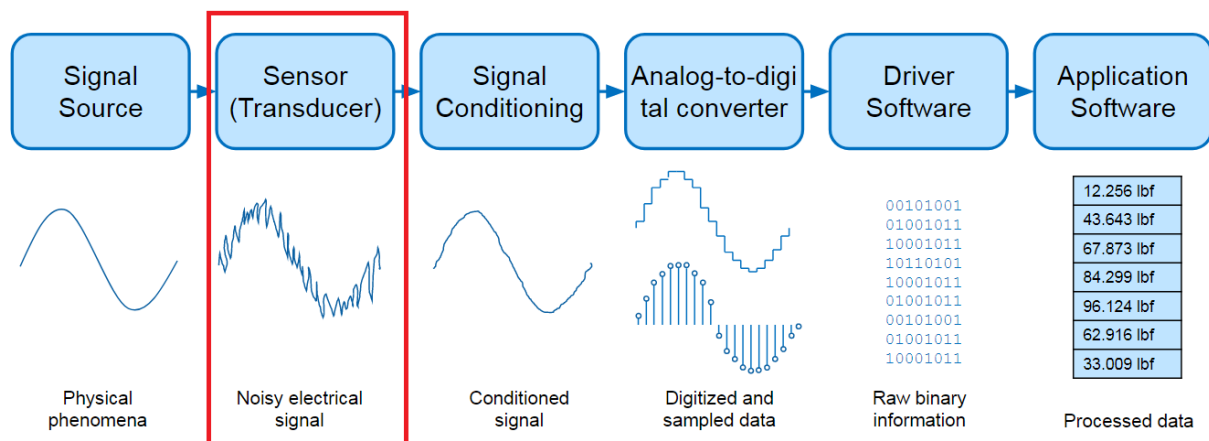


Руководство к лабораторному практикуму:

Измерения и измерительные приборы

С использованием набора Measurements Part для NI ELVIS III



Лабораторная работа 1: Сигналы и датчики

All rights reserved. Данный ресурс и любые его части не могут быть скопированы или в любой форме воспроизведены иным способом без письменного разрешения издателя.

National Instruments относится с уважением к чужой интеллектуальной собственности и призывает к этому же своих читателей. Данный ресурс защищен законами об охране авторских прав и прав на интеллектуальную собственность. Вы имеете право передавать программное обеспечение и прочие материалы, разработанные с помощью описанного в данном ресурсе программного обеспечения, третьим лицам в соответствии с условиями приобретенной вами лицензии и другими законодательными ограничениями.

LabVIEW и National Instruments являются торговыми марками National Instruments.

Названия других упомянутых торговых марок и изделий являются собственностью их правообладателей.

Дополнительные ограничения ответственности: Читатель принимает все риски от использования данного ресурса и всей информации, теорий и программ, содержащихся или описанных в нем. Данный ресурс может содержать технические неточности, типографические ошибки, прочие ошибки и упущения, и устаревшую информацию. Ни автор, ни издатель не несут ответственности за любые ошибки или неточности, за обновление любой информации и за любые нарушения патентного права и прочих прав на интеллектуальную собственность.

Ни автор, ни издатель не дают никаких гарантий, включая, но не ограничиваясь, любую гарантию на достаточность ресурса и любой информации, теорий или программ, содержащихся или описанных в нем, и любую гарантию, что использование любой информации, теорий или программ, содержащихся или описанных в ресурсе, не нарушит любое патентное право или иное право на интеллектуальную собственность. РЕСУРС ПОСТАВЛЯЕТСЯ "КАК ЕСТЬ". ИЗДАТЕЛЬ ЗАЯВЛЯЕТ ОБ ОТКАЗЕ ОТ ЛЮБЫХ ГАРАНТИЙ, ЯВНО ВЫРАЖЕННЫЕ ИЛИ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫХ, ВКЛЮЧАЯ, НО НЕ ОГРАНИЧИВАЯСЬ, ЛЮБЫЕ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫЕ ГАРАНТИИ ТОВАРНОГО СОСТОЯНИЯ, ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ КОНКРЕТНОЙ ЦЕЛИ И НЕНАРУШЕНИЯ ПРАВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ.

Издатель или автор не предоставляют прав или лицензий под любым патентным правом или иным правом на интеллектуальную собственность прямо, косвенно или лишением права на возражение.

НИ ПРИ КАКИХ ОБСТОЯТЕЛЬСТВАХ ИЗДАТЕЛЬ ИЛИ АВТОР НЕ НЕСУТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ПРЯМЫЕ, КОСВЕННЫЕ, ОСОБЫЕ, СЛУЧАЙНЫЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИЛИ ВТОРИЧНЫЕ УБЫТКИ, ПОНЕСЕННЫЕ ИЗ-ЗА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭТОГО РЕСУРСА ИЛИ ЛЮБОЙ ИНФОРМАЦИИ, ТЕОРИЙ ИЛИ ПРОГРАММ, СОДЕРЖАЩИХСЯ ИЛИ ОПИСАННЫХ В НЕМ, ДАЖЕ БУДУЧИ ПРЕДУПРЕЖДЕННЫ О ВОЗМОЖНОСТИ ПОДОБНЫХ УБЫТКОВ, И ДАЖЕ ЕСЛИ УБЫТКИ ВЫЗВАНЫ НЕБРЕЖНОСТЬЮ ИЗДАТЕЛЯ, АВТОРА ИЛИ ИНЫХ ЛИЦ, Применимое законодательство может не разрешить исключение или ограничение случайных или косвенных убытков, поэтому приведенные выше ограничения или исключения могут вас не касаться.

Лабораторная работа 1: Сигналы и датчики

В этой лабораторной работе вы погрузитесь в первую операцию последовательности преобразования сигналов – преобразование физической величины в электрический сигнал.

Вы узнаете о датчиках и измерении физических величин разных типов. Затем вы изучите характеристики сигнала и процесса измерения. В частности, вы попытаетесь ответить на вопрос "какие аспекты измерения меня интересуют?"

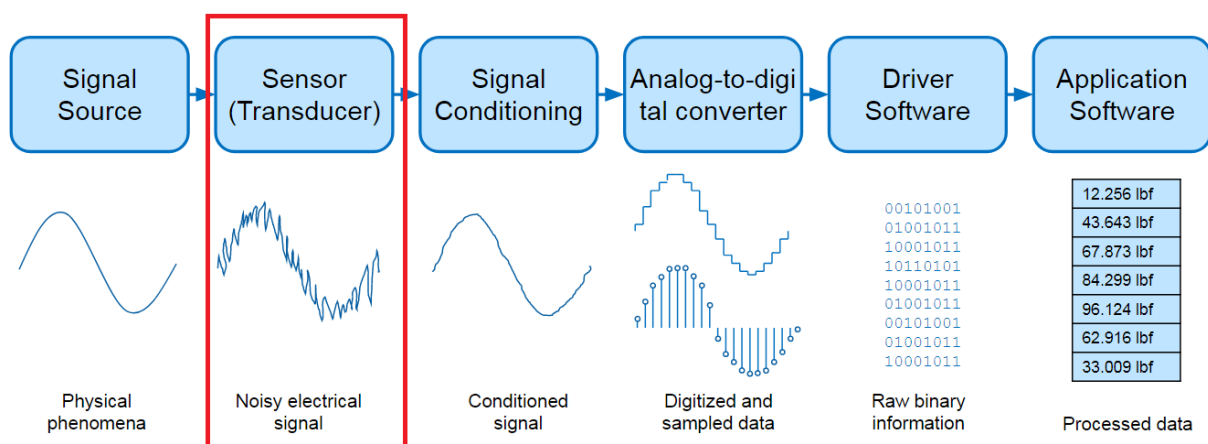


Рисунок 1 Последовательность преобразований, выполняемых в процессе измерений

Signal Source – источник сигнала; Sensor (Transducer) – датчик (первичный измерительный преобразователь); Signal Conditioning – кондиционирование сигнала;

Analog-to-digital converter – аналого-цифровой преобразователь;

Driver Software – программный драйвер; Application Software – прикладная программа

Physical Phenomena – физическая величина; Noisy electrical signal – зашумленный электрический сигнал;

Conditioned signal – преобразованный сигнал; Digitized and sampled data – собранные оцифрованные данные; Raw binary information – необработанная двоичная информация;

Processed data – обработанные данные

Цель работы

После выполнения данной лабораторной работы вы сможете:

1. Обсуждать назначение датчиков, их различные типы и характеристики
2. Объяснять характеристики сигнала и их связь с физическим миром
3. Анализировать технические характеристики и выбирать датчик, подходящий для конкретной задачи измерения

Необходимые инструментальные средства и технологии

Платформа: NI ELVIS III

- Используйте необходимые измерительные приборы NI ELVIS III

Примечание: для работы с приборами NI ELVIS III требуется комплект кабелей и аксессуаров (приобретается отдельно).

- ✓ Руководство пользователя:
<http://www.ni.com/en-us/support/model.ni-elvis-iii.html>
- ✓ Учебные пособия:
https://www.youtube.com/playlist?list=PLvcPluVaUMIWm8ziaSxv0gwtshBA2dh_M
- ✓ Установка поддержки программной лицевой панели:
<http://www.ni.com/documentation/en/ni-elvis-iii/latest/getting-started/installing-the-soft-front-panel/>

Технические средства:
Макетная плата NI ELVIS III

- ✓ Учебное пособие по макетной плате:
<http://www.ni.com/tutorial/54749/en>

Компоненты измерительных систем:
Комплект Measurements Part Kit

Компоненты, используемые в этой лабораторной работе:

- Инфракрасный датчик расстояния Sharp 2Y0A21YK0F

Программное обеспечение: LabVIEW

версия 18.0 или выше

Тулкиты и модули

- Модуль LabVIEW Real-Time
- Тулкит NI ELVIS III

- ✓ Перед загрузкой и установкой программного обеспечения обратитесь к преподавателю или лаборанту за информацией о лицензиях на программное обеспечение и об инфраструктуре вашей лаборатории
- ✓ Загрузка и установка NI ELVIS III:
<http://www.ni.com/academic/download>
- ✓ Учебные пособия:
<http://www.ni.com/academic/students/learn-labview/>

Ожидаемые результаты:

В этой лабораторной работе вы должны собрать для отчета:

- Ответы на вопросы из раздела *Самопроверка*
- Данные о собранных схемах
- Расчеты напряжения и расстояния
- Результаты исследований характеристик датчиков

Преподавателю, скорее всего, необходимо предъявить полный отчет о работе. Узнайте у вашего преподавателя, есть ли конкретные требования к отчету или шаблон для его оформления.

1.1 Сведения из теории

Signals and Sensors

Introduction Video

Рисунок 1-2 Скриншот видео. Просмотр видео здесь: <https://youtu.be/E0txbvNt6Xw>



Краткое содержание видео

- Датчики - это физические устройства, которые преобразуют физические величины мира в измеряемый сигнал.
- Датчики могут быть аналоговыми или цифровыми, в зависимости от типа выходного сигнала
- Тремя основными характеристиками сигнала являются уровень или состояние, форма или последовательность, и частота или скорость.
- Характеристики датчика: чувствительность, диапазон, стабильность, погрешность, разрешающая способность, смещение, нелинейность, гистерезис и время отклика.

Что такое датчики?

Датчики - это физические устройства, которые преобразуют физические величины в измеряемый сигнал. Чаще всего выходной сигнал датчика – напряжение, но выходным сигналом могут быть также ток или изменение электрического сопротивления.

Датчики часто упаковываются в более сложную систему, из которой может быть сообщено от датчика вместо аналогового электрического сигнала. Вы будете изучать датчики более простой конструкции.

Для формирования измеряемого выходного сигнала могут быть использованы различные физические принципы. Назовем несколько таких принципов:

- Резистивные датчики, электрическое сопротивление которых изменяется в зависимости от определенных условий.
- Датчики, основанные на эффекте Холла, создают пропорциональную магнитному полю разность потенциалов на гранях находящегося в магнитном поле проводника с током.
- Пьезоэлектрические датчики – преобразуют давление, ускорение, силу или деформацию в электрический заряд.

Датчики часто называют первичными измерительными преобразователями, то есть устройством, которое преобразует энергию из одной формы в другую.

Как используются датчики?

Мы используем датчики в огромном количестве приложений, часто в качестве незаметного компонента большой системы.

Кроме того, датчики являются важными компонентами сбора данных интернета вещей (Internet of Things).

Датчики используются в системах сбора данных, мониторинга и управления практически во всех областях промышленности. От сельского хозяйства до промышленного производства, датчики используются в системах для измерения параметров окружающей среды, подтверждения правильного позиционирования оборудования, автоматизации движения механизмов и контроля дефектов производимой продукции.

Что такое характеристики сигнала?

В зависимости от интересующего вас типа измерения могут представлять интерес различные характеристики измеряемого сигнала.

Характеристики сигнала:

- Уровень
- Состояние
- Форма
- Последовательность
- Частоту
- Скорость

Вы изучите эти характеристики подробнее в следующих частях лабораторной работы.



Самопроверка

Примечание: Приведенные ниже вопросы должны помочь вам оценить, правильно ли вы поняли изложенную тему. Вы можете посмотреть ответы на вопросы из раздела "Самопроверка" в конце лабораторной работы.

1-1 Какой из вариантов описывает функцию датчика?

- A. Датчик преобразует физическую величину в измеряемый сигнал
- B. Датчик преобразует электрический сигнал в механическое движение
- C. Датчик – это первичный измерительный преобразователь, который преобразует один тип энергии в механическое движение
- D. Датчик преобразует механическое движение в физическую величину

1-2 Какое из следующих утверждений относительно характеристик сигнала верно?

- A. Уровень сигнала – наиболее важная характеристика всех датчиков, используемых для измерений
- B. Характеристики выходных сигналов всех датчиков имеют одинаковы
- C. Для различных задач измерения представляют интерес разные характеристики сигнала

1.2 Типы датчиков

Что такое датчик?

Датчик - это устройство, которое преобразует физические величины в измеряемые электрические сигналы, обычно в напряжение, которое затем может быть преобразовано в полезные данные.

Датчики могут быть аналоговыми или цифровыми, в зависимости от типа выходного сигнала. Значения аналоговых сигналов непосредственно представляют значения измеряемых величин. Цифровые сигналы представляют физические величин дискретным (обычно двоичным) набором возможных значений. Большинство датчиков являются аналоговыми, хотя цифровые датчики тоже существуют (например, энкодеры, которые измеряют перемещение).

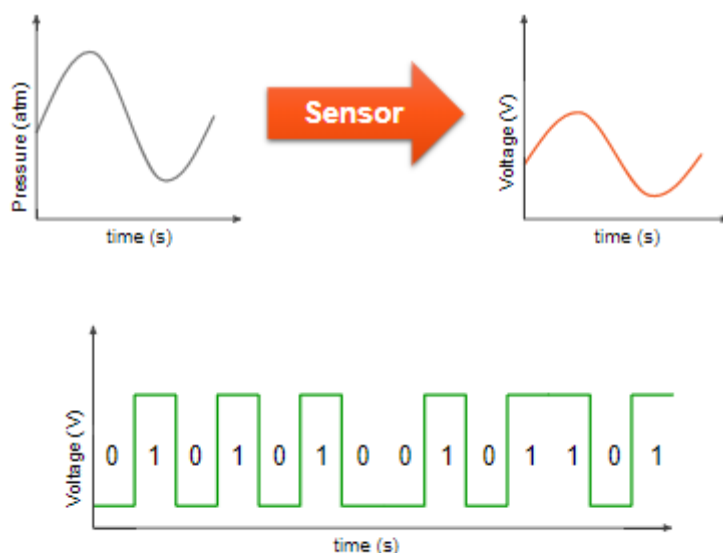


Рисунок 1-2 График, иллюстрирующие аналоговые и цифровые выходные сигналы датчиков

Еще одно отличительный признак датчиков связан природой измеряемой физической величиной – является она активной или пассивной. Пассивные датчики, используемые для преобразования пассивных физических величин, нуждаются во внешнем источнике питания. Пассивные датчики отражают физические величины некоторым изменением протекающего через датчики тока. Активные датчики генерируют ток или напряжение в ответ на измеряемые активные физические величины без внешнего источника питания.

Какие датчики используются для измерений?

Для измерения различных физических величин используются разные датчики. Важно выбрать правильный датчик для измерений в конкретных условиях. Некоторые физические величины и датчики, с помощью которых их можно измерять, приведены в таблице ниже:

Таблица 1-1 Физические величины и датчики

Физическая величина	Подходящий датчик
Температура	<ul style="list-style-type: none">• Термопара• Терморезистор• Термистор
Деформация, сила	<ul style="list-style-type: none">• Тензодатчик• Датчик силы
Давление	<ul style="list-style-type: none">• Пьезоэлектрический преобразователь
Звук	<ul style="list-style-type: none">• Микрофон
Вибрация/ускорение	<ul style="list-style-type: none">• Акселерометр
Положение/перемещение	<ul style="list-style-type: none">• Потенциометр• Энкодер
Поток жидкости	<ul style="list-style-type: none">• Расходомер
Свет	<ul style="list-style-type: none">• Фотодатчик

1-3 Какой из датчиков может быть использован для измерения веса изготовленной детали?

- A. Термопара
- B. Датчик силы
- C. Датчик на эффекте Холла
- D. Расходомер

1.3 Типы сигналов и их характеристики

Что такое характеристики сигнала?

Любые аналоговые или цифровые сигналы могут быть описаны и проанализированы с точки зрения множества различных свойств или характеристик. В зависимости от назначения сигнала вас может интересовать измерение некоторых из этих характеристик, а остальные вам могут быть неинтересны.

Тремя основными характеристиками сигнала являются уровень/состояние, форма/последовательность и частота/скорость.

Уровень/Состояние

Уровень описывает стабильное значение аналогового (непрерывного) сигнала в определенный момент времени.

Цифровой эквивалент – *состояние*, описывает значение дискретного сигнала в определенный момент времени (обычно одним из двух двоичных значений, 1 или 0).

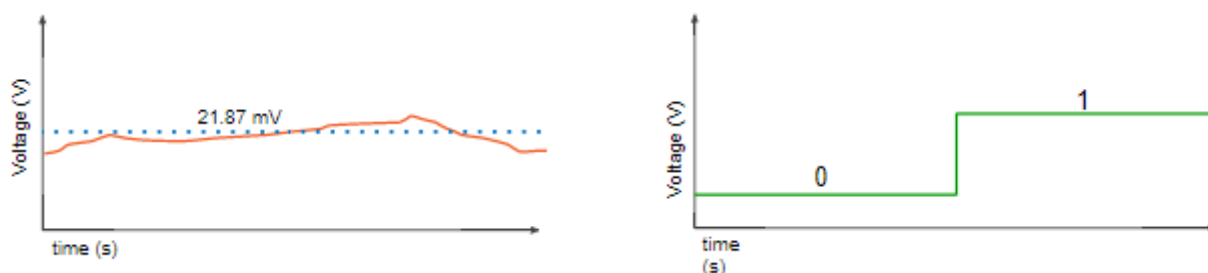


Рисунок 1-3. Графики напряжения. Иллюстрация уровня и состояния сигнала

Форма/последовательность

Характеристика сигнала *форма* в точности соответствует термину – это профиль или форма графика сигнала за определенный период времени. У некоторых распространенных форм есть специальные названия, такие как прямоугольный, треугольный и пилообразный сигнал.

Цифровой сигнал может иметь идентифицирующую его *последовательность* – конкретную последовательность состояний за определенный период времени.

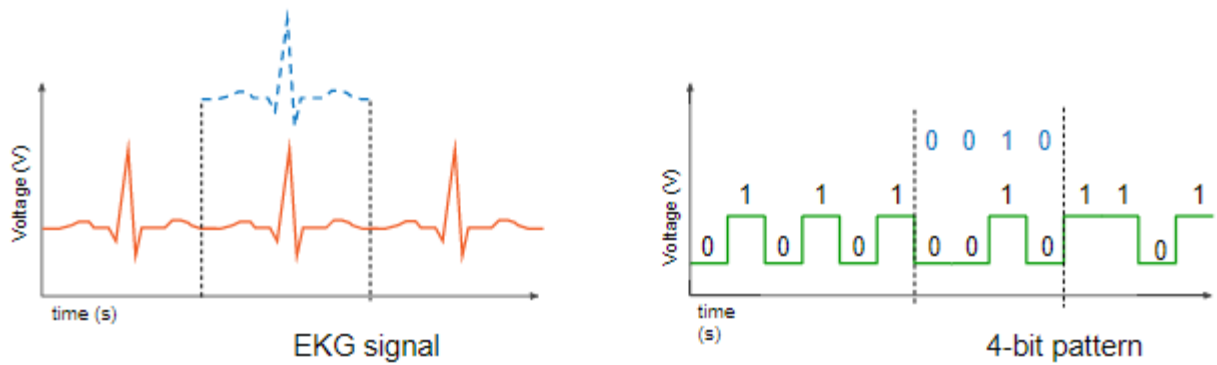


Рисунок 1-4. Графики напряжения. Иллюстрация формы и последовательности сигнала

Частота/скорость

Наконец, *частота* сигнала – это количество повторений сигнала за одну секунду. Сигналы, которые по своей природе являются повторяющимися, называются периодическими.

Для цифровых сигналов аналогичной характеристикой является *скорость передачи*, которая обозначает число импульсов или байтов данных, передаваемых каждую секунду.

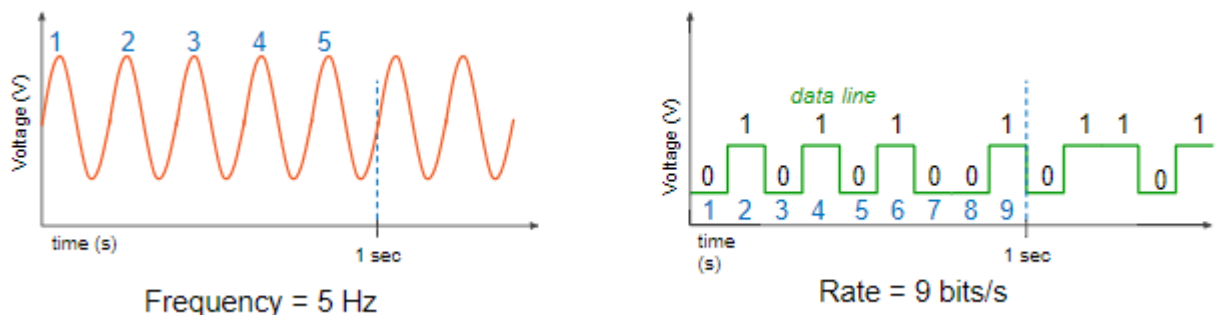


Рисунок 1-45. Графики напряжения. Иллюстрация частоты и скорости передачи сигнала

Обратите внимание, что частоту легко понять в отношении простых синусоидальных колебаний, но для представления сигналов сложной формы с множеством возможных периодов понятие частоты не так очевидно. Анализ Фурье позволяет нам разложить любой сигнал на сумму различных синусоид и косинусоид и выполнять их анализ.



Узнайте больше об анализе Фурье здесь: <http://www.ni.com/white-paper/3342/en/>.

Задачи измерений и важность характеристик

Интересующие нас характеристики сигнала зависят от ситуации, в которой выполняются измерения.

Для аналоговых сигналов уровень отражает интенсивность или амплитуду измеряемой физической величины. Если исследуемой характеристикой является уровень, то очевидно, что эта физическая величина, скорее всего, изменяется медленно. Освещенность, температура и давление являются примерами величин, для которых важен уровень.

Форма сигнала представляет интерес в основном для быстро изменяющихся сигналов. Детали формы сигнала, такие как пиковые значения и скорость изменения, помогают анализировать такие явления, как видеосигналы, звук и вибрации.

Значимость частоты зависит от измеряемой величины, но она может нести в себе такую полезную информацию, как высота звука и скорость распространения толчков при землетрясении.

В цифровых сигналах состояние – двоичное значение, определяющее измеряемую величину как высокую или низкую, включенную или выключенную. Поэтому состояние актуально в ситуациях, когда важно только знать, выполняется ли какое-то условие, например, замкнут ли ключ.

Последовательность, как и форма, отражает некоторые аспекты природы физической величины и используется для работы со значениями, которые изменяются со временем.

Наконец, скорость может дать представление о динамике измеряемой величины, например, о том, как быстро срабатывает поршень-зажигалка.

1-4 Если вам нужно контролировать процесс горения в двигателе, и вас интересует повторяемость хода поршня в цилиндре и моменты времени его прохождения через заданные точки, какая характеристика сигнала вам более важна?

- A. Расстояние до самой высокой точки поршня в цилиндре
- B. Частота ударов поршня
- C. Последовательность положений поршня в цилиндре
- D. Скорость движения поршня между двумя крайними положениями

1.4 Характеристики датчика

Каковы характеристики датчика важны?

В дополнение к обсуждению характеристик сигнала, мы можем также рассмотреть характеристики датчика. Характеристики датчика помогают нам описать различные аспекты эффективности обнаружения и отражения датчиком физической величины. Многие из этих характеристик хорошо воспроизводятся на графике характеристики преобразования – зависимости выходного сигнала датчика от изменений входной величины.

Чувствительность

Чувствительность – это отношение выходного сигнала к измеряемой (входной) физической величине. Другими словами, это наклон графика.

Диапазон

Диапазон датчика – это минимальное и максимальное значения входной величины, которые датчик может преобразовать. Термин динамический диапазон относится к разности между максимальным и минимальным значениями. Имейте в виду, что диапазон датчика часто не центрирован относительно нуля.

Стабильность, погрешность и разрешающая способность

Стабильность относится к тому, насколько воспроизводимы или согласованы значения выходного сигнала датчика. Если мы преобразуем одно и то же значение физической величины одним и тем же датчиком несколько раз, выходной сигнал любого датчика каждый раз будет хоть немного отличаться. Если эти изменения невелики, датчик стабилен; если изменения значительны, датчик нестабилен.

Погрешность характеризует правильность и достоверность преобразования датчиком входной величины. А именно, это максимальная разность между реальным значением измеряемой физической величины и результатом измерения выходного сигнала датчика.

Наконец, разрешающая способность – наименьшее измеримое изменение входной величины, которое датчик может обнаружить и преобразовать в изменение выходного сигнала. Погрешность и разрешающая способность могут выражаться в абсолютных значениях или в процентах от результата измерения или от диапазона.

Важно понимать разницу между стабильностью, погрешностью и разрешающей способностью.

Смещение и нелинейность

Смещение, как правило, описывает постоянную разность между реальным и измеренным значениями входной величины. Более конкретно его можно определить одним из двух способов. Во-первых, смещение может определить как значение выходного сигнала при равном нулю значении входной величины, это приводит к смещению всех значений выходного сигнала. Во-вторых, смещение может означать разность между фактическим значением входной величины и соответствующим значением результата измерения. Смещение возникает при определенных условиях. Например, большинство датчиков откалиброваны для работы при температуре 25 °С, и их использование в более теплой или в более холодной среде может привести к тому, что все значения выходных сигналов будут выше или ниже, чем значения, соответствующие температуре при калибровке.

Нелинейность описывает, насколько характеристика преобразования датчика отклоняется от идеальной прямой. Нелинейность выражается в процентах следующим уравнением:

$$\text{Нелинейность (\%)} = \frac{D_{in(max)}}{IN_{f.s.}} \times 100\%$$

Уравнение 1-1

где $D_{in(max)}$ – максимальное отклонение от приведенного ко входу выходного сигнала датчика, $IN_{f.s.}$ максимальное значение входной величины (полный диапазон).

Имейте в виду, что нелинейность и смещение отличаются; нелинейность относится к погрешности формы и наклона графика (чувствительности), а смещение не искажает форму графика, а просто перемещает его вверх или вниз.

Гистерезис

Иногда выходной сигнал датчика принимает разные значения при одном и том же значении входной величины в зависимости от того, приближается ли входная величина к этому значению от большего или меньшего значения. Такое поведение может привести к возникновению несоответствий. Гистерезис – это мера того, насколько сильно отличаются выходные сигналы датчика при разных направлениях изменения входной величины.

Время отклика

Время отклика датчика – это время, необходимое для изменения и стабилизации нового значения выходного сигнала после изменения входной величины.

Задачи измерения и важность характеристик

Различные физические величины предъявляют различные требования к характеристикам датчика. Знание, какие характеристики датчика значимы для конкретного измерения, важно при выборе идеального датчика для этого измерения. Например, при исследовании объекта, характеризующегося быстрыми изменениями свойств, важно время отклика, а для статического объекта или объекта с медленно изменяющимися свойствами – нет.



Узнайте больше о характеристиках датчиков: <http://www.ni.com/white-paper/14860/en/>.

1-5 Для измерений ориентированных на обнаружение очень небольших изменений положения с высокой степенью повторяемости в небольшом диапазоне возможных значений, что из приведенного **НЕ** представляет интереса?

- A. Диапазон
- B. Стабильность
- C. Чувствительность
- D. Время отклика

1.5 Реализация

Давайте используем изложенные выше сведения для исследования характеристик инфракрасного датчика расстояния. Вы определите диапазон входной физической величины датчика, диапазон выходного напряжения, нелинейность характеристик преобразования и разрешающую способность датчика.

Вы начнете исследования с запуска готовой программы и подключения простой схемы.

Характеристики датчика

Как обычно, начните со спецификации датчика, доступной по ссылке:

https://cf-ts.mythinkscape.com/IR_Distance_Sensor.pdf

Ознакомьтесь с характеристиками входного и выходного диапазона и способом аппроксимации выходного сигнала. Щелкните по ссылке выше для загрузки спецификации и найдите электрооптические характеристики. Начиная отсюда, вы найдете полезную информацию о датчике.

■ Electro-optical Characteristics

($T_a=25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC}=5\text{V}$)

Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Average supply current	I_{CC}	L=80cm (Note 1)	—	30	40	mA
Distance measuring	ΔL	(Note 1)	10	—	80	cm
Output voltage	V_O	L=80cm (Note 1)	0.25	0.4	0.55	V
Output voltage differential	ΔV_O	Output voltage difference between L=10cm and L=80cm (Note 1)	1.65	1.9	2.15	V

* L : Distance to reflective object

Note 1 : Using reflective object : White paper (Made by Kodak Co., Ltd. gray cards R-27•white face, reflectance; 90%)

■ Recommended operating conditions

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	V_{CC}	4.5 to 5.5	V

Рисунок 1-6 Таблица электрооптических характеристик и условий эксплуатации

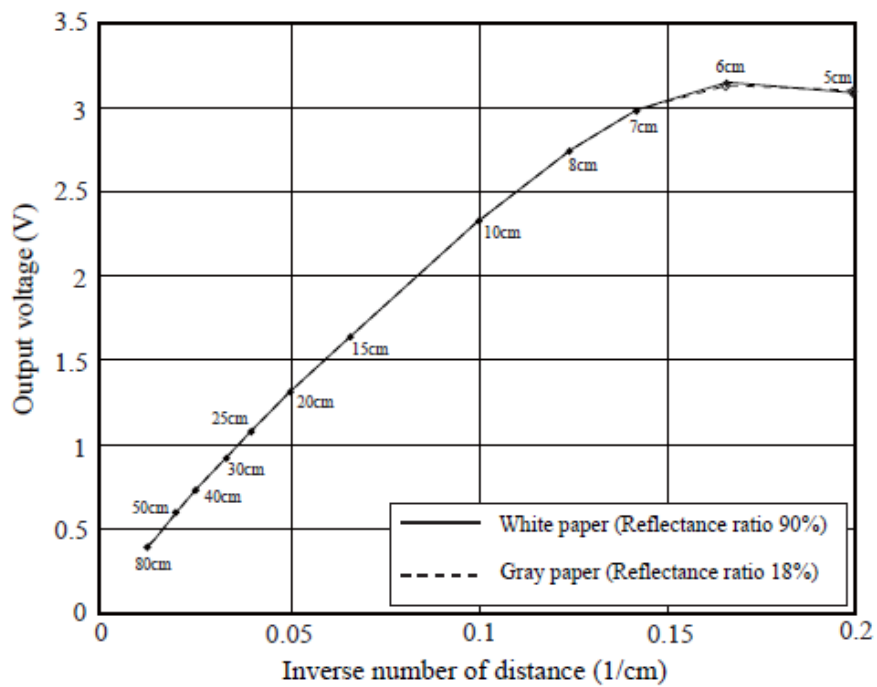
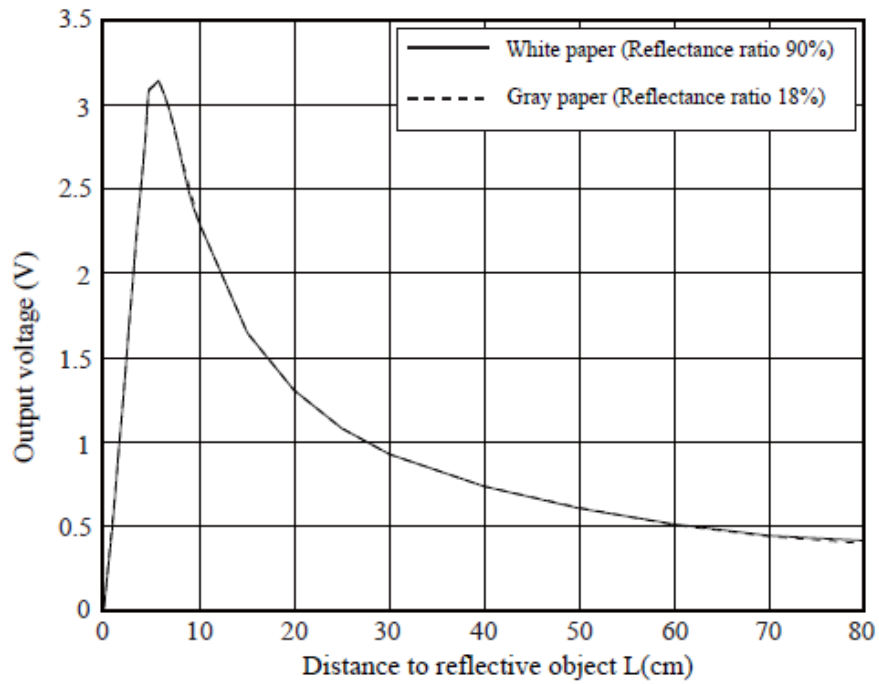


Рисунок 1-7 Характеристики преобразования расстояния в напряжение

Определим некоторые характеристики датчика:

- Рекомендуемое напряжение питания: от 4,5 до 5,5 В.
- Диапазон значений входной физической величины: от 10 до 80 см.
- Диапазон выходного напряжения: приблизительно от 0,4 В (при 80 см) до 2,3 В (при 10 см).
- Зависимость выходного напряжения от величины, обратной расстоянию, близка к линейной в интервале от 80 см и, примерно, до 7 см.

Зная эти характеристики, мы можем начать работу с датчиком, но при этом потребуется самим линейаризовать выходной сигнал.

Схема

Используя схему на рисунке 1-8, соберите схему для подключения напряжения питания к активному инфракрасному датчику и измерения его выходного сигнала.



Рисунок 1-8 Схема с инфракрасным датчиком

Измерение

Теперь, когда датчик подключен, откройте проект LabVIEW IR Sensor, он находится в zip-файле с материалами курса, введите IP-адрес вашего NI ELVIS III, и откройте виртуальный прибор (VI) *IR Sensor.vi*. **Запустите** VI для выполнения измерений.

Когда перед датчиком нет объектов, запишите результат измерения напряжения в таблицу ниже.

Затем поместите перед датчиком объект с плоской поверхностью на расстоянии 20 см, плоской поверхностью к датчику. Запишите результат измерения напряжения в таблицу в программе и в таблицу ниже.

Перемещайте плоский объект на разные расстояния от датчика, в соответствии с таблицей ниже, и заполните обе таблицы значениями результатов измерения напряжения.

Измерения расстояния и напряжения

1-6 Заполните таблицу расстояний и результатов измерения напряжения.

Таблица 1-2 Таблица расстояния и результатов измерения напряжения

Расстояние до объекта (см)	Измеренное напряжение (В)
Нет объекта	
5	
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	

Калибровка

Заполнив таблицу измерений в программе, щелкните по кнопке **Calibrate** для определения линии наилучшего соответствия. LabVIEW рассчитает параметры и начнет их применять при последующих измерениях, так что ваш выходной сигнал теперь будет отображаться в единицах расстояния, а не напряжения.

1-7 Посмотрите на характеристики датчика. Какими факторами можно объяснить различия в линеаризации вашего датчика и другого датчика? Какими факторами можно объяснить различия в линеаризации характеристики вашего датчика, полученной сегодня и в другой день?

1.6 Упражнение – часть 1

Измерение температуры

Выполните измерение температуры для следующих исходных данных:

- [Диапазон] Необходимо контролировать температуру внутри термокамеры, в начале процедуры испытания температура равна 20 °С и определять, превышает ли температура 40 °С.
- [Чувствительность] Вблизи 40°С для обнаружения изменений температуры на 1°С изменение напряжения должно быть не менее 10 мВ.
- [Линейность] Следует учесть линейность характеристики датчика, но это можно сделать в следующих упражнениях.

Другие соображения:

Измерительная система должна обнаруживать изменения температуры как можно быстрее. Не будем задавать точное время из-за влияния теплообменных свойств воздуха, но при прочих равных условиях датчик с более быстрым откликом будет лучше.

Термистор стоит примерно 1 доллар, а терморезистор и термопара - примерно 10 долларов.

Выбор датчика

В реальной задаче измерения можно рассмотреть любой доступный датчик, который укладывается в бюджет. В нашем случае выбор будет ограничен тремя датчиками из набора, к которым у вас есть доступ:

- Терморезистор PT100, 100 Ом <https://cf-ts.mythinkscape.com\RTD.pdf>
- Термистор 10 кОм: <https://cf-ts.mythinkscape.com/Thermistor.pdf>
- Термопара типа К: <https://cf-ts.mythinkscape.com/Thermocouple.pdf>

Откройте технические характеристики в VI и проанализируйте их. Вы рассмотрите, какой из датчиков больше подходит для решения поставленной задачи измерения температуры.



Дополнительную информацию для сравнения датчиков температуры, можно найти по ссылке:

<http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/C50FA55B3B2F85D9862572D00083350E>.

Диапазон

Термистор

В таблице ниже термистору сопротивлением 10 кОм соответствует термистор с кодом характеристики зависимости сопротивления от температуры 2904.

Electrical specification and ordering codes	
R₂₅ Ω	No. of R/T characteristic
15	1203
22	1203
33	1203
47	1302
68	1303
100	1305
150	1305
220	1305
330	1306
470	1306
680	1307
1 k	1011
1.5 k	1013
2.2 k	1013
3.3 k	4001
4.7 k	4001
6.8 k	2903
10 k	2904
15 k	1014

Рисунок 1-9 Электрические характеристики и коды для заказа

Диапазон измеряемых температур этого термистора от -55 до 155°C.

Термопара

Из справочных данных на термопару находим температурный диапазон от -73 до 482°C.

Терморезистор

Из справочных данных на терморезистор находим температурный диапазон от -200 до 550°C.

Нелинейность

Термистор

Зависимость сопротивления термистора от температуры нелинейна. В последовательности преобразований сигнала нам понадобится учесть эту нелинейность.

Термопара

Зависимость выходного напряжения термопары от температуры почти линейна.

Терморезистор

Зависимость сопротивления терморезистора от температуры близка к линейной.

Чувствительность

Термистор

Поскольку термисторы нелинейны, для расчета чувствительности термистора нужно определить интересующую нас область. Исходя из поставленной задачи, нас будет интересовать чувствительность в районе 40°C.

В характеристиках термистора 2904 указано, что при изменении температуры от 40°C до 45°C сопротивление изменяется от (10кОм*0,5074) до (10кОм*0,41046), т.е. на 969,4 Ом. При линеаризации выбранного участка характеристики изменение температуры на 1 градус приведет к изменению сопротивления на 193,9 Ом до значения 10 кОм*0,4880.

Для получения сигнала напряжения термистор сопротивлением 10 кОм соединен последовательно с резистором 10 кОм в схему делителя напряжения. Коэффициент деления в точке 40°C равен 5074/15074. При напряжении питания делителя 5 В изменение температуры на 1 градус приведет к изменению выходного напряжения делителя с (5 * 5074/15074 = 1,668 В) до (5 * 4880/14880 = 1,6398 В), что составляет 43,2 мВ/°С.

Термопара

В характеристиках термопары приведена чувствительность 41,276мкВ/°С при достаточной линейности.

Терморезистор

По техническим характеристикам терморезистора чувствительность равна $0,385 \text{ Ом}/^\circ\text{C}$.

Для получения сигнала напряжения терморезистор сопротивлением 100 Ом соединен последовательно с резистором 100 Ом в схему делителя напряжения. Коэффициент деления в точке 40°C равен $100,385/200,385$. При напряжении питания делителя 5 В изменение температуры на 1 градус приведет к изменению выходного напряжения делителя с $2,5 \text{ В}$ до $(5 * 100,385/200,385 = 2,5048 \text{ В})$, что составляет изменение $4,8 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$.

1-8 У каких датчиков диапазон измерения температуры удовлетворяет требованиям задания? Что вы можете сказать о диапазоне трех типов датчиков?

1-9 У каких датчиков подходящая чувствительность? Что вы можете сказать о чувствительности трех типов датчиков?

1-10 Какие датчики будет проще или сложнее использовать с точки зрения линейности? Повлияет ли это на ваше окончательное решение?

1-11 Какой датчик лучше всего подходит для решения задачи измерения температуры? Почему?

1.7 Упражнение - часть 2

Измерение деформации

В этом упражнении вы будете измерять деформацию. Для получения дополнительной информации о деформации и тензодатчиках прочтите статью: <http://www.ni.com/white-paper/3642/en/>.

Выполните измерение со следующими исходными данными:

- [Измеряемая область] Определяется срок службы путем анализа деформации изготовленной детали при приложении силы к небольшому металлическому стержню. Сила будет прикладываться в течение 1 секунды, затем сниматься на 1 секунду. Цикл будет повторяться 24 часа. Ширина стержня 1,5 мм, длина 24 мм. Однако длина линейной области, к которой прикладывается сила, составляет примерно 4 мм.
- [Ориентация измерения] Деформация будет происходить только в 1 линейном направлении. Деформация скручивания или сдвига не будет учитываться.

Другие соображения:

- Измерение деформации будет происходить в относительно контролируемой среде с постоянной температурой. Для получения дополнительной информации о влиянии температуры на тензодатчики можете прочитать здесь: <http://www.ni.com/white-paper/3432/en/>.

Выбор датчиков

В реальной задаче измерения можно рассмотреть любой доступный датчик, который укладывается в бюджет. В нашем упражнении мы ограничим выбор из одного каталога тензодатчиков разной формы и размеров

- Тензодатчики: https://cf-ts.mythinkscape.com/ckeditor/Strain_Gauges.pdf

Загрузите технические характеристики и проанализируйте их.

1-12 Какой датчик больше всего подходит для области размещения и ориентации датчика? Какой датчик вы выбрали?

1-13 Как температура влияет на измерение деформации? Если нужно будет учесть это влияние, как вы это сделаете?

1.8 Заключение

Эти вопросы помогут вам повторить и уяснить принципиальные моменты, изученные в этой части лабораторной работы.

1-14 Опишите любые наблюдения, сделанные вами при выполнении работы, но не обсуждавшиеся ранее.

1-15 Своими словами опишите, что такое датчик и для чего он нужен.

1-16 Опишите характеристики сигнала, и как они отражают свойства измеряемой физической величины.

Ответы – только на вопросы из раздела Самопроверка



Проверьте себя

1-1 A

1-2 C

1-3 B

1-4 C

1-5 D