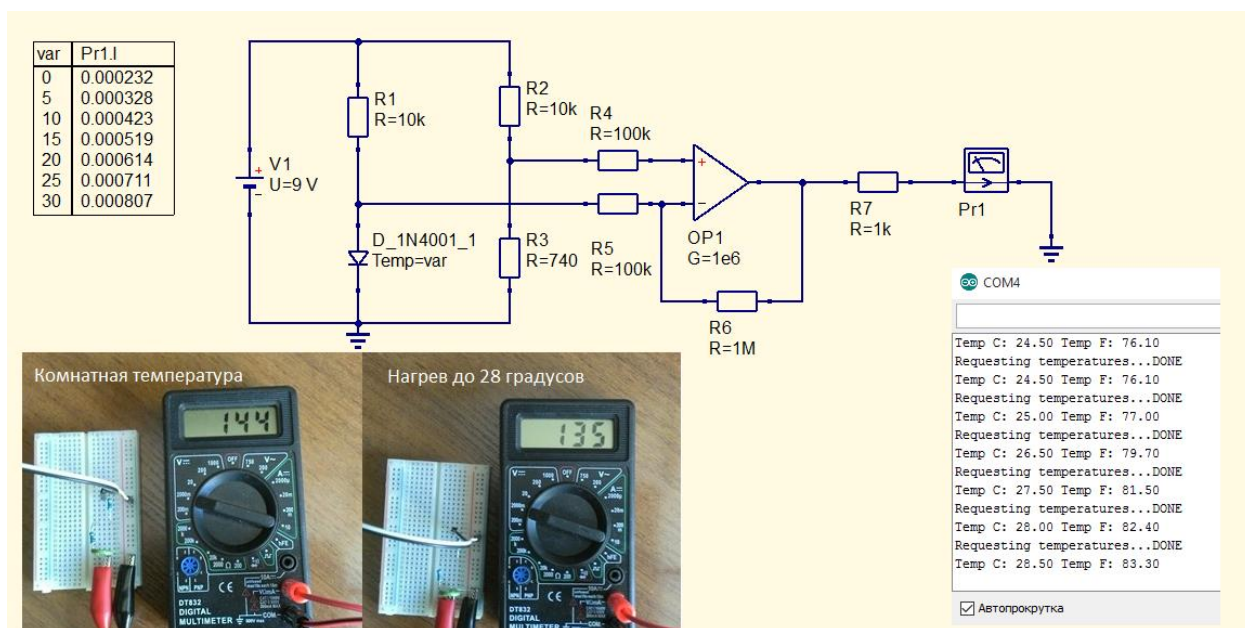


В.Н. Гололобов

## Для начинающих

### История 6. Твой первый проект



Москва -2016

## Оглавление

Глава 1. Описание первого проекта.....	3
Задача .....	3
Решение 1. Терморезистор.....	3
Решение 2. Диод.....	3
Решение 3. Датчик DS18B20 .....	3
Глава 2. Первый вариант проекта – терморезистор (термистор) .....	3
Глава 3. Второй вариант проекта – диод.....	6
Глава 4. Третий вариант – датчик температуры DS18B20 .....	8
Глава 5. Выбор .....	8
Макетирование первого варианта проекта .....	9
Макетирование второго варианта проекта.....	9
Макетирование третьего варианта проекта .....	10
Глава 6. Практическая реализация термометра с датчиком DS18B20.....	11
Глава 7. Как самому придумать электронное устройство .....	14
Глава 8. Выводы.....	16

Вам может показаться, что называть создание простого устройства проектом, это неправильно. И я готов с вами согласиться, если вы, схватив паяльник, начинаете соединять радиодетали. Но в том случае, когда вы начинаете не с пайки, а с описания того, что вы хотите сделать, тогда, как ни крути – это начало работы над проектом.

Почему речь пойдёт об измерении температуры, на чём завершился предыдущий рассказ? Потому, что можно рассмотреть использование нескольких типов недорогих датчиков, а температура всегда под рукой. Да и приборы, которыми мы будем пользоваться, самые дешёвые, самые простые.

## Глава 1. Описание первого проекта

Лет двадцать назад я бы начал эту часть рассказа с совета взять тетрадку и записать то, о чём мы будем говорить дальше. Сегодня есть выбор. Если вы возьмёте тетрадку и запишите всё, вы будете правы. Но вы будете правы и тогда, когда, включив компьютер, создадите папку с названием «Project» в разделе «Документы» или на рабочем столе.

Почему не назвать папку «Проект»? Можно и так, но, если вы будете в дальнейшем пользоваться программами для разработки, вы должны быть уверены, что программа не будет против кириллицы в названии раздела. Теперь можно либо взять ручку и начать писать, либо в любом текстовом редакторе записать... можно записать «Техническое задание», можно записать «Задача», можно записать «Что я хочу» - всё будет правильно.

### Задача

Необходимо разработать прибор для наблюдения за температурой в диапазоне от +10 до +30 градусов.

Давайте подумаем, следует ли расширять диапазон измеряемых температур. Я не исключаю, что в итоге прибор сможет регистрировать и больший диапазон температур, но будет трудно проверить температуры ниже +10 градусов. Хотя и такую температуру легко проверить тогда, когда на улице подходящая температура. Или воспользоваться холодильником, что сложнее.

### Решение 1. Терморезистор

Недорогой компонент. Сопротивление уменьшается с ростом температуры в среднем на 3% на градус.

### Решение 2. Диод

Недорогой компонент. Сопротивление меняется под действием температуры почти линейно, если включить последовательно с диодом достаточно большое сопротивление.

### Решение 3. Датчик DS18B20

Хороший, но не самый дешёвый датчик.

## Глава 2. Первый вариант проекта – терморезистор (термистор)

У меня есть только один терморезистор, не самый удобный, поскольку его сопротивление 33 Ома, но, что есть, то есть. Вы можете выбрать более удачный вариант, хотя я не уверен, что

предложений много. Как написано в справке, сопротивление меняется примерно на 3% при изменении температуры на градус. Для меня это означает изменение сопротивления на 0.99 Ом.

Сопротивление 33 Ом при температуре 25 градусов. Таким образом, при температуре +10 градусов сопротивление изменится на 14.85 Ом, то есть, сопротивление станет 18.5 Ом. А при температуре +30 градусов сопротивление изменится на 4.95 Ом, став 37.95 Ом.

Проще всего наблюдать за изменением температуры, считывая падение напряжения на терморезисторе. При этом ток через резистор не должен быть большим, чтобы не нагревать его, нагревая окружающий воздух. Проверим, с какими падениями напряжения нам придётся иметь дело. Воспользуемся, конечно, программой моделирования, применив делитель напряжения из резистора 330 Ом и термистора 33 Ом. Ток через делитель определится напряжением подключенного источника питания, в качестве которого возьмём батарейку 1.5 В. В этом случае ток около 4.2 мА, а рассеиваемая мощность около 0.6 мВт.

Я советую в папке с проектом создать ещё одну папку с названием «Resistor», где будет храниться программа моделирования.

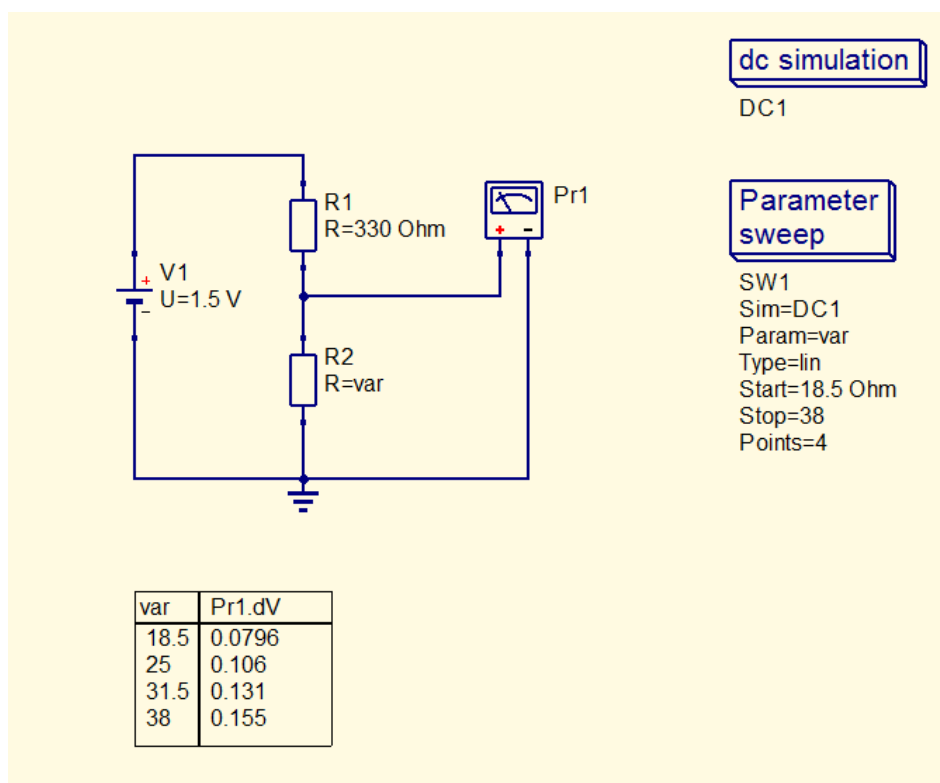


Рис. 2.1. Программа моделирования с обычным резистором

При изменении температуры в заданных пределах падение напряжения на резисторе меняется от 80 мВ до 155 мВ. Что дальше?

Дальше так – если у вас ненароком есть стрелочный микроамперметр от вышедшего из строя тестера с чувствительностью 200 мкА, то можно завершить создание простейшего электронного термометра. К слову, полученные ранее данные с помощью программы моделирования можно рассчитать самостоятельно, используя закон Ома. Не так и сложно. Но, согласитесь, моделировать интереснее!

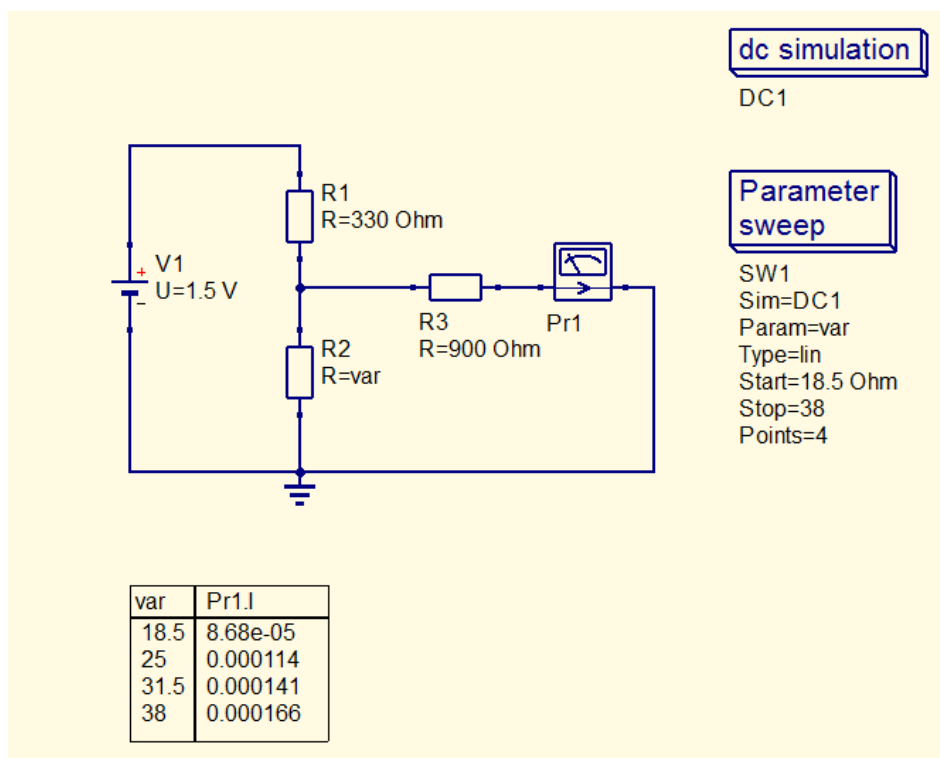


Рис. 2.2. Моделирование схемы простейшего термометра

Здесь R2 – обычный резистор, Pr1 – измерительная головка 200 мкА, R3 – сопротивление рамки измерительной головки. Токи (в амперах), полученные при моделировании, позволят вам представить, как может выглядеть шкала прибора. Её можно аккуратно нарисовать в подходящем графическом редакторе, напечатать на принтере и наклеить поверх существующей шкалы.

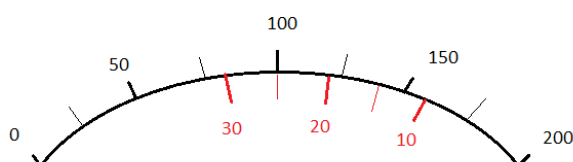


Рис. 2.3. Шкала прибора

В верхней части, чтобы было понятнее, я нарисовал шкалу микроамперметра, а в нижней отметил диапазон измерения температуры. Отметив несколько точек на верхней шкале, на её месте вы нарисуете то, что изображено на нижней, удалив затем временные опорные точки. Прибор, что естественно, будет измерять более широкий диапазон температур, так что вы можете сделать шкалу не такой «куцей», можете отметить и деления в один градус.

Шкала получилась «обратной», поскольку моделирование мы проводили с обычным резистором, а у терморезистора сопротивление при нагреве уменьшается, следовательно, уменьшается падение напряжения на термисторе.

Хотя приведённое решение и отличается простотой, оно не столь разумно в реализации. Измерительная головка сложный электромеханический прибор, требующий, как мне кажется,

много ручной работы. И не просто работы, а ювелирной работы. Поэтому стоимость такого компонента достаточно высока. Но, если у вас есть ненужная головка, вы можете использовать её где-то в своих конструкциях, заменив шкалу нужной вам.

При проведении «натурных испытаний» вы можете включить мультиметр на самый чувствительный диапазон измерения тока, но не забудьте добавить резистор R3, поскольку я не уверен, что сопротивление мультиметра окажется близким к 1 кОм.

### Глава 3. Второй вариант проекта – диод

Полупроводниковые приборы чувствительны к изменениям температуры, что поначалу вызывало негативное к ним отношение. Особенно чувствительны были германиевые диоды и транзисторы. Если у вас под рукой окажется германиевый диод, например, Д9, то используйте его для экспериментов или создания термометра; диод можно купить, стоит он недорого. Говорят, что температурная зависимость тока через диод достаточно линейна, поэтому можно определить две точки, по которым и построить зависимость тока через диод от температуры. Но это можно и проверить, не так ли?

В программе QucsStudio нет похожего диода, поэтому предварительные виртуальные эксперименты проведём с тем, что есть.

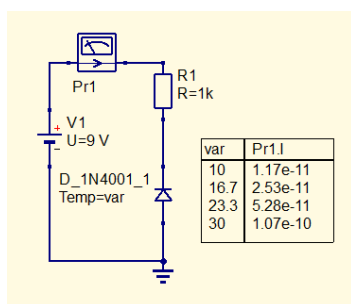


Рис. 3.1. Измерение тока через диод при изменении температуры

Ток, как видно из таблицы, очень небольшой. Поэтому разумно, наверное, усилить его с помощью транзистора. Посмотрим, что из этого получится.

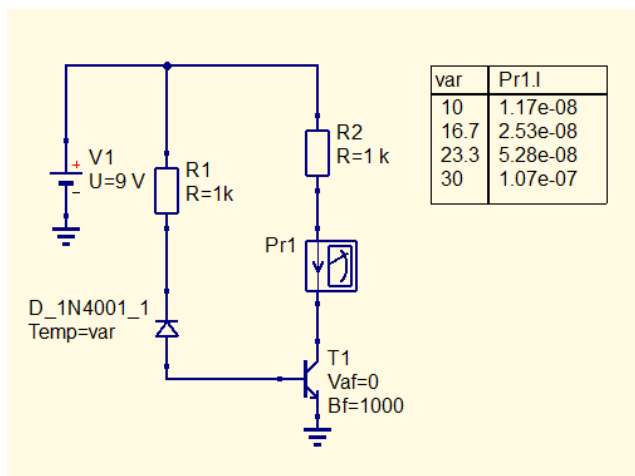


Рис. 3.2. Результат использования усилителя

Даже при использовании транзистора с большим коэффициентом усиления (такой транзистор можно найти, а можно применить составной транзистор) ток остаётся маленьким. Можно, конечно, понадеяться, что диод Д9 исправит положение. Но перед тем как идти за покупками в магазин, хотелось бы найти «запасной аэродром» - найти другое решение.

Можно попытаться включить диод в прямом направлении.

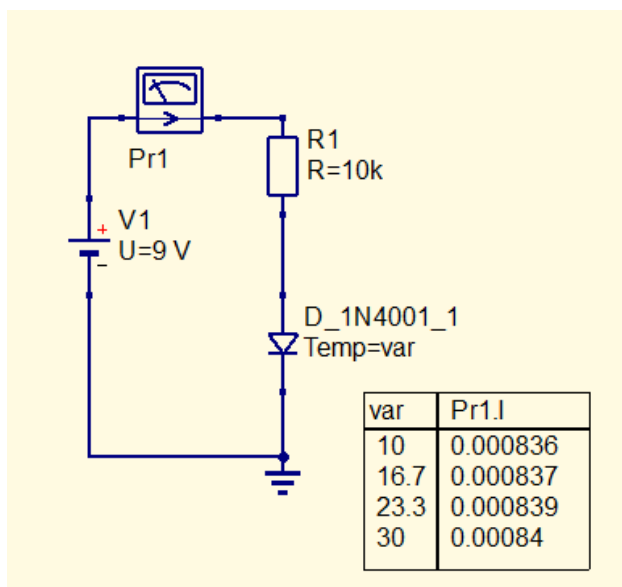


Рис. 3.3. Включение диода в прямом направлении

Ток в цепи существенно возрос, а влияние температуры на ток существенно уменьшилось. Попробуем улучшить ситуацию, используя балансную мостовую схему.

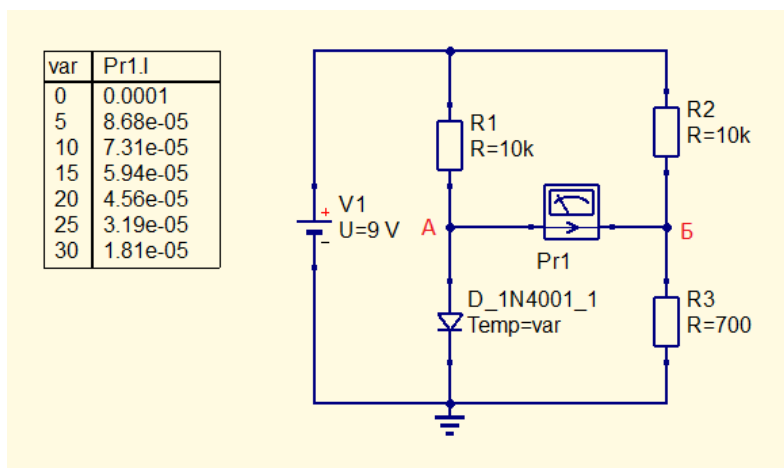


Рис. 3.4. Балансная схема измерения

Смысл балансной схемы в том, что при равенстве падения напряжения на диоде и резисторе R3 разности потенциалов между точками А и Б нет, и ток через амперметр Pr1 не протекает. Когда под воздействием температуры меняется сопротивление диода, ток через амперметр начинает протекать.

В схеме выше температура при моделировании меняется от 0 до 30 градусов.

Чтобы избежать влияния измерительного прибора на баланс моста, можно применить операционный усилитель, имеющий достаточно большое входное сопротивление. Кроме того, шкала прибора, посмотрите на таблицу, при прямом включении в диагональ моста, скажем, микроамперметра, оказывается обратной. То есть, увеличение температуры на шкале будет справа налево. Операционный усилитель позволяет подключить два входа так, чтобы шкала измерительного прибора приобрела более привычный для нас вид.

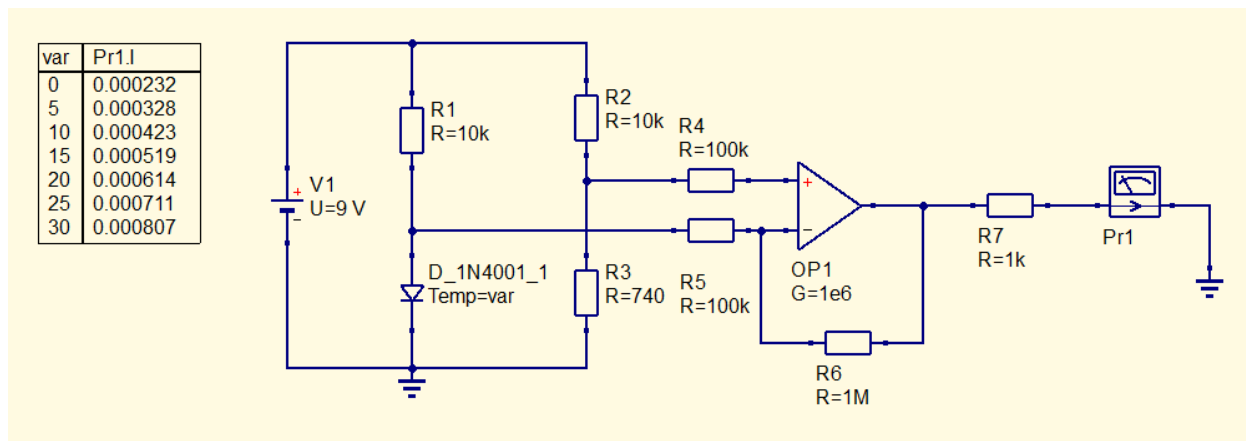


Рис. 3.5. Балансная схема с операционным усилителем

Все компоненты такой схемы недорогие, если не считать стоимость измерительного прибора.

## Глава 4. Третий вариант – датчик температуры DS18B20

Датчик DS18B20 современный, хороший датчик температуры. Как многие современные датчики, этот датчик выполнен на микросхеме, имеет уникальный адрес, принимает и выполняет команды, а данные передаёт последовательностью импульсов. Из чего следует, что общаться с ним лучше микроконтроллеру, а выводить полученную от датчика температуру лучше на индикатор.

Можно, конечно, взять готовую программу, думаю, есть программы в виде hex-файла, которые можно с помощью программатора загрузить в микросхему контроллера. Программатор, если его покупать, довольно дорогое устройство. Но его можно спаять самостоятельно, а лучше всего использовать модуль Arduino, который будет явно дешевле программатора.

## Глава 5. Выбор

Я, вот, подумал, какой бы проект я выбрал на вашем месте? Честно скажу, я выбрал бы последний: современный датчик, микроконтроллер, дисплей, - друзья обзавидуются.

Конечно, всё будет так, если вы готовы выбрать микроконтроллер, понять, на какой вывод контроллера выводить команды и какие; как принимать данные, а, главное, как написать программу, чтобы командовать датчиком и управлять дисплеем...

Если вам не терпится перейти от рассуждений за компьютером к работе руками, то я советую провести предварительные испытания. Я уже говорил, что на Алиэкспресс можно недорого купить стартовый набор для работы с модулем Arduino. В нём есть беспаячная макетная плата.

Проверить на макете вышеизложенное будет не только «поработать руками», но и полезно для приобретения опыта. Кроме того, вы сможете лучше оценить то, что вам по силам в первом проекте. Кому-то понравится программирование и работа с микроконтроллером, кому-то больше по душе окажется пайка и сборка готового устройства. Все люди разные, и у них разные предпочтения.

### Макетирование первого варианта проекта

Вы можете использовать батарейку 1.5 В, как это было сделано в программе моделирования. Но можете, если вам это удобнее – мне, например, удобнее – можете использовать батарейку типа «Крона» с напряжением 9 В. Напряжение возрастает в 6 раз, а для сохранения тока в цепи увеличим величину резистора до 2 кОм. Соберём макет, включим мультиметр, подключим его параллельно терморезистору и проверим падение напряжения при комнатной температуре (примерно 23 градуса). Затем нагреем терморезистор пальцами, что увеличит его температуру до 28-30 градусов.



Рис. 5.1. Макетирование первого проекта

Мультиметр измеряет падение напряжения, дав две точки отсчёта. Вы можете повторить опыт (не забудьте про добавочный резистор), измеряя ток.

### Макетирование второго варианта проекта

Вы можете провести макетную проверку второй схемы полностью, но вам понадобится операционный усилитель. Однако начинать макетирование я советую с проверки работы балансной схемы (как на рис. 3.4). Вместо резистора R3 следует взять переменный резистор с номиналом порядка 1 кОм. Но это не обязательно, если подходящего потенциометра под рукой нет, то можно обойтись обычным резистором подходящего номинала.



Рис. 5.2. Макетирование второго варианта проекта

При макетировании я попытался, насколько это получилось, установить близкое к нулевому значение напряжения в измерительной диагонали моста. Получилось небольшое отрицательное напряжение. При нагревании (полагаю до 28-30 градусов) образовалось положительное напряжение порядка 12,8 мВ, но... я не успевал сфотографировать этот момент, а когда я убирал руку от диода, напряжение быстро падало. Так что, на рисунке оно меньше, чем получалось.

Если у вас есть всё необходимое, вы можете попытаться полностью повторить схему, включая усилитель. Если у вас будет желание реализовать этот вариант проекта. Если нет, то можно остановиться на этой стадии эксперимента.

### Макетирование третьего варианта проекта

Здесь возникает небольшая трудность – я знаю, как реализовать этот вариант, но не уверен, что знаете вы. Я могу рассказать всё достаточно подробно, но это будет весьма долгий разговор.

Пусть будет так: я покажу на рисунке, что можно получить от датчика температуры. А в следующей главе, не пытаюсь научить вас программировать микроконтроллер, расскажу, как практически реализовать термометр с датчиком DS18B20 и модулем Arduino.

Показанный вариант измерения температуры не потребует от вас даже подключения дисплея, что само по себе, подключение дисплея, потребует знаний и определённых усилий.

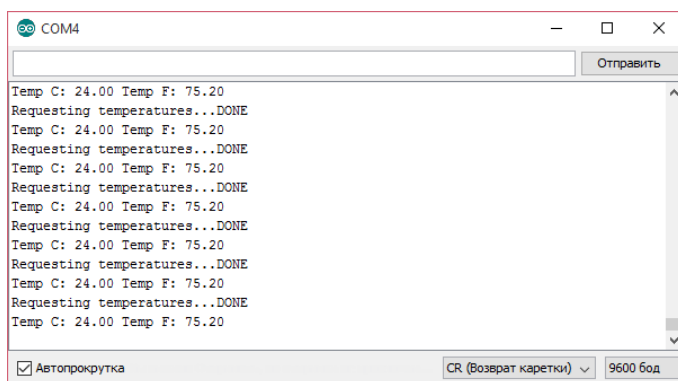


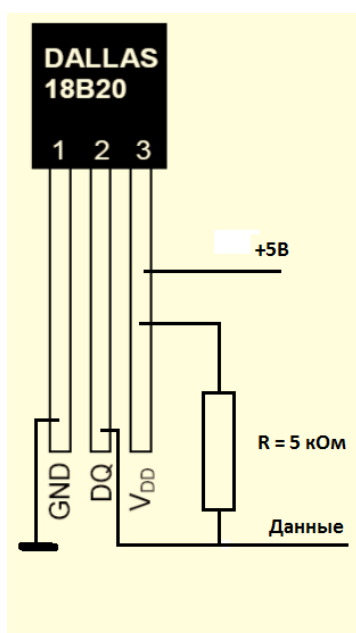
Рис. 5.3. Наблюдение за температурой с датчиком DS18B20

## Глава 6. Практическая реализация термометра с датчиком DS18B20

Конечно, эта глава противоречит всему тому, о чём я постоянно упоминаю – прежде чем собирать что-то, следует полностью ознакомиться со схемой, с принципом её работы, со всеми элементами схемы и т.д.

Есть единственная причина, почему я намерен всё-таки описать, как собрать термометр из третьего варианта проекта. Причина простая. Положим, вы намерены реализовать первый или второй проект. Но далеко не всегда, собрав схему, вы можете откалибровать устройство. Далеко не у всех дома есть комнатный термометр удобный для этой процедуры. Термометр с датчиком DS18B20 решает эту проблему – у него хорошая точность, и он не требует калибровки в рамках любительского проекта.

Подразумевается, что у вас есть датчик и модуль Arduino. Датчик имеет три вывода, назначение и подключение которых показаны ниже.



Датчик не обязательно должен использовать внешнее питающее напряжение. Есть вариант его применения без напряжения 5 В. Но в этом случае есть особенность, о которой следует знать, прочитав справку к датчику.

Назначение выводов ясно из рисунка: общий вывод GND, вывод питания  $V_{DD}$ , и вывод обмена данными (и команд) DQ.

Между выводом питания и выводом данных добавляется резистор 4,7 кОм (на рисунке 5 кОм).

Эту часть схемы можно собрать на беспаячной плате, соединив с модулем Arduino проводами, входящими в комплект макетной платы.

Рис. 6.1. Датчик DS18B20

Питание +5 В можно увидеть на гнездах платы Arduino, это питающее напряжение и следует использовать. Вывод DQ датчика соединяется с выводом 2 модуля.

Далее, после того как вы сделали эти несложные соединения, следует найти в Интернете (возможно, на одном из сайтов Arduino) библиотеку для работы с датчиком. Называется она «Dallas Temperature». Чтобы скачать библиотеку, достаточно ввести название в поисковую систему, например, Яндекс. Скачав библиотеку, следует воспользоваться – я думаю, что вы уже скачали или получили среду разработки Arduino – следует воспользоваться разделом «Скетч» программы Arduino, где есть пункт «Подключить библиотеку».

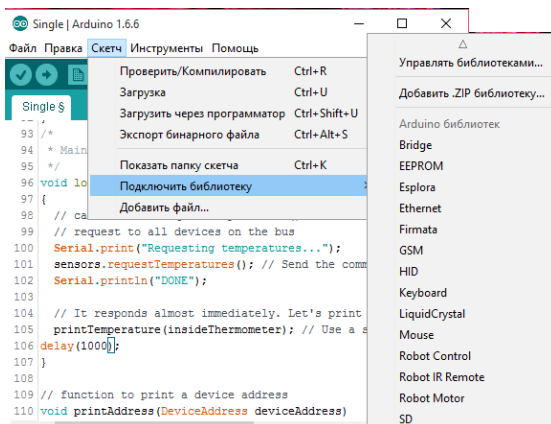


Рис. 6.2. Раздел подключения новых библиотек

Указав место скачанной ранее библиотеки, вы получите возможность найти примеры работы с датчиком. В разделе «Файл-Примеры» найдите Dallas Temperature в выпадающем меню, а в следующем меню найдите Single. Это и есть та программа, которая позволит вам пользоваться датчиком.

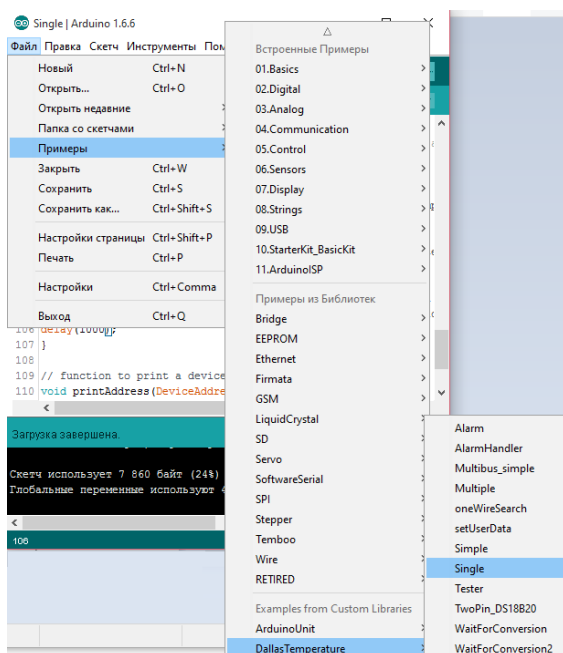


Рис. 6.3. Нужный пример программы

Открыв этот пример, загрузите его в модуль Arduino. Выберите в разделе «Инструменты» пункт «Монитор порта». Это всё. Вы должны увидеть то, что изображено на рисунке 5.3. Правда, показания будут меняться очень часто. Это можно исправить, если в текст программы добавить паузу. На рисунке ниже я выделил это место.

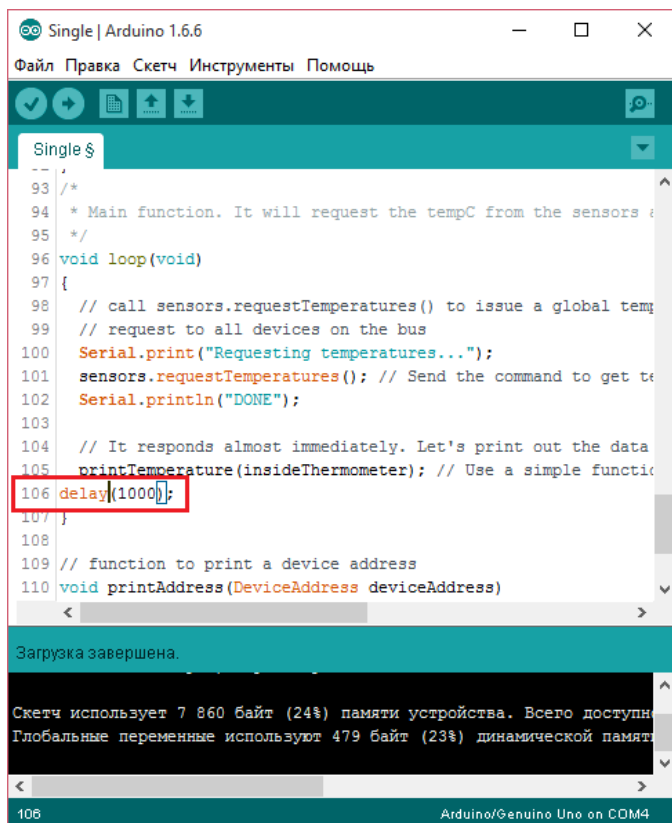


Рис. 6.4. Добавление паузы для удобства пользования программой

Теперь попробуйте нагреть датчик пальцами (удобно и просто), вы увидите, как меняется температура.

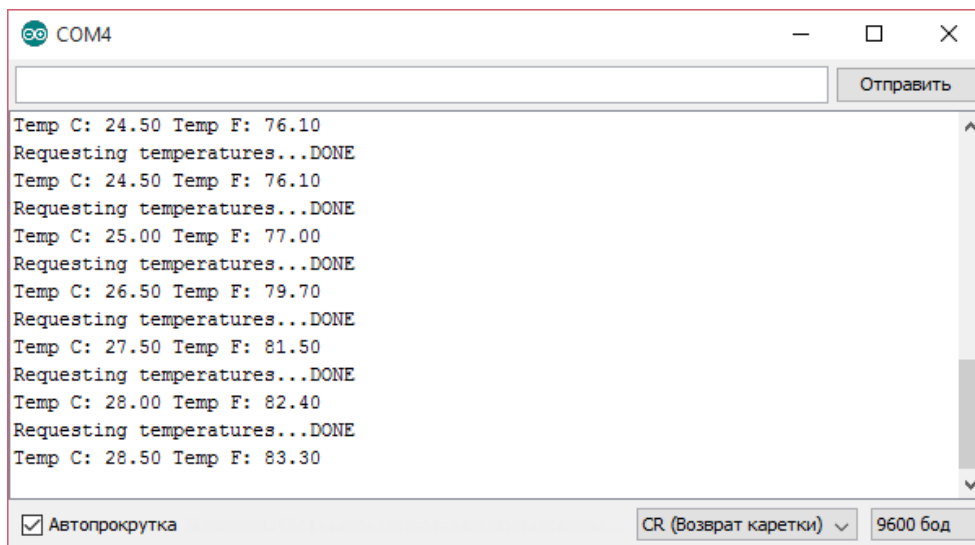


Рис. 6.5. Изменение температуры при нагревании датчика DS18B20

Такой термометр вполне подойдёт вам в качестве эталонного прибора.

## Глава 7. Как самому придумать электронное устройство

Необходимость придумывать что-то своё возникает тогда, когда в этом появляется необходимость, а поиск готового решения после рассмотрения множества схем и чтения ряда статей оказывается безрезультатным.

У меня сейчас нет необходимости что-то сделать, поэтому до придумывания своего устройства мне нужно придумать ситуацию, когда возникает необходимость в новом устройстве. Очень удобны в подобных случаях игрушки. Положим, вы в школьном радиокружке собрали несколько машинок-роботов, которые катаются по автодрому. И вы решили «усложнить» им жизнь, поставив на автодроме светофор. Горит зелёный, машинки-роботы едут, горит красный, машинки стоят.

Светофор, естественно, собран из трёх светодиодов: зелёного, жёлтого и красного. Хотелось бы установить на машинки простой датчик – фотоприёмник, который... Который отличит зелёный светодиод от красного?

Я не скажу, что это невозможно, но я не знаю, как это сделать. Ни фотодиод, ни фоторезистор не позволят легко определить цвет светодиода. Можно, конечно, попробовать светофильтры, установленные перед фотоприёмниками. Но это нужно опробовать, провести ряд экспериментов, чтобы решить, работает ли это, и достаточно ли хорошо это работает.

Схема опытов будет такой:

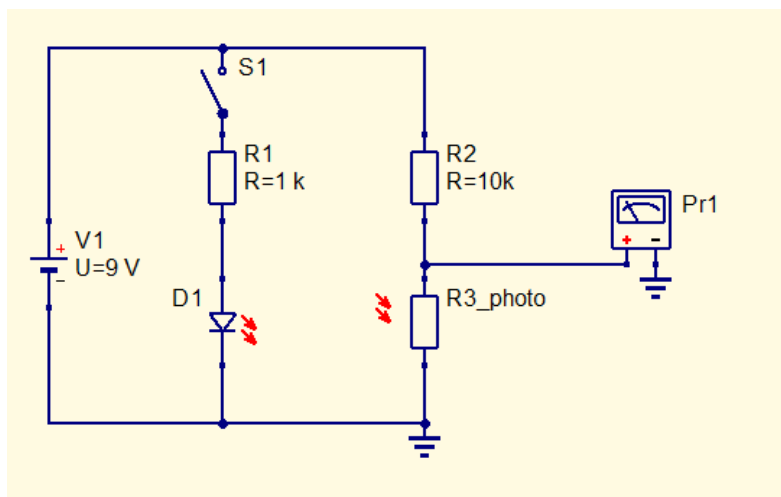


Рис. 7.1. Схема проведения опытов с фотоприёмником

Диод D1 – это светодиоды модели AL307, красный, жёлтый и зелёный. Ток через светодиоды близок к номинальному 10 мА, но из-за разного падения напряжения на светодиодах может немного различаться. В качестве фотоприёмника использован фоторезистор из комплекта, полученного вместе с модулем Arduino Uno. Вольтметр Pr1 измеряет падение напряжения на фотоприёмнике. В качестве светофильтра использован красный светофильтр для фотоаппарата.

Вот макет эксперимента, где расстояние между светодиодом и фотоприёмником 7-8 миллиметров:

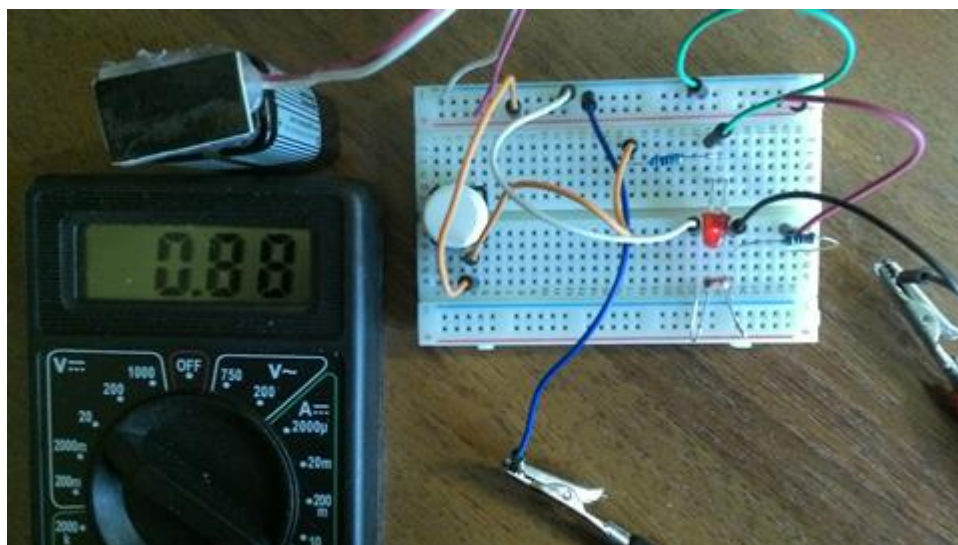


Рис. 7.2. Макетная плата с установленными на ней светодиодом и фотоприёмником

Результаты экспериментов сведены в таблицу.

	Красный	Жёлтый	Зелёный
Светодиод выключен	1.45	1.33	1.30
Светодиод включён	0.91	1.05	1.24
Разность падения напряжения	0.54	0.28	0.06
Светодиод выключен (со светофильтром)	2.86	2.35	2.85
Светодиод включён (со светофильтром)	1.35	1.73	2.58
Разность падения напряжения	1.51	0.62	0.27

Давайте разберём, что мы получили в наших экспериментах.

Первое, что бросается в глаза – это разное падение напряжения на фотоприёмнике, когда светодиоды выключены. Этому эффекту мы обязаны внешней засветке. Опыты проводились днём, если бы это было ночью, то падение напряжения на фотоприёмнике было бы другим. Это можно проверить, если накрыть макетную плату плотной тканью. Для зелёного светодиода без фильтра полученные падения напряжения будут 8.57 В и 6.22 В соответственно.

Можно уменьшить влияние боковой внешней засветки, поместив фотоприёмник в экран подходящей формы из светонепроницаемого материала. Можно увеличить разностный сигнал, используя те методы, что мы применили ранее к термодатчику. Кроме того, машинки-роботы, надо полагать, имеют микроконтроллер, который может помочь, вычитая засветку из полученного падения напряжения. Да и зелёный светодиод гораздо менее заметен, чем красный.

Но есть ещё один «подводный камень», мы проводили опыты при расстоянии между светодиодами и фотоприёмником 7-8 мм, а хотелось бы «видеть» красный свет гораздо дальше. Но будет ли виден красный свет светофора на таком расстоянии, не «утонет» ли он во внешней засветке даже с экраном на фотоприёмнике?

Думаю, вы согласитесь, что придумывать что-то своё интересно. Но хлопотно. И, если что-то при этом не получается, то...

Если вам доступны разные решения проблемы, то можно поискать ответ, оглянувшись вокруг. Вы знаете, что любой пульт управления, скажем, телевизора использует светодиод для отправки команды. А у телевизора есть фотоприёмник. При этом пульт работает на расстоянии в несколько метров и днём, и вечером. Что может помешать нам в использовании этого принципа при создании светофора?

Нам, фактически, нужно увидеть только красный свет. Если мы будем питать красный светодиод не постоянным током, а импульсным, тогда будет решена проблема засветки. Фотоприёмник будет фиксировать только «переменный свет». Кроме того, используя импульсное питание светодиода, мы можем увеличить ток через светодиод, сделав его больше максимально допустимого постоянного тока. Важно только соблюсти определённые пропорции между амплитудой тока и скважностью импульсов.

В качестве фотоприёмника можно попробовать использование фотодатчика TSOP. Он удобнее, чем фоторезистор, хотя и рассчитан на работу с ИК-светодиодами, но, вероятно, поддержит и работу красного светодиода.

Если вас заинтересовал этот проект, то вам предстоит проделать новые эксперименты, узнать много нового о датчиках и импульсном питании светодиода, а я добавил эту главу только для того, чтобы показать, что придумывать что-то своё и интересно, и полезно, даже если вы «изобретаете велосипед». Не следует бояться, что вы изобретёте уже изобретённое. Важно то, что изобрели это вы.

## Глава 8. Выводы

Было время, когда мои ровесники увлекались коллекционированием марок, фотографией, а позже занимались радиолубительскими поделками. Мы были счастливы, если родители покупали какой-нибудь конструктор с настоящими радиодетальями. Сегодня в магазине, торгующем радиодетальями, даже у меня глаза разбегаются от обилия всего, что есть в продаже. Тогда этого не было. И, конечно, мы не догадывались о существовании приборов. Тестер был несбыточной мечтой.

Сегодня, если вы задумались о том, чтобы посвятить досуг электронике, у вас огромный выбор интересных проектов, которые подкреплены доступными приборами, готовыми модулями и радиодетальями. Вы можете задумываться о создании сложных устройств, но я советую начинать с простых схем, которые вы достаточно ясно понимаете, которые можете собрать на макетной плате и претворить в жизнь. Профессионалы, которые создают современные гаджеты, во время учёбы тоже проводили в лаборатории достаточно простые опыты. И, закончив учёбу, на работе начинали не с создания, скажем, нового смартфона или планшета, отнюдь.

Любителю важно помнить главное – всё, что вы делаете, должно доставлять вам удовольствие. Научитесь получать удовольствие не только от того, что сделано, но и от полученных знаний, которые становятся питательной средой для роста новых идей и будущих проектов!