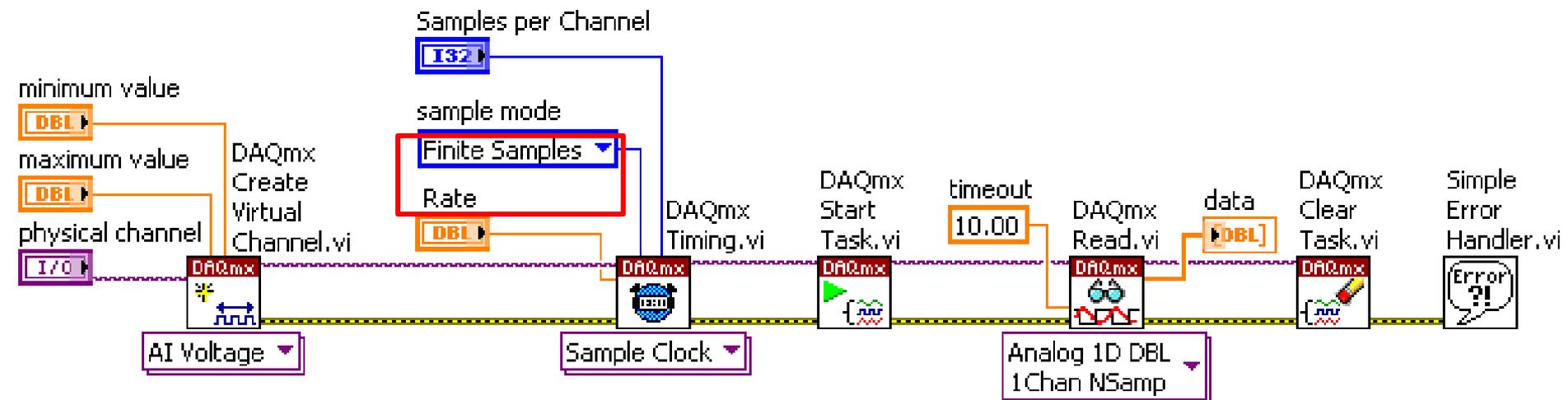


Представим буфер РС как сосуд, наполняемый водой

- Размер буфера = объем сосуда
- Частота дискретизации определяет, насколько быстро вода наполнит сосуд
- Когда сосуд наполнится, вы помещаете его в приложение
- Буфер РС в действительности назначается в памяти RAM

Е. Буферизированный сбор массива данных конечного размера

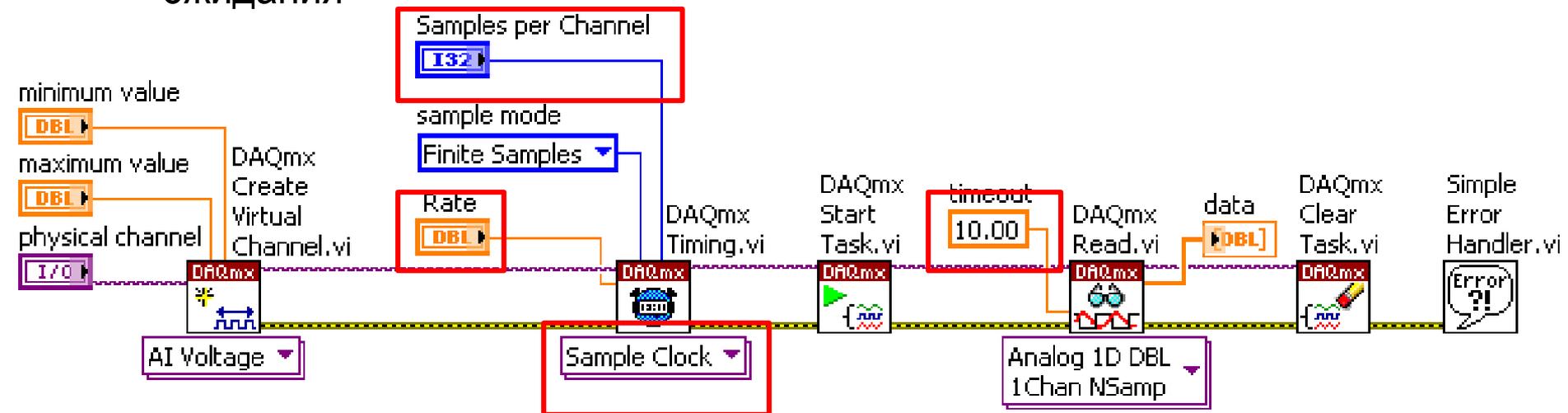
- Выполняется с аппаратной синхронизацией
- Весьма рекомендуется для многих приложений
- Режим сбора данных Sample Mode устанавливается **Finite Samples** (массив отсчетов конечного размера)



Считывание
множества отсчетов

Буферизированный сбор массива данных конечного размера

- Параметр Samples per Channel задает количество собираемых отсчетов
 - NI-DAQmx автоматически определяет необходимый размер буфера
- Параметр Rate задает частоту взятия отсчетов
- DAQmx Read VI ожидает, пока задача соберет запрошенное количество отсчетов, затем выполняет их считывание
 - Установите в Read VI параметр Timeout=-1 для бесконечного времени ожидания



Для синхронизации
используется Sample Clock

Считывание
множества отсчетов
ni.com/training

Упражнение 3-4: Сбор массива данных конечного размера с обработкой

Получить массив данных, используя конфигурацию буферизированного сбора массива данных конечного размера.

GOAL

ЦЕЛЬ

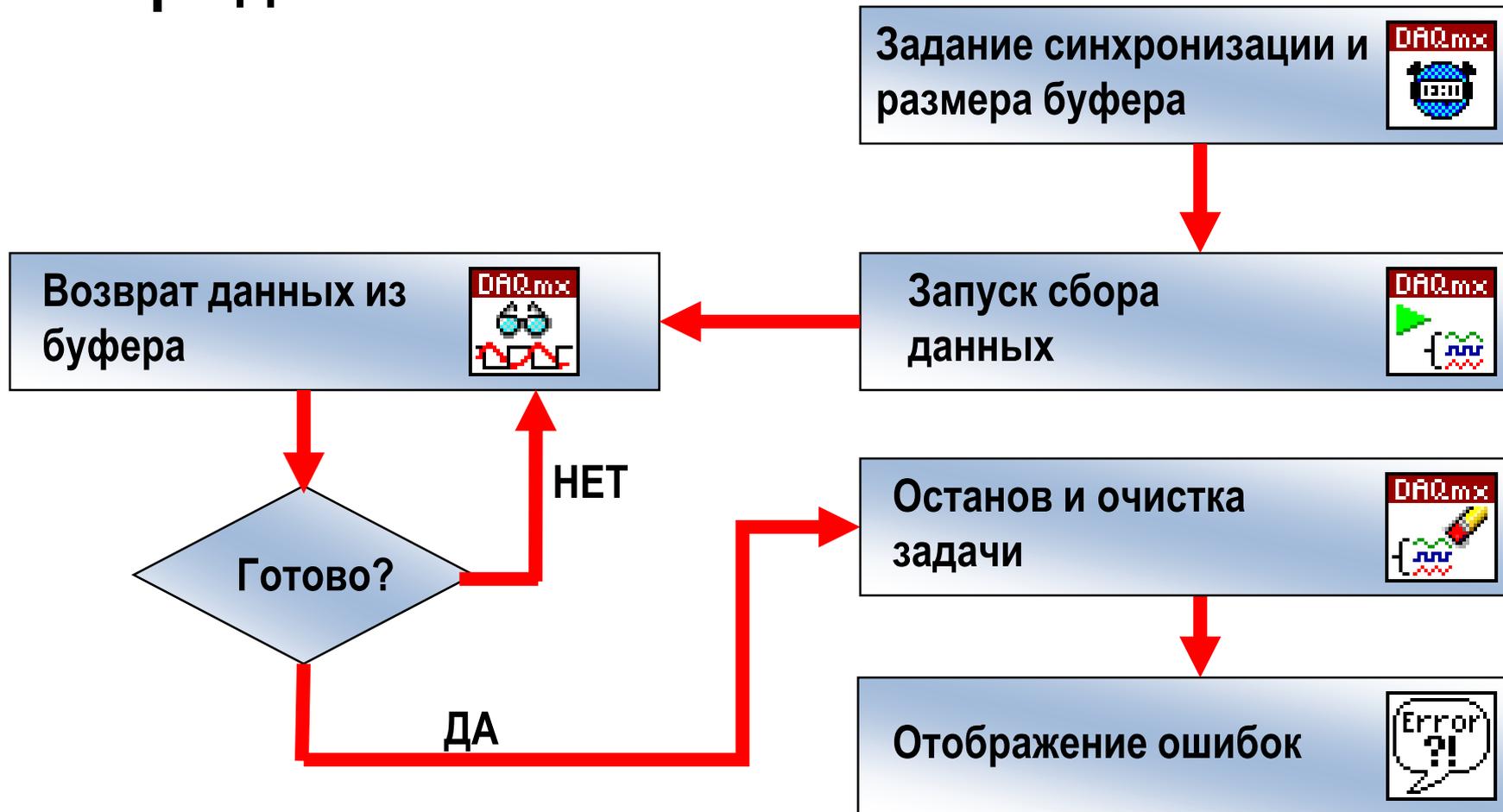
Упражнение 3-4: Сбор массива данных конечного размера с обработкой

- Чем определяется скорость, с которой этот VI собирает отсчеты?

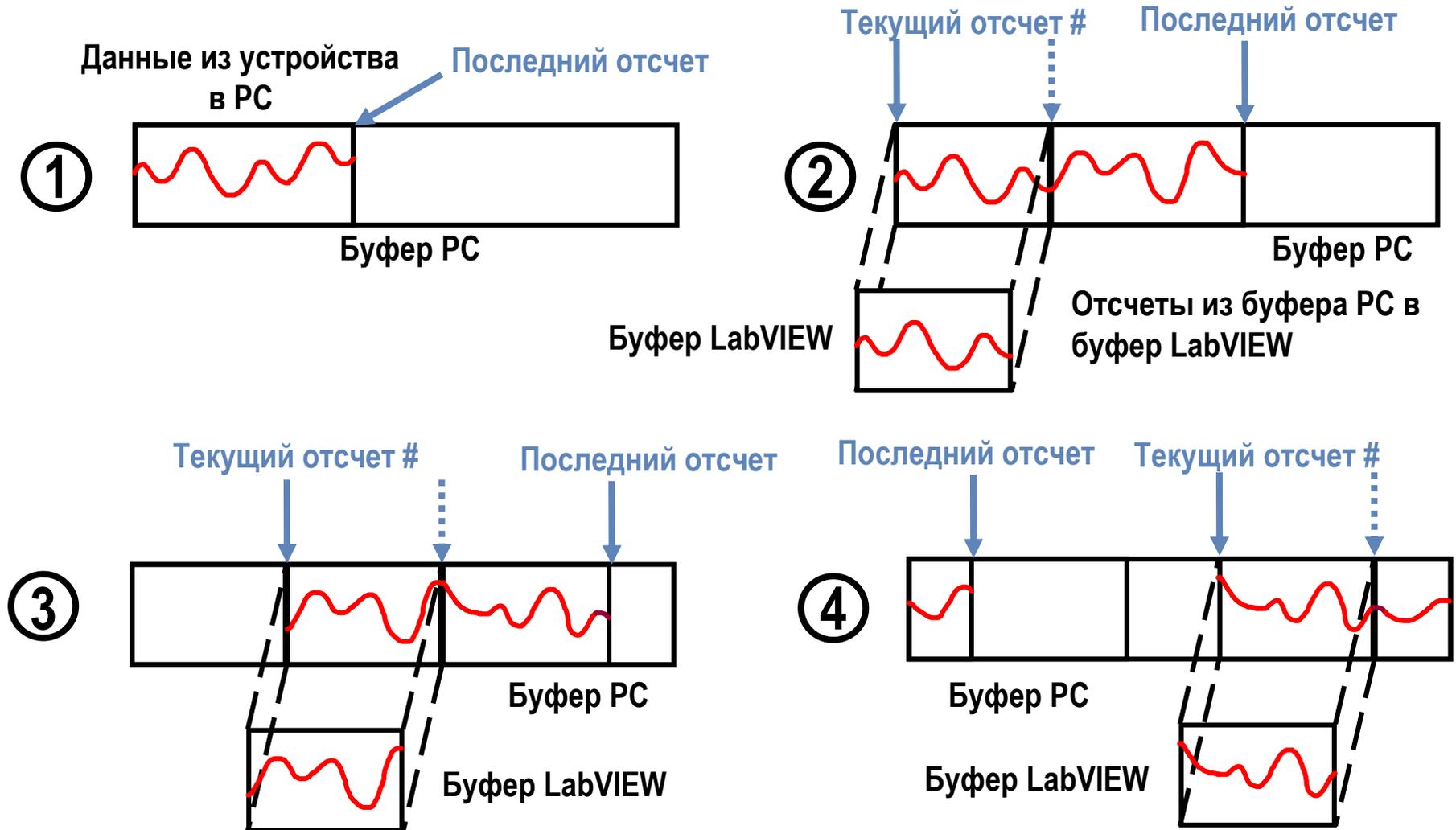
ОБСУЖДЕНИЕ

DISCUSSION

Алгоритм непрерывного буферизированного сбора данных



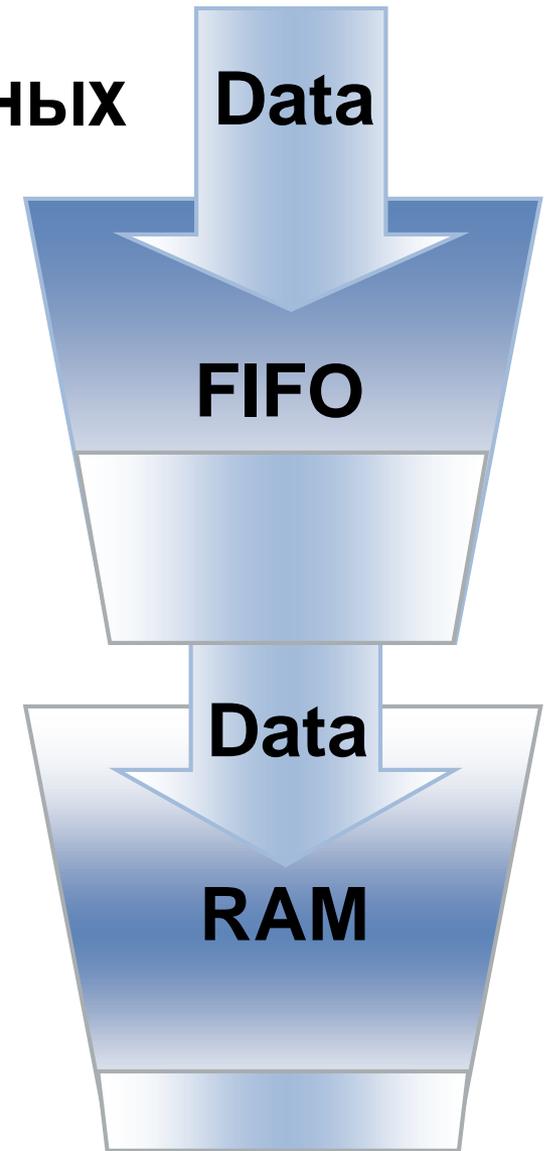
Г. Непрерывный буферизированный сбор данных



Теория непрерывного сбора данных

При непрерывном сборе данных надо быть уверенным, что сосуд освобождается так же быстро, как и наполняется

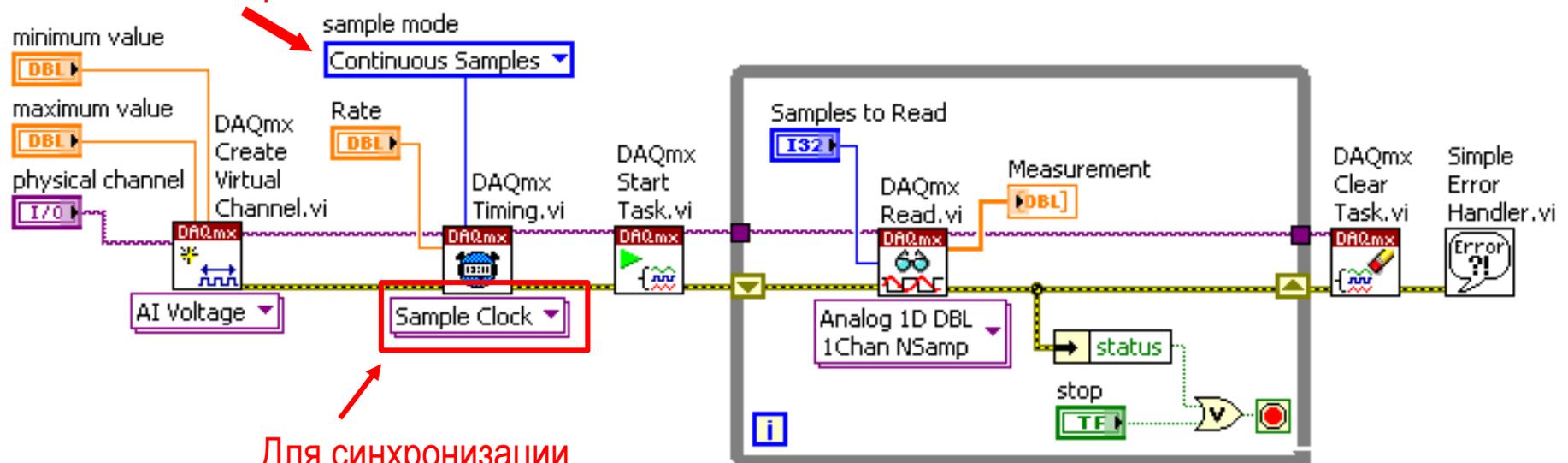
- Размер буфера = объем сосуда
- Скорость взятия отсчетов определяет, насколько быстро вода наполняет FIFO
- При переполнении памяти FIFO или RAM данные теряются
- Параметр Number of Samples to Read DAQmx Read VI определяет, как быстро освобождается RAM
- Параметр Available Samples per Channel (доступных отсчетов на канал) – это количество воды, остающейся в RAM



Непрерывный буферизированный сбор данных

- Выполняется с аппаратной синхронизацией
- Режим сбора данных Sample Mode устанавливается **Continuous Samples**

Выберите режим сбора данных
Continuous Samples

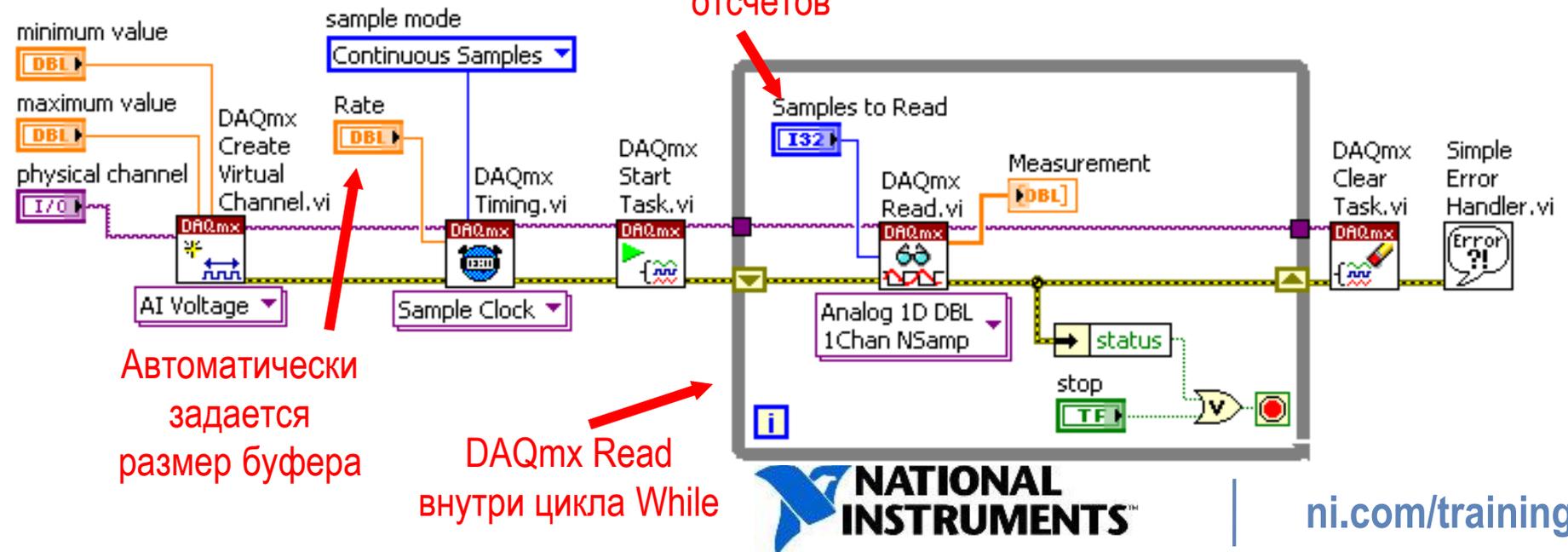


Для синхронизации
используйте Sample Clock

Непрерывный буферизированный сбор данных

- Параметр Rate задает скорость сбора данных
 - На основе заданной скорости NI-DAQmx автоматически определяет размер буфера
- Параметр Samples to Read задает количество отсчетов, считываемых в каждой итерации цикла While

Количество считываемых
отсчетов

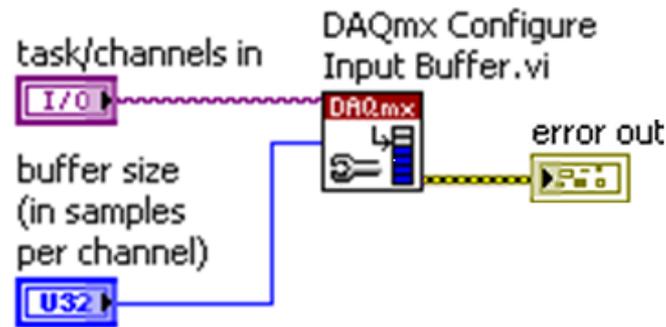


Конфигурирование параметра Number of Samples to Read для непрерывного сбора данных

- Параметр Rate задает скорость сбора данных (частоту дискретизации)
 - На основе заданной скорости NI-DAQmx автоматически определяет размер буфера

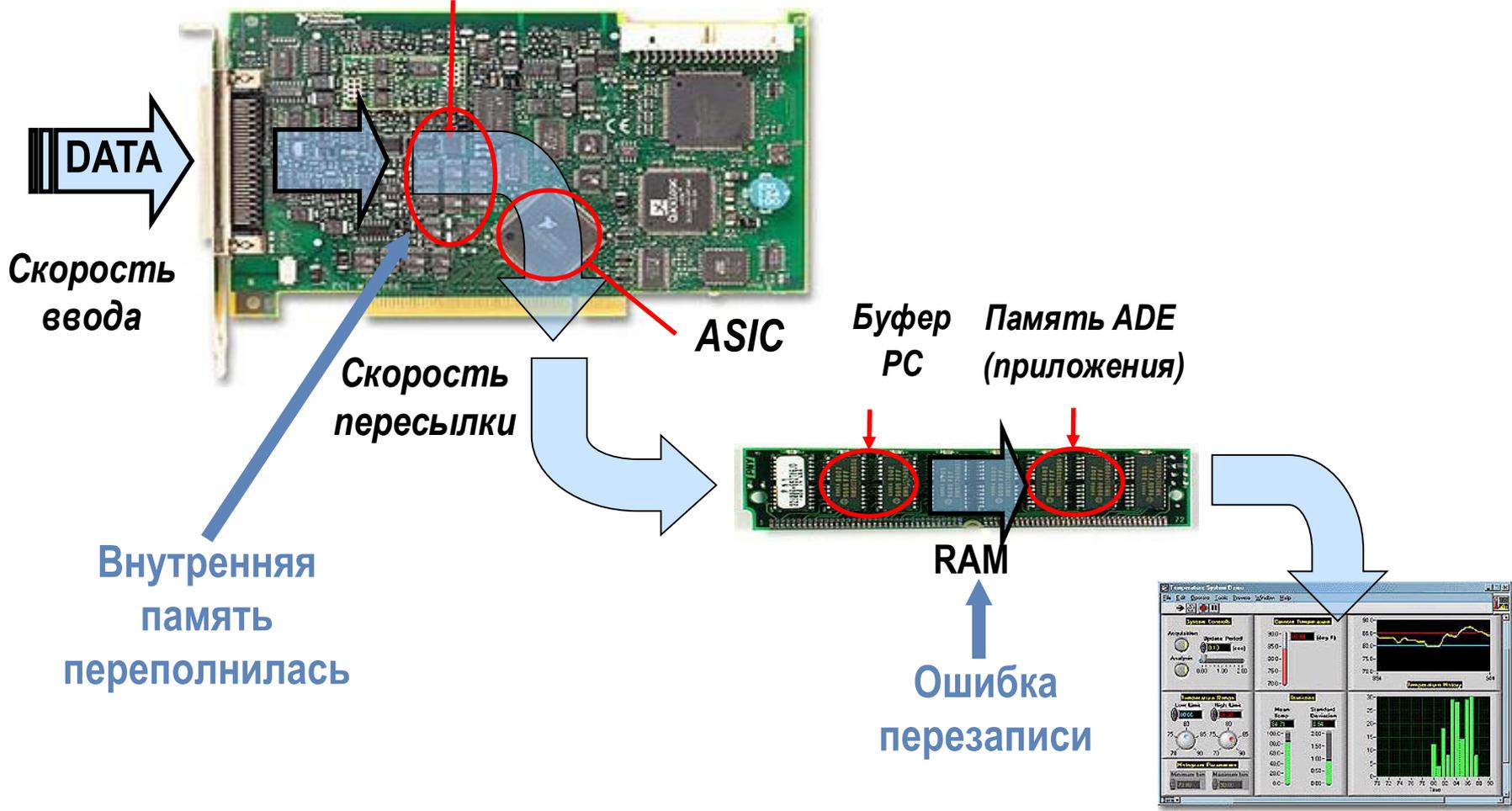
Частота дискретизации	Размер буфера
Не задана	10 kS
0-100 S/s	1 kS
100-10,000 S/s	10 kS
10,000–1,000,000 S/s	100 kS
> 1,000,000 S/s	1 MS

Вы можете вручную задать размер буфера с помощью DAQmx Configure Input Buffer VI



Возможные ошибки при пересылке данных

Внутренняя память FIFO



Потери при непрерывном сборе данных

Overflow Error – ошибка переполнения

- Свидетельствует о том, что NI-DAQmx не может извлекать из FIFO данные достаточно быстро
- Следствие:
 - Данные в FIFO могут быть перезаписаны (затерты)
- Как можно избежать ошибки переполнения:
 - Уменьшить частоту взятия отсчетов на канал за секунду
 - Приобрести устройство с большим размером FIFO
 - Приобрести более скоростной компьютер с большой частотой обмена данными по шине

Потери при непрерывном сборе данных

Overwrite Error – ошибка перезаписи

- Свидетельствует о том, что вы не можете считывать данные из буфера PC достаточно быстро
- Следствие:
 - Несчитанные данные могут быть затерты новыми данными
- Как можно избежать ошибки перезаписи:
 - Увеличить размер буфера с помощью DAQmx Timing VI
 - Увеличить количество считываемых DAQmx Read VI отсчетов на канал за секунду
 - Уменьшить скорость сбора данных параметром Samples per Channel per Second с помощью DAQmx Timing VI
 - Не выполнять лишних операций обработки данных в цикле с DAQmx Read VI

Упражнение 3-5: Непрерывный сбор и регистрация данных

Непрерывно собирать данные с помощью DAQ устройства и регистрировать их в файл.

GOAL

ЦЕЛЬ

Упражнение 3-5: Непрерывный сбор и регистрация данных

- Что случится, если добавить в цикл While много функций обработки данных?

ОБСУЖДЕНИЕ

DISCUSSION

G. Запуск – DAQmx, Действия и Причины

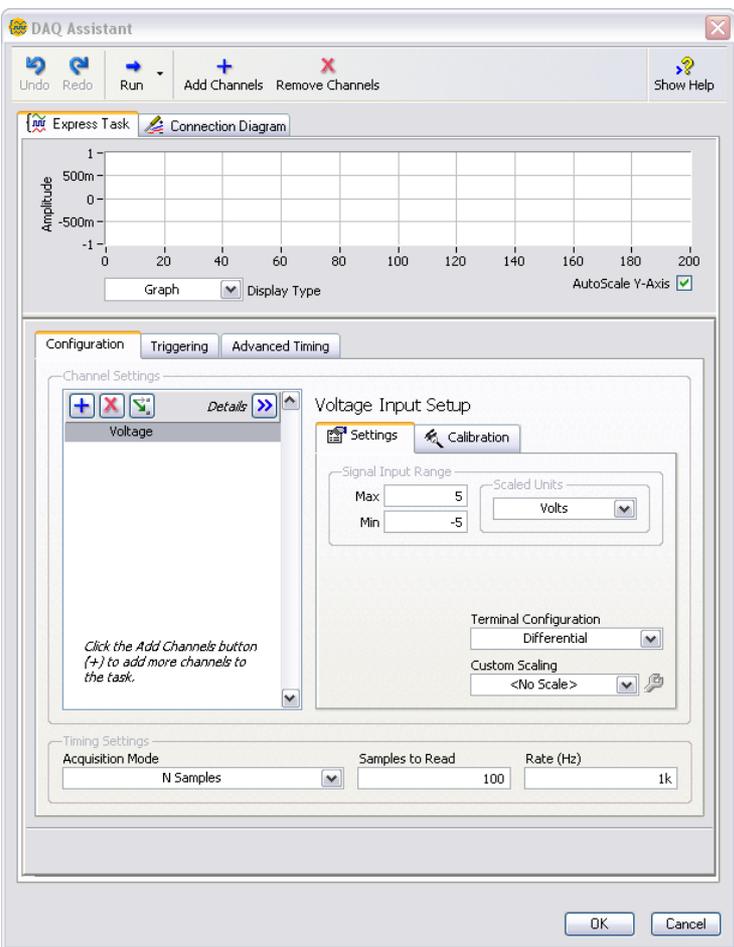
Действие – выполнение DAQ устройством какой-либо операции

- Генерация выходного сигнала
- Измерение (Сбор данных)

Каждое действие нуждается в причине или стимуле – запуске

Запуском является нечто, вызывающее действие, и способ, которым запуск реализуется

- Причины, инициирующие действие: Start (Запуск), Reference (Опорная точка), Pause (Пауза), Advance (Продвижение) (Коммутаторы)
- Метод формирования: Аналоговый или Цифровой



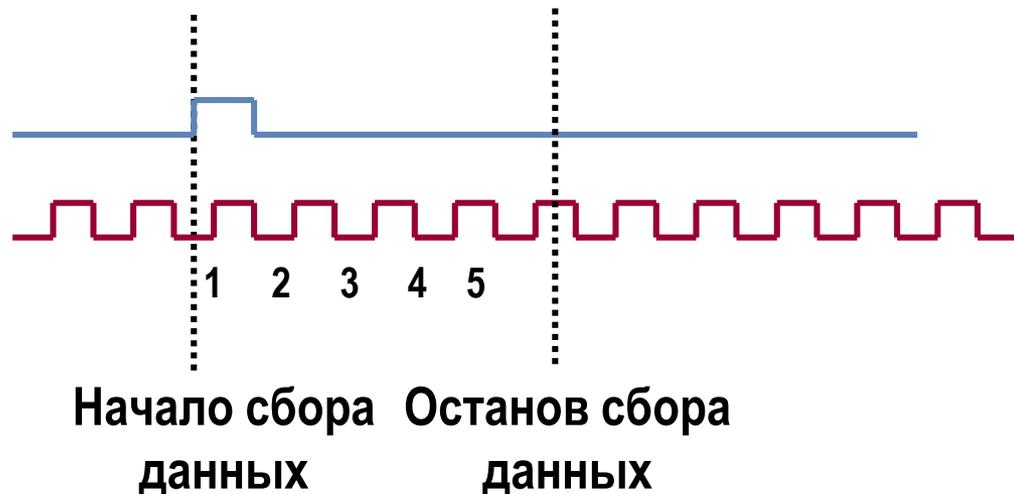
Действия по запуску – Start Triggering (запуск начала)

- Допускается для операций ввода или вывода
- Допускается для непрерывных операций или операций с массивами данных конечного размера
- Пример – получение 5 отсчетов после появления запуска начала:

Start Trigger (начало)

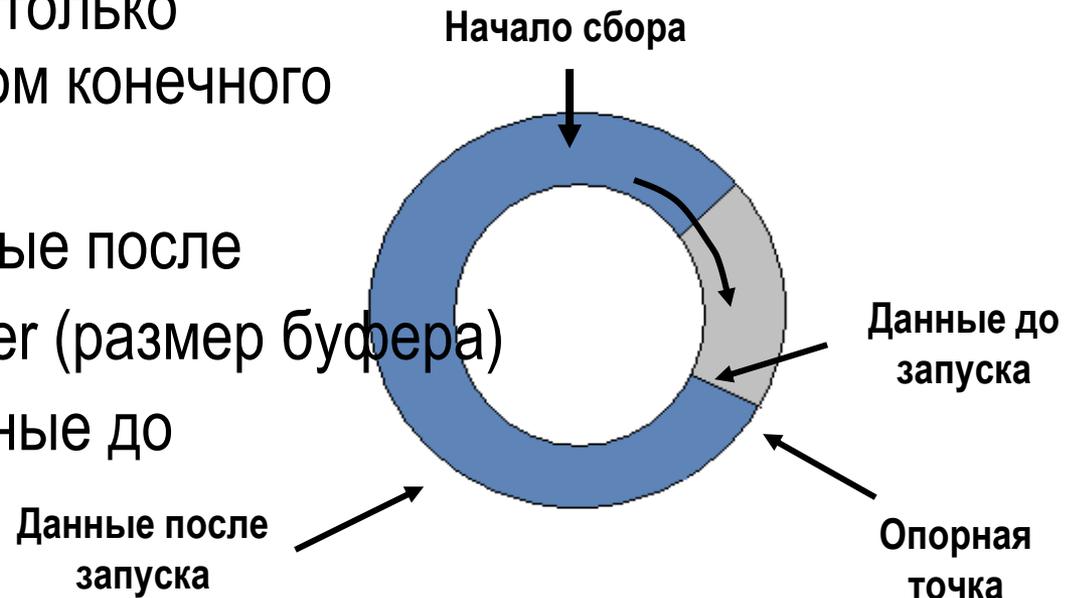
Clock

(синхроимпульсы)



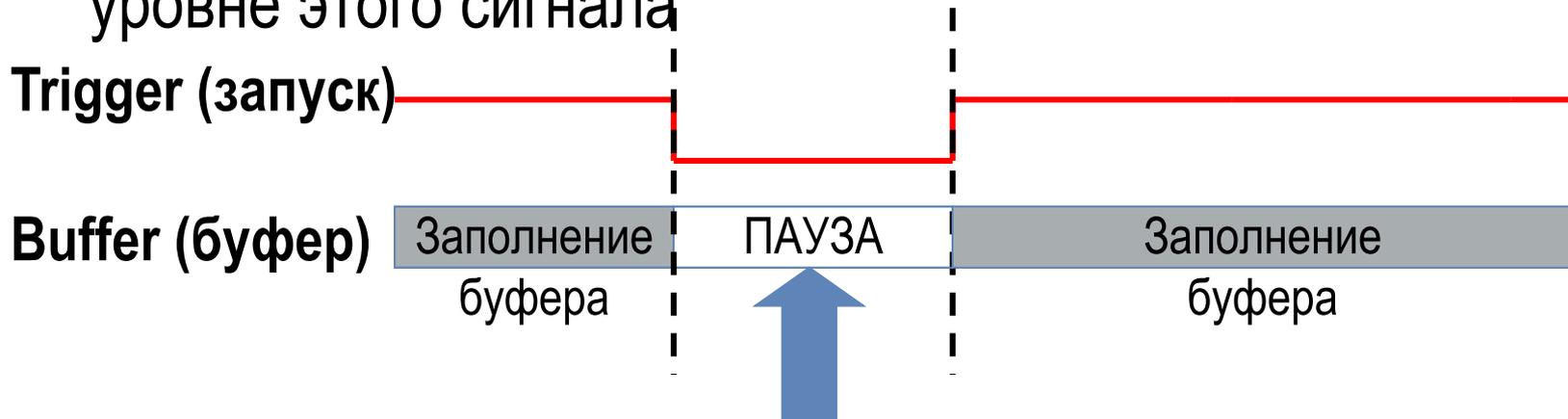
Действия по запуску – Reference Triggering (запуск по опорной точке)

- Сбор данных начинается, как только запускается программа
- Данные в буфере перезаписываются (записанные первыми замещаются новыми), пока не появится опорный сигнал
- Используется обычно только в операциях с массивом конечного размера
- Post-trigger Data (данные после Запуска) = Size of Buffer (размер буфера) – Pre-trigger Data (данные до Запуска)



Действия по запуску – Pause Triggering (сигнал приостановки сбора данных)

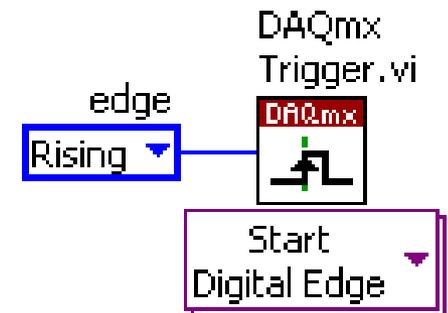
- Позволяет приостанавливать измерение/генерацию
- Выполнение операции приостанавливается, если сигнал запуска низкого уровня, и продолжается при высоком уровне этого сигнала



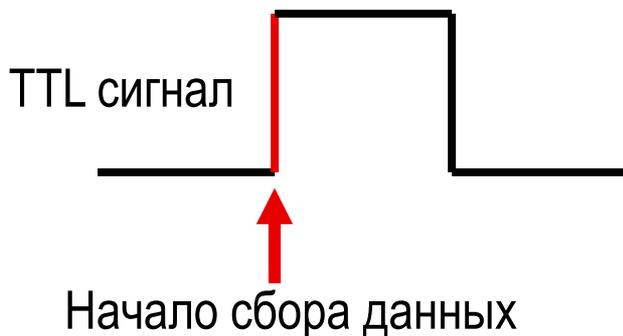
В это время данные не собираются и не генерируются

Типы запуска – Digital Edge Triggering (запуск по фронту цифрового сигнала)

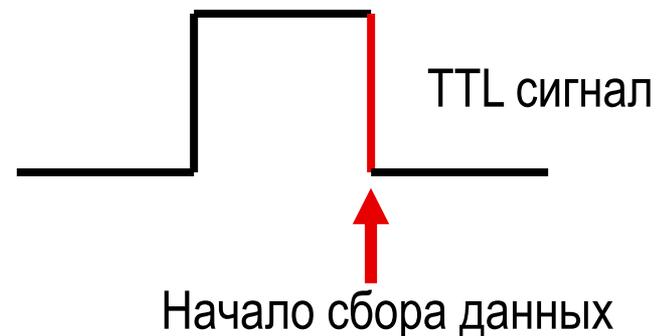
- Работает с сигналами TTL/CMOS
 - От 0 до 0.8 В = низкий уровень
 - От 2 до 5 В = высокий уровень
- Запуск по положительному или отрицательному фронту



Положительный фронт



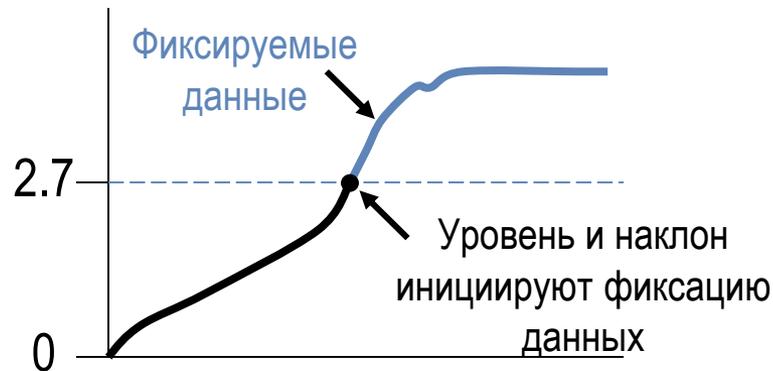
Отрицательный фронт



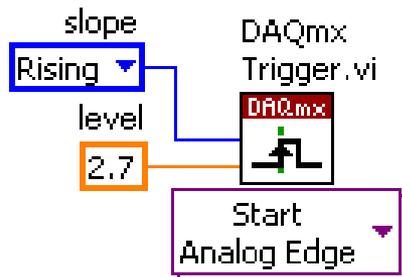
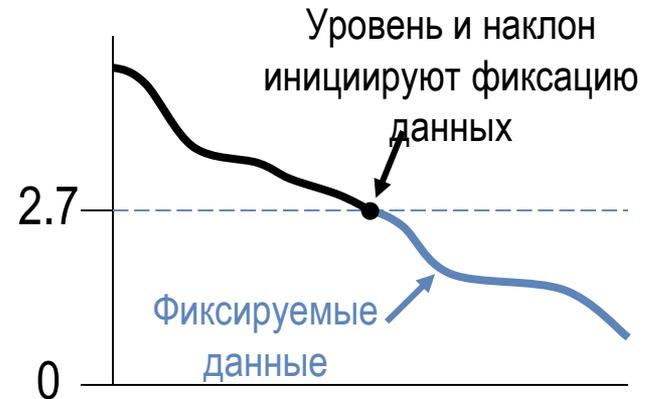
Типы запуска – Analog Edge Triggering (запуск по граничным значениям аналогового сигнала)

Граничное значение (Edge) – инициирующий уровень и наклон сигнала (нарастающий или ниспадающий))

Наклон = нарастающий
Уровень = 2.7



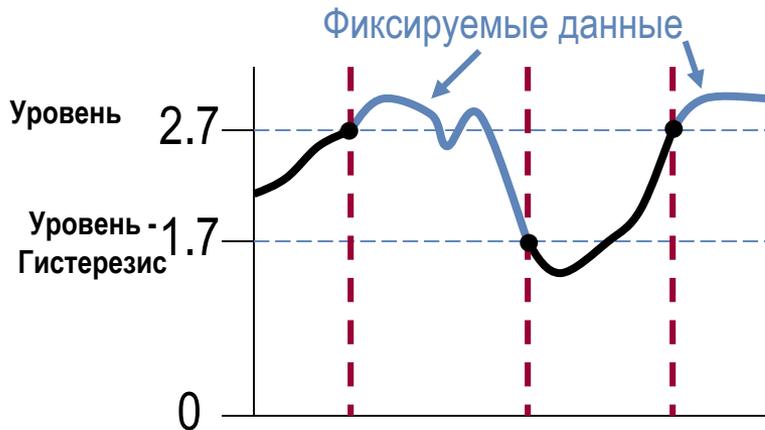
Наклон = Ниспадающий
Уровень = 2.7



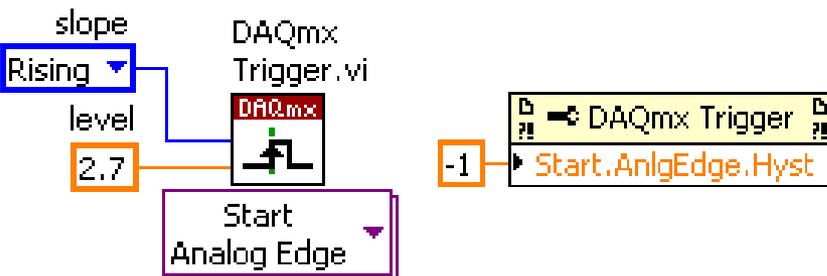
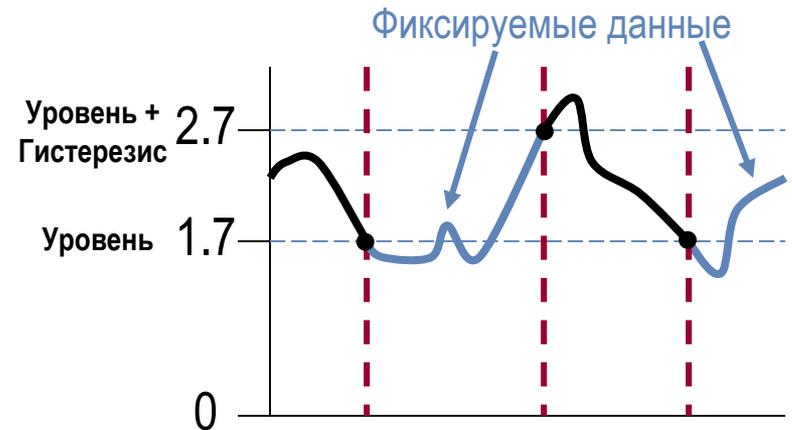
Типы запуска – Analog Edge Triggering (запуск по граничным значениям аналогового сигнала)

Гистерезис – добавляет окно (зону) выше или ниже уровня запуска, чтобы уменьшить вероятность ложного запуска вследствие шумов или флуктуаций

Наклон = нарастающий
Уровень = 2.7, Гистерезис = -1



Наклон = ниспадающий
Уровень = 2.7, Гистерезис = -1



Типы запуска – поддержка запуска по аналоговому сигналу

Не все DAQ устройства поддерживают аналоговый запуск

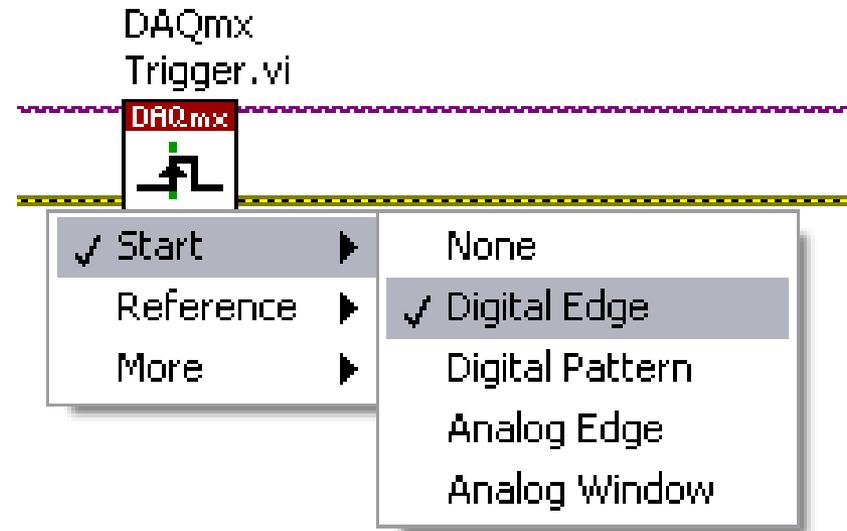
- Большинство устройств M и X серий поддерживают аналоговый запуск
- Некоторые модули C серии поддерживают аналоговый запуск

Проверьте, поддерживает ли ваше устройство аналоговый запуск, на сайте ni.com

Запуск операций аналогового ввода

Начало сбора данных определяется:

- Фронтом цифрового сигнала (положительном или отрицательном)
- Цифровым шаблоном (состоит из "0" и "1")
- Граничными значениями аналогового сигнала (наклон и уровень)
- Окном аналогового сигнала (задаются нижняя и верхняя граница окна)



Упражнение 3-6: непрерывный сбор данных с запуском

Создать VI аналогового ввода с запуском по фронту цифрового сигнала.

GOAL

ЦЕЛЬ

Упражнение 3-6: непрерывный сбор данных с запуском

- Как нужно изменить VI, если необходимо зарегистрировать 100 отсчетов до сигнала запуска?

ОБСУЖДЕНИЕ

DISCUSSION

Заключение – контрольный вопрос

1. Какую из следующих схем подключения не нужно использовать с заземленным источником сигнала?
 - a) Differential – дифференциальную
 - b) Referenced single-ended – несимметричную с общим заземлением
 - c) Non-referenced single-ended – несимметричную без общего заземления

Заключение – ответ на контрольный вопрос

1. Какую из следующих схем подключения не нужно использовать с заземленным источником сигнала?
 - a) Differential – дифференциальную
 - b) Referenced single-ended – несимметричную с общим заземлением**
 - c) Non-referenced single-ended – несимметричную без общего заземления

Заключение – контрольный вопрос

2. Теорема Найквиста помогает определить частоту дискретизации. Какую из проблем можно решить с помощью этой теоремы?
- a) Spying – предсказание
 - b) Noise – борьба с помехами
 - c) Aliasing – искажение спектра
 - d) Isolation – изоляция

Заключение – ответ на контрольный вопрос

2. Теорема Найквиста помогает определить частоту дискретизации. Какую из проблем можно решить с помощью этой теоремы?
- a) Spying – предсказание
 - b) Noise – борьба с помехами
 - c) Aliasing – искажение спектра**
 - d) Isolation – изоляция

Заключение – контрольный вопрос

3. Для выполнения каких из следующих операций можно использовать DAQmx Read VI?
- a) Single-point – считывания одного отсчета
 - b) Multi-sample – считывания множества отсчетов
 - c) Multi-channel – считывания отсчетов из нескольких каналов
 - d) Всех перечисленных выше

Заключение – ответ на контрольный вопрос

3. Для выполнения каких из следующих операций можно использовать DAQmx Read VI?
- a) Single-point – считывания одного отсчета
 - b) Multi-sample – считывания множества отсчетов
 - c) Multi-channel – считывания отсчетов из нескольких каналов
 - d) Всех перечисленных выше**

Заключение – контрольный вопрос

4. Считывание по одному отсчету с программной синхронизацией – хороший способ получить информацию о форме сигнала
- a) Да
 - b) Нет

Заключение – ответ на контрольный вопрос

4. Считывание по одному отсчету с программной синхронизацией – хороший способ получить информацию о форме сигнала
- a) Да
 - b) Нет**

Заключение – контрольный вопрос

5. Буферизированный сбор данных требует использования тактирующего сигнала.
- a) Да
 - b) Нет

Заключение – ответ на контрольный вопрос

5. Буферизированный сбор данных требует использования тактирующего сигнала.

a) Да

b) Нет