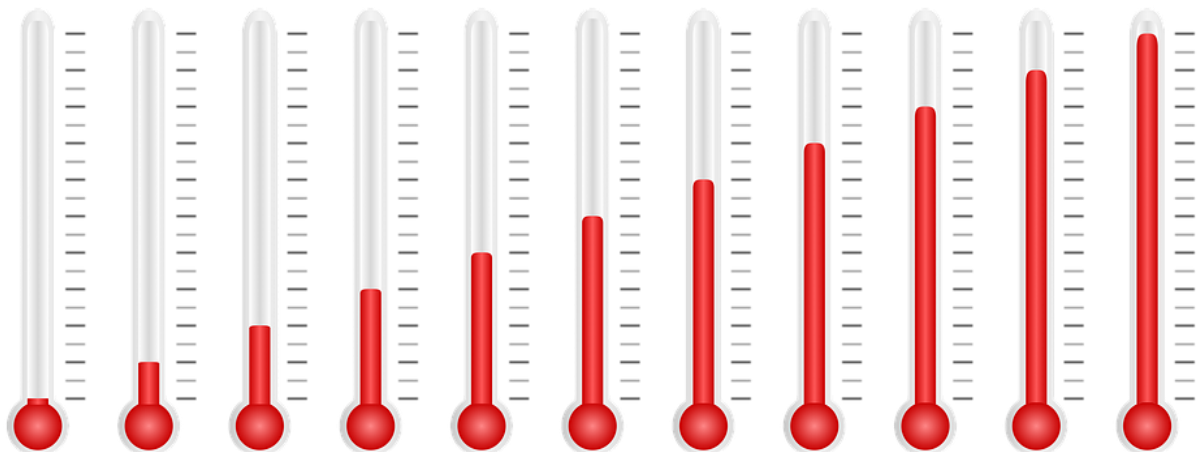


Руководство к лабораторному практикуму:

Измерения и измерительные приборы

С использованием набора Measurements Part для NI ELVIS III



Лабораторная работа 5:
Проект системы измерения температуры

© 2018 National Instruments

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 5: Проект системы измерения температуры

В этой лабораторной работе вы воспользуетесь методами, описанными в предыдущих работах, разработаете и реализуете систему измерения температуры.

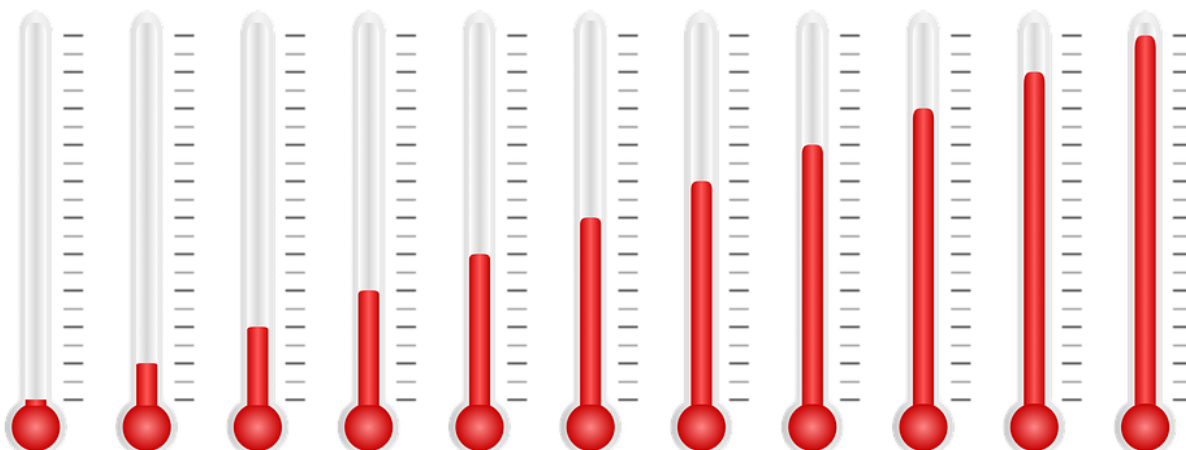


Рисунок 1 Иллюстрация повышения температуры

Цель работы

После выполнения данной лабораторной работы вы сможете:

1. Объяснять характеристики сигнала и датчика, соответствующие заданию на разработку системы измерения температуры
2. Разрабатывать и реализовывать схему кондиционирования сигнала для измерения температуры
3. Обсуждать разрешающую способность и частоту дискретизации
4. Выполнять измерение температуры и анализировать измеренный сигнал

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

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:

- Термистор NTC 10 кОм
- Различные дискретные компоненты для сборки схем преобразования сигналов

Программное обеспечение: NI Multisim Live

- Вы можете использовать Multisim для моделирования схем прежде, чем собирать ее из реальных компонентов.

- ✓ Онлайн-доступ: <http://multisim.com>
- ✓ Справка по NI Multisim Live: <http://multisim.com/help/>

Программное обеспечение: LabVIEW

версия 18.0 или выше

Тулкиты и модули

- Модуль LabVIEW Real-Time
- Туллит 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 для 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 спроектировать и реализовать измерительную систему, соответствующую требованиям конкретного задания. Вам придется неоднократно выбирать и принимать решения, а затем вы должны будете протестировать разработанную систему, чтобы убедиться, что она удовлетворяет требованиям задания.

В данной работе будут реализованы 4 операции из последовательности преобразования сигналов, рассмотренные в предыдущих лабораторных работах:

- Сигналы и датчики
- Преобразование (кондиционирование) сигналов
- Аналого-цифровое преобразование и дискретизация сигналов
- Программное обеспечение и обработка данных

Вы можете обращаться к предыдущим лабораторным работам за информацией. В ходе выполнения данной работы вам будут задаваться вопросы, ответы на которые помогут вам в процессе проектирования и реализации системы.

В конечном счете вы реализуете измерительную систему и предоставите документацию, детально описывающую ваши решения в ходе проектирования и окончательный вариант спроектированной системы. 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 Задание на проектирование системы измерения температуры

Исходные данные

Необходимо измерять температуру в духовке, чтобы обнаружить возможные проблемы, например, пожар. Если температура растет быстрее, чем на 1°C в секунду, ваша система должна указать на возможный сбой и записать время и построить график в течение последующих 10 секунд после возникновения проблемы. По истечении 10 секунд система должна снова запуститься в пределах 1 секунды.

Ваша система должна удовлетворять следующим требованиям:

- Работать при значениях температуры от 15 до 120°C.
- Обнаруживать все интервалы времени, в течение которых увеличение температуры превышало допустимое значение **дольше, чем на 0,1 с.**
- В этом упражнении можно выбирать из нескольких датчиков, более одного из них могут соответствовать техническим требованиям. Подумайте, какой датчик подойдет лучше всего. При выборе датчика необходимо учитывать множество различных факторов, например, стоимость, простоту использования, срок службы, техническое обслуживание и простоту замены.

Прочтите больше о доступных для выбора компонентах (также см. раздел *Сведения из теории*):

- Терморезистор <https://www.digikey.ca/product-detail/en/adafruit-industries-llc/3290/1528-2090-ND/6560922>
- Термопара <https://www.digikey.ca/product-detail/en/digilent-inc/240-080/1286-1099-ND/5418219>
- Термистор <https://www.digikey.ca/product-detail/en/epcos-tdk/B57164K0103J000/495-2080-ND/739847>

1.2 Сведения из теории

Project Lab Temperature

Introduction Video

Рисунок 1-2 Скриншот видео. Просмотр видео здесь: <https://youtu.be/Ed0uwQWX9Yk>



Краткое содержание видео

- Измерение температуры обычно выполняется с использованием одного из датчиков трех типов: термопары, терморезистора (RTD) и термистора.
- Термопары недороги, надежны и обладают быстрой реакцией, но менее точны, обладают наихудшей стабильностью и чувствительностью.
- Терморезисторы – лучший выбор, если важна повторяемость, они наиболее стабильны и точны, но у них более высокая инерционность, а также наличие небольшой дополнительной погрешности преобразования из-за саморазогрева.
- У термисторов малое время отклика и невысокая стоимость, но они хрупки и пригодны для измерения температуры в ограниченном диапазоне.

Датчики температуры

Термопара

Как вы, возможно, помните из лабораторной работы *Сигналы и датчики*, выходным сигналом термопары является напряжение, зависящее от температуры. Затем напряжение может быть обработано для получения значений температуры.

Одним из основных преимуществ использования термопары является отсутствие необходимости активации датчика. Однако обеспечение требуемой точности измерения температуры сравнительно сложно.

Качественно температура объекта определяется ощущением тепла или холода при прикосновении к объекту. Технически, температура является мерой средней кинетической энергии частиц в образце вещества, выраженной в градусах стандартизированной шкалы. Температуру можно измерять разными способами, реализации которых различаются стоимостью и точностью необходимого оборудования. Термопары – одни из самых распространенных датчиков, используемых для измерения температуры, потому что они относительно недороги, обладают приемлемой точностью и могут работать в широком диапазоне температур.

Зависимость выходного напряжения термопары от температуры существенно нелинейна; коэффициент Зеебека может варьироваться в три или более раз в рабочем диапазоне температур некоторых термопар. Поэтому необходимо либо аппроксимировать кривую зависимости напряжения от температуры с помощью полиномов, либо использовать таблицу преобразования. Полиномы имеют следующий вид:

$$T = a_0 + a_1v + a_2v^2 + \dots + a_nv^n$$

Уравнение 1-1

где v – напряжение термопары в вольтах, T – температура в градусах Цельсия, a – коэффициенты, характерные для каждого типа термопары.

Терморезистор (RTD)

Терморезисторы, как правило, состоят из тонкой проволоки, намотанной на сердечник из керамики или стекла. Проволока обычно изготавливается из чистых проводящих материалов, таких как платина или никель. Этот тип датчиков температуры обладает высокой точностью, однако считается очень хрупким из-за используемых материалов. Обычно терморезисторы помещаются в защитные корпуса для увеличения механической прочности.

Одним из наиболее полезных свойств измерения с помощью терморезисторов является повторяемость результатов. Как упоминалось выше, это повышает точность измерений, и поэтому терморезисторы часто используются вместо термопар.

Обычно терморезисторы классифицируют по их номинальному сопротивлению при температуре 0 °С. Типичные значения номинального сопротивления платиновых тонкопленочных терморезисторов – 100 Ом и 1000 Ом. Зависимость между сопротивлением и температурой почти линейна и описывается следующей формулой:

$$\text{Для } <0 \text{ } ^\circ\text{C } R_T = R_0 [1 + aT + bT^2 + cT^3 (T - 100)]$$

Уравнение 1-2

$$\text{Для } >0 \text{ } ^\circ\text{C } R_T = R_0 [1 + aT + bT^2]$$

Уравнение 1-3

где R_T = сопротивление при температуре T , R_0 = номинальное сопротивление, a , b и c = масштабирующие константы RTD.

Термистор

Поскольку термисторы являются резистивными датчиками, их необходимо активировать от источника питания, а затем измерить падение напряжения на выводах термистора. Источник питания должен быть постоянным и точным.

При измерении температуры термистор подключается по дифференциальной схеме к каналу аналогового ввода. Другими словами, вы должны подключить оба контакта, +ve и –ve, канала аналогового ввода к термистору.

Падение напряжения на термисторе зависит от измеряемой температуры. Соотношение между напряжением и температурой не строго линейно. Драйвер NI-DAQmx преобразует сопротивление термистора в значения температуры, используя аппроксимацию Стейнхарта-Харта третьего порядка:

$$\frac{1}{T} = A + B * \ln R + C * (\ln R)^3$$

Уравнение 1-4

где T – температура в градусах Кельвина, R – результат измерения сопротивления, а A , B и C - константы, предоставленные изготовителем термистора.

1.3 Сигналы и датчики

Учитывая требования к заданию на проектирование, рассмотрите основные свойства измеряемого сигнала. Вспомните лабораторную работу *Сигналы и датчики* и подумайте, какие характеристики сигнала наиболее важны для реализации проекта. Рассмотрите основные этапы технического проектирования системы, приведенные ниже:

1. Постановка задачи
2. Сбор информации о задаче
3. Мозговой штурм и анализ возможных решений
4. Решение задачи
5. Тестирование проекта
6. Доработка проекта

1-1 Какие характеристики сигнала наиболее важны для выполнения задания и как его характеристики отражают измеряемую физическую величину?

- В имеющемся комплекте всего несколько датчиков. Это означает, что фактически вы не сможете выбрать из всего многообразия существующих датчиков. Однако важно помнить, что в реальных условиях вам придется выбирать из множества датчиков, пригодных для решения задачи измерений.
- В нашем случае необходимо оценить, соответствуют ли датчики из предоставленного вам комплекта требованиям технического задания.

1-2 Какие характеристики выбранного вами датчика значительно превосходят требования задания?

1-3 Какие характеристики выбранного вами наиболее критичны для заданных требований?

1.4 Преобразование (кондиционирование) сигналов

Учитывая требования к заданию на проектирование, вы должны теперь определить, какой тип преобразования сигнала необходимо будет реализовать.

Вспомните из лабораторной работы *Преобразование сигналов*, что существует множество различных схем кондиционирования, соответствующих желаемому результату. Вы должны решить, какие схемы лучше всего подходят для реализации проекта.

1-4 Какое свойство выбранного датчика изменяется при изменении физической величины?

1-5 Как это изменение может быть передано в систему сбора данных через датчик?

1-6 Какой тип кондиционирования сигналов понадобится для выполнения задания?

- Пришло время спроектировать и реализовать схему кондиционирования сигнала, используя ваши ответы на приведенные выше вопросы.
- Не забудьте учесть условия измерений при сборке схемы.

1-7 Прикрепите к отчету документацию по вашему проекту. Это могут быть эскизы, скриншоты или любая другая имеющаяся у вас документация.

- Когда закончите сборку схемы, протестируйте ее.

1-8 Потребовалось ли внести какие-либо усовершенствования в ваш проект по результатам тестирования схемы кондиционирования?

1.5 Аналого-цифровой преобразователь и дискретизация

Учитывая требования к заданию на проектирование, теперь вы можете рассмотреть влияние АЦП и дискретизации на качество измерений.

Примечание: Вы можете найти дополнительную информацию в выполненной вами лабораторной работе *АЦП и дискретизация*.

1-9 В единицах измерения физической величины какое наименьшее изменение физической величины можно измерить с помощью АЦП?

Примечание: Вы должны также учесть используемый тип кондиционирования сигнала.

1-10 Какая частота дискретизации требуется для решения поставленной задачи, и что необходимо учесть при выборе частоты дискретизации?

Теперь разработайте простую программу сбора данных для измерения сигнала, получаемого после схемы кондиционирования.

1-11 Как формируется сигнал? Объясните ваши результаты. Нужно ли что-то изменить в схеме кондиционирования сигнала?

1-12 Изменяется ли результат измерения при изменении физической величины так, как предполагалось?

1.6 Программное обеспечение и обработка данных

Учитывая требования к заданию на проектирование, теперь вы должны разработать программное обеспечение и проанализировать результаты проектирования. Если нужна дополнительная информация, вернитесь к отчету выполненной вами лабораторной работы *Программное обеспечение и обработка данных*.

1-13 Какие методы сбора данных необходимы для выполнения задания?

1-14 Какие методы обработки данных лучше всего подойдут для выполнения задания?

1-15 Как вы преобразуете результаты измерения сигнала в инженерные единицы? Учтите чувствительность датчика, влияние схемы кондиционирования сигнала и нелинейность датчика.

- Разработайте программу сбора и обработки данных.
- Примите во внимание этапы процесса проектирования, а также ваши предыдущие проекты.

1-16 Опишите программное обеспечение и реализованный алгоритм обработки данных. Нужно было программно выполнять калибровку и/или линеаризацию?

- Теперь протестируйте вашу программу сбора и обработки данных.

1-17 Как вы можете улучшить программное обеспечение? Какие новые функции могут быть полезны для этой измерительной системы?

1.7 Тестирование системы

Настало время протестировать разработанную вами систему. Рассмотрите методологию подтверждения правильности измерений. Вам понадобится симулировать изменения физической величины в соответствии с исходными данными задания на проектирование.

1-18 Задокументируйте условия, при которых выполнялось измерение и тестирование, а также критерии, используемые для подтверждения корректности результатов. Как вы симулировали изменения физической величины? Как подтвердите, что ваша система измеряет температуру?

1-19 Удовлетворяет ли ваша система требованиям задания? Объясните, почему. Если система не удовлетворяет требованиям, как вы можете улучшить ваш проект?

1-20 Предоставьте доказательства соответствия требованиям задания окончательного варианта реализованной вами системы. Доказательства должны быть подкреплены схемами и/или скриншотами окончательного варианта измерительной системы.

1.8 Заключение

1-21 Какой этап проектирования и реализации вашей измерительной системы был самым трудным?

1-22 Как можно усовершенствовать вашу измерительную систему? Рассмотрите характеристики и надежность.
