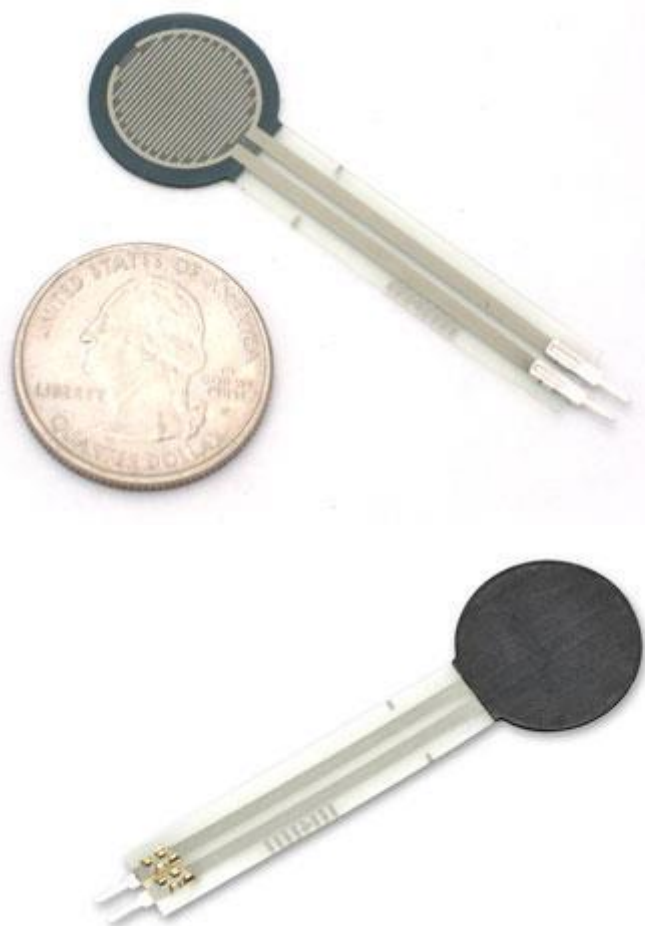
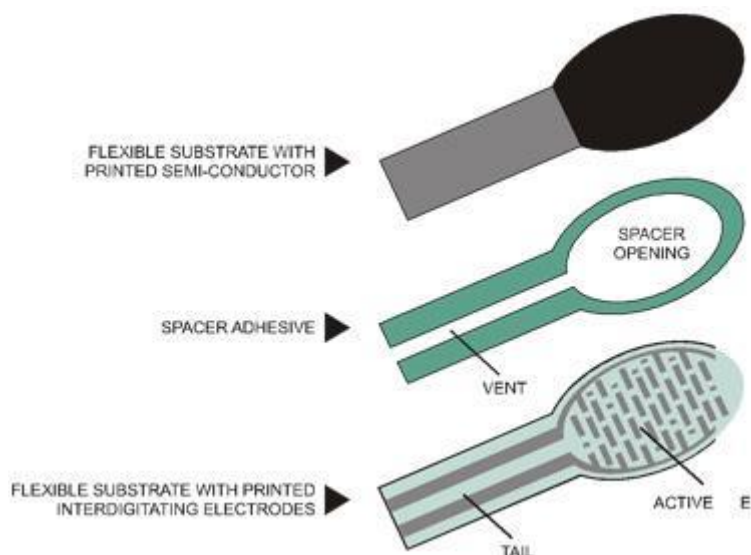


Резистивный датчик давления и Arduino

Резистивные датчики давления (Force Sensitive Resistors(FSRs)) - это датчики, которые позволяют вам оценить уровень давления, силу нажатия и вес. Они просты в использовании и недорого стоят. Ниже приведено фото датчика силы от Interlink, модель 402. Чувствительный элемент - окружность диаметром 1/2 дюйма.



Датчик состоит из двух слоев, которые разделены специальной прокладкой (spacer). Чем сильнее мы на него давим, тем лучше становится контакт между рисками активных элементов и полупроводником. В результате сопротивление начинает уменьшаться.



Резистивные датчики давления по сути являются резисторами, которые меняют значение своего сопротивления (в Ом) в зависимости от силы нажатия на чувствительный элемент. Эти сенсоры недорогие, легки в использовании, но не очень точные. Разброс в точности показаний подобных датчиков давления может составлять до 10%. То есть, подобные датчики не помогут вам точно определить силу (или вес), но однозначно дадут понять, приложено ли усилие на чувствительный элемент.

В любом случае, такие датчики силы отлично подойдут для проектов на Arduino вроде "была ли приложена нагрузка и примерно какая она была".

Основные технические характеристики резистивных датчиков давления

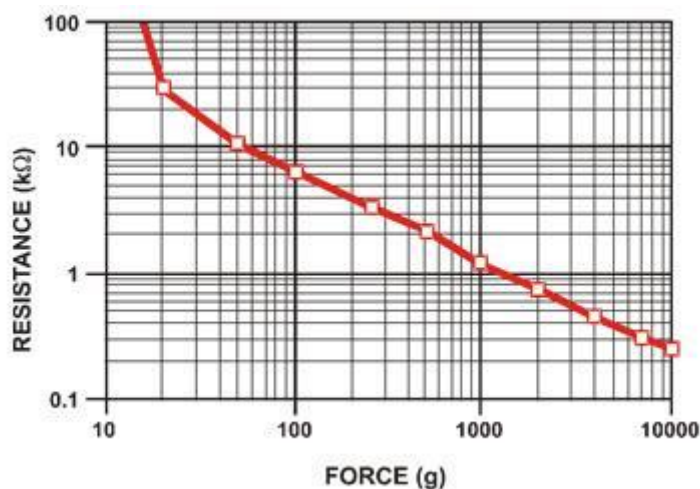
Эти характеристики относятся к модели датчика давления Interlink 402, но практически все остальные датчики (недорогой Китай в том числе) обладают похожими параметрами. Естественно, уточнение характеристик по даташиту вашей модели не помешает.

- Размер: 1/2" (12.5 мм) чувствительной поверхности. Толщина - 0.02" (Interlink выпускает некоторые модели, размер которых составляет 1.5"x1.5")
- Цена: около 7 долларов от западных производителей. 2-3 доллара в Китае.

- Диапазон сопротивлений: бесконечность/разомкнутая цепь (нет внешнего давления), от 100 КОм (легкое давление) до 200 Ом (максимальное давление)
- Диапазон силы: от 0 до 20 lb. (0 - 100 Ньютонов) на каждый 0.125 квадратный дюйм поверхности
- Источник питания: любой! Использует силу тока менее 1 мА (зависит от резисторов и напряжения питания)

Как измерять силу/давление с помощью резистивного датчика давления

Как было сказано выше, сопротивление резистивного датчика давления меняется в зависимости от приложенного давления. Когда внешняя нагрузка отсутствует, сенсор представляет из себя резистор с бесконечным сопротивлением (не замкнутая цепь). С увеличением давления, сопротивление уменьшается. На графике ниже приведены приблизительные значения сопротивления датчика в зависимости от приложенной силы (обратите внимание, что сила не измеряется в граммах. Эти значения соответствуют Н*100!).



Вы заметили, что зависимость нелинейная? То есть, при измерении небольшой силы, значения очень быстро переходят от бесконечности к 100 КОм.

Проверка резистивного датчика давления

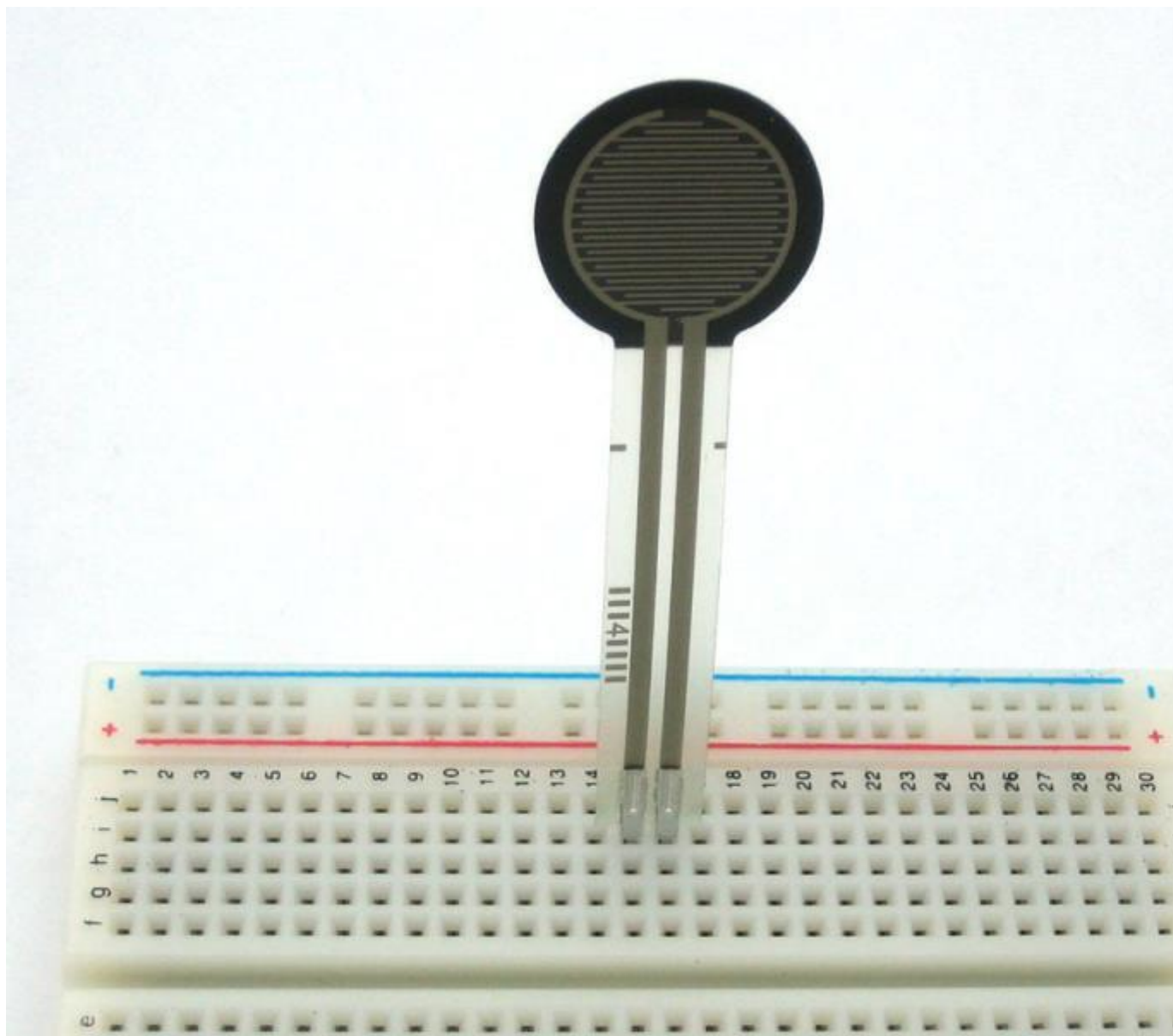
Самый простой способ проверить ваш резистивный датчик давления - воспользоваться мультиметром в режиме проверки сопротивления. Щупы мультиметра подключаются к ногам датчика и напрямую снимаются показания сопротивления. Так как сопротивление изменяется в большом диапазоне, рекомендуется использовать масштаб в автоматическом режиме.



Подключение резистивного датчика давления

Так как резистивные датчики давления по сути являются резисторами, у них нет полярности. Это значит, что вы можете подключать контакты, не выясняя, где минус, а где плюс.

Резистивные датчики давления часто изготавливаются из полимера с токопроводящим покрытием. Один из самых лучших и простых вариантов - установить сенсор на монтажную плату:



Можно использовать клипсы ("крокодилы") или разъемы мама-мама:



Еще один вариант - блок терминалов как на рисунке снизу:



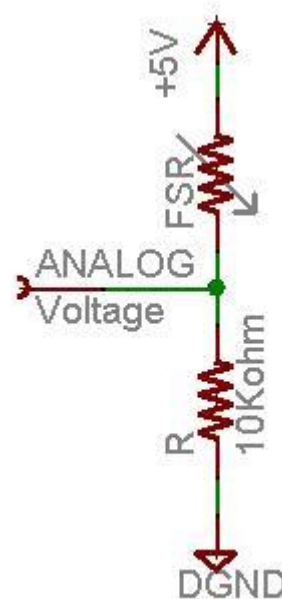
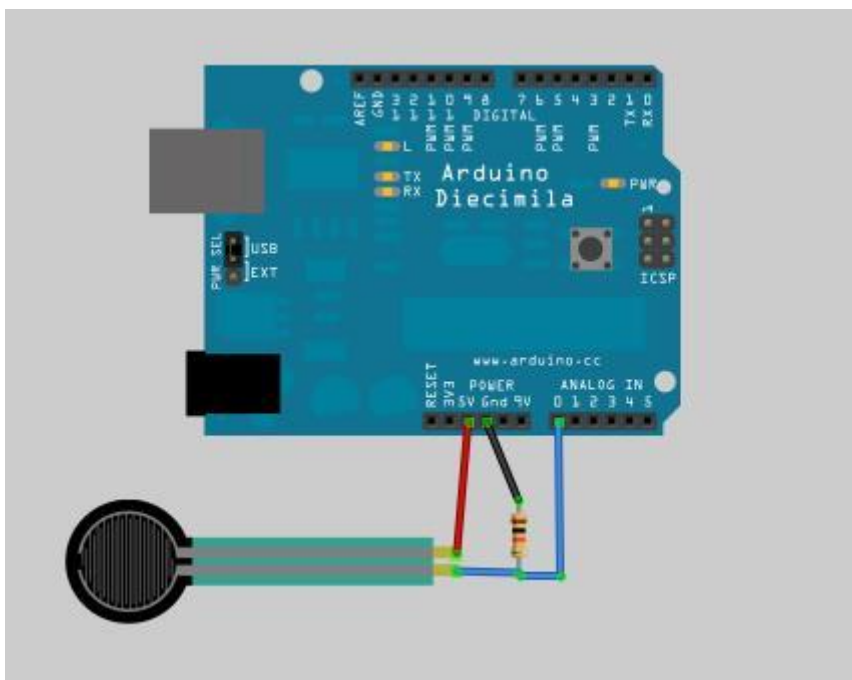
Контакты резистивного датчика давления можно паять, но надо быть предельно осторожным! Припаивать надо очень быстро. Промедление в несколько секунд - и вы расплавите пластик. После этого резистивный датчик давления не будет работать! То есть, не рекомендуется припаивать контакты к сенсору, если у вас нет качественных инструментов и опыта пайки.

Использование резистивного датчика давления с Arduino

Считывание аналоговых значений

Самый простой метод измерить силу - подключить сенсор одним контактом к питанию, вторым (через понижающий резистор) - к земле. Потом точка цепи между резистором и переменным резистором (чувствительным элементом резистивного датчика давления) подключается к аналоговому входу на микроконтроллере Arduino. Схема подключения резистивного

датчика давления к Arduino и электросхема показаны на рисунках ниже.



В примере на рисунке выше используется источник питания 5 В с [Arduino](#). Не забывайте, что вы с тем же успехом можете использовать контакт 3.3 В. В нашем примере аналоговые значения напряжения будут находится в диапазоне от 0 В (земля) до 5 В (такое же значение, что и напряжение источника питания).

Работает это следующим образом: когда сопротивление резистивного датчика давления уменьшается, общее сопротивление датчика и понижающего резистора уменьшается от 100 КОм до 10 КОм. Это значит, что ток, проходящий через оба резистора, увеличивается. Соответственно, будет увеличиваться и напряжение на резисторе 10 КОм.

Force (lb)	Force (N)	FSR Resistance	(FSR + R) ohm	Current thru FSR+R	Voltage across R
None	None	Infinite	Infinite!	0 mA	0V
0.04 lb	0.2 N	30 Kohm	40 Kohm	0.13 mA	1.3 V
0.22 lb	1 N	6 Kohm	16 Kohm	0.31 mA	3.1 V
2.2 lb	10 N	1 Kohm	11 Kohm	0.45 mA	4.5 V
22 lb	100 N	250 ohm	10.25 Kohm	0.49 mA	4.9 V

В таблице выше приведены приблизительные значения аналогового напряжения при работе резистивного датчика

давления с питанием от 5 В и понижающим резистором 10 КОм в электрической цепи.

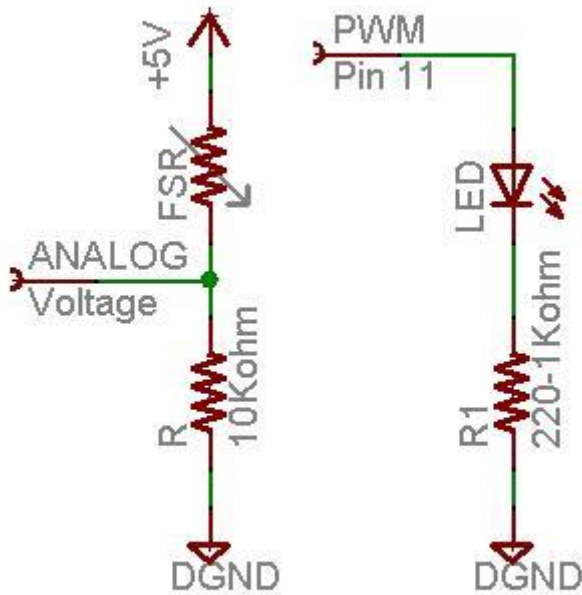
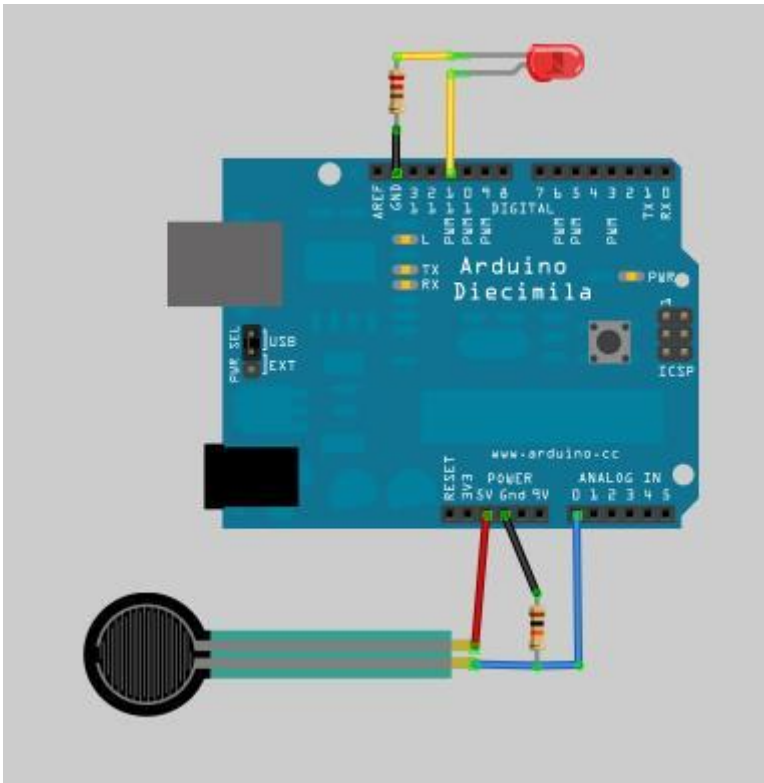
Обратите внимание, что приведенная методика использует линейную зависимость сопротивления, но не обеспечивает линейную характеристику изменения напряжения! Это происходит из-за того, что уравнение для расчета напряжения имеет вид:

$$V_o = V_{cc} \left(\frac{R}{R + FSR} \right)$$

То есть, напряжение пропорционально обратному сопротивлению чувствительного элемента резистивного датчика давления.

Простой пример использования резистивного датчика давления с Arduino

Подключите резистивный датчик давления так же как в примере выше и добавьте в схему светодиод на 11 пине Arduino.



В скетче, который приведен ниже, считываются аналоговые значения с резистивного датчика давления и используются для управления яркостью светодиода на 11 пине Arduino. Чем сильнее вы будете давить на сенсор, тем ярче будет гореть светодиод! Обратите внимание, что светодиод необходимо подключать к ШИМ контакту на Arduino. 11 - ШИМ на Arduino Uno.

```
/* проверка работы датчика силы.
```

Подключите один контакт датчика силы к 5 В, второй – к аналоговому пина Arduino Analog 0.

Потом подключите один конец резистора 10 КОм между аналоговым пином 0 и землей. Подключите светодиод через резистор к земле.

Для более детальной информации смотрите статью на сайте: www.ladyada.net/learn/sensors/fsr.html */

```
int fsrAnalogPin = 0; // датчик силы подключен к
пину analog 0

int LEDpin = 11; // подключаем красный светодиод к
контакту 11 (ШИМ выход)

int fsrReading; // аналоговые значения с датчика
силы

int LEDbrightness;

void setup(void) {

  Serial.begin(9600); // будем отправлять информацию
в серийный монитор в Arduino IDE

  pinMode(LEDpin, OUTPUT);
}

void loop(void) {

  fsrReading = analogRead(fsrAnalogPin);
  Serial.print("Analog reading = ");
  Serial.println(fsrReading);

  // надо масштабировать диапазон аналоговых
значений (0-1023) к диапазону,

  // который используется функцией analogWrite (0-
255) с помощью команды map!

  LEDbrightness = map(fsrReading, 0, 1023, 0, 255);

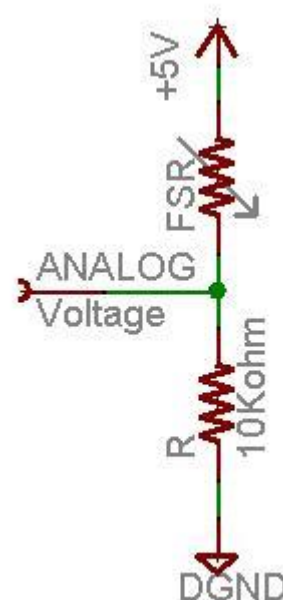
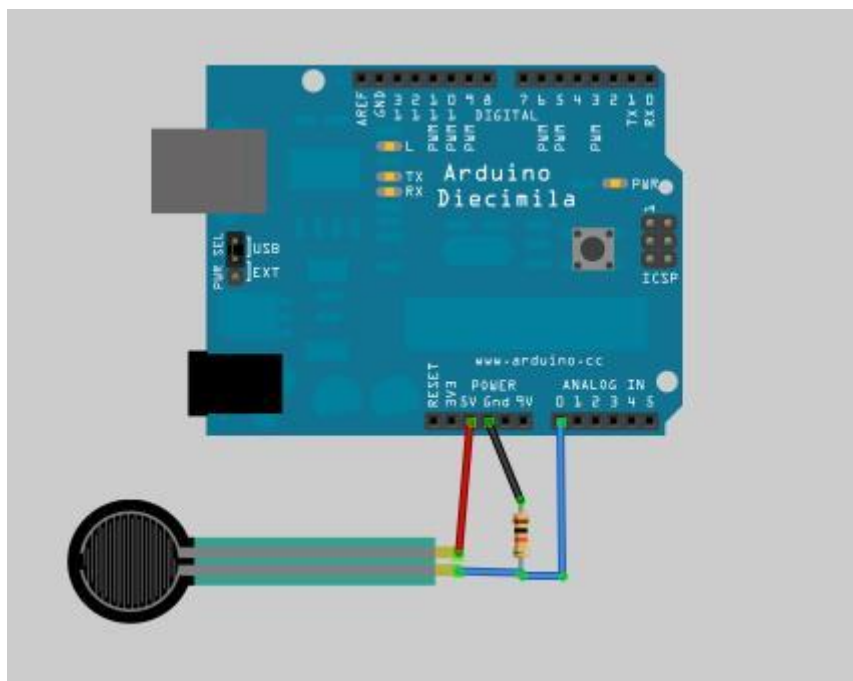
  // светодиод горят ярче, если вы прилагаете
большую нагрузку

  analogWrite(LEDpin, LEDbrightness);

  delay(100);
```

Простой скетч для измерения аналоговых значений с резистивного датчика давления

Ниже приведен скетч для снятия аналоговых значений с резистивного датчика давления с использованием Arduino Uno.



```
analog reading = 0 - No pressure
Analog reading = 0 - No pressure
Analog reading = 0 - No pressure
Analog reading = 0 - No pressure
Analog reading = 124 - Light touch
Analog reading = 303 - Light squeeze
Analog reading = 655 - Medium squeeze
Analog reading = 736 - Medium squeeze
Analog reading = 901 - Big squeeze
Analog reading = 968 - Big squeeze
Analog reading = 0 - No pressure
Analog reading = 0 - No pressure
```

23

В программе не проводятся никакие математические операции. Просто выводятся значения, которые можно в дальнейшем интерпретировать как уровень давления на чувствительный элемент резистивного датчика давления. Для многих проектов на Arduino этого вполне достаточно.

```
/* простой скетч для проверки работоспособности датчика силы
```

Подключите один контакт датчика силы к источнику питания, второй - к контакту Analog 0 на Arduino.

После этого подключите резистор на 10 КОм от пина Analog 0 к пину GND

Более детальная информация на: <http://arduino-diy.com/arduino-rezistivnyy-datchik-davleniya> */

```
int fsrPin = 0; // датчик силы и понижающий
резистор на 10 КОм подключены к a0

int fsrReading; // переменная для хранения
аналоговых значений с датчика силы

void setup(void) {
  // передаем информацию на серийный монитор Arduino
  IDE
  Serial.begin(9600);
}

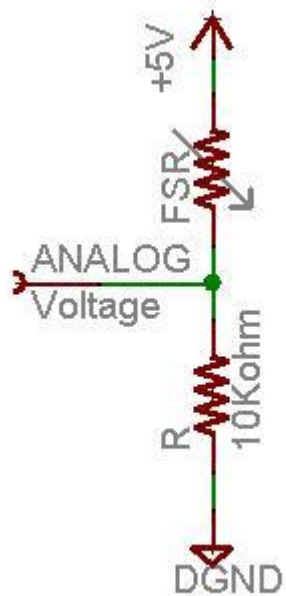
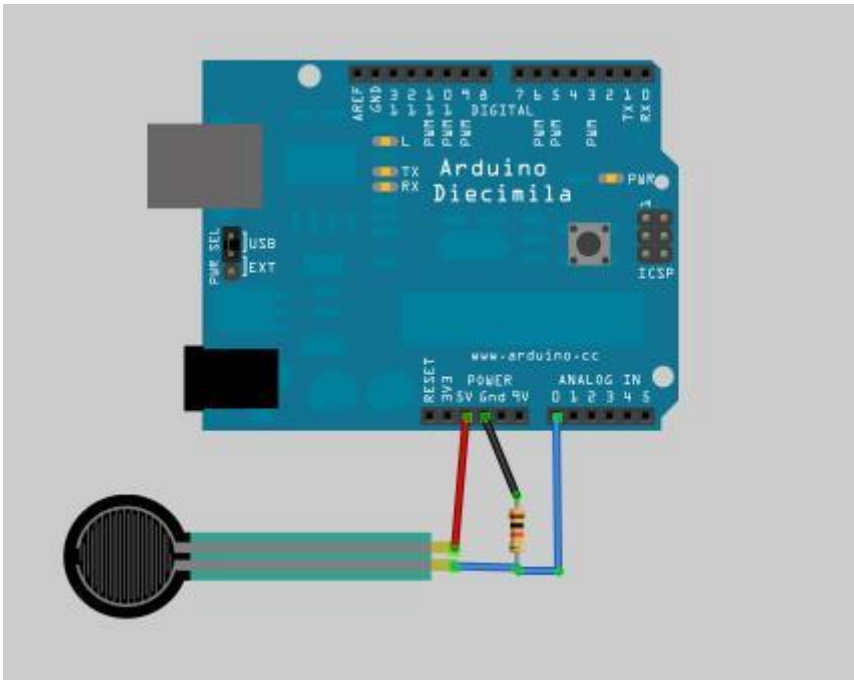
void loop(void) {
  fsrReading = analogRead(fsrPin);
  Serial.print("Analog reading = ");
  Serial.print(fsrReading); // последовательность
аналоговых значений

  // выставляем несколько диапазонов с
соответствующими сообщениями
  if (fsrReading < 10) {
    Serial.println(" - No pressure");
  } else if (fsrReading < 200) {
    Serial.println(" - Light touch");
  } else if (fsrReading < 500) {
    Serial.println(" - Light squeeze");
  } else if (fsrReading < 800) {
    Serial.println(" - Medium squeeze");
  } else {
    Serial.println(" - Big squeeze");
  }
}
```

```
}  
delay(1000);  
}
```

Более продвинутый код для работы с резистивным датчиком давления

Скетч для Arduino предполагает, что вы подключили резистивный датчик давления как это рассмотрено выше с понижающим резистором 10 КОм и сигналом с сенсора, который идет к пину Analog 0. В данной программе на выходе вы получите приблизительные значения силы, приведенной к стандартным единицам измерения - Ньютон. Очень полезный скетч для предварительной калибровки резистивного датчика давления - определения, в каких диапазонах нагрузки будет в дальнейшем работать ваш сенсор.



```

Voltage reading in mV = 3548
FSR resistance in ohms = 4092
Conductance in microMhos: 244
Force in Newtons: 3
-----
Analog reading = 841
Voltage reading in mV = 4110
FSR resistance in ohms = 2165
Conductance in microMhos: 461
Force in Newtons: 5
-----
Analog reading = 936
Voltage reading in mV = 4574
FSR resistance in ohms = 931
Conductance in microMhos: 1074
Force in Newtons: 2
-----
Analog reading = 967
Voltage reading in mV = 4726
FSR resistance in ohms = 579
Conductance in microMhos: 1727
Force in Newtons: 24
-----
Analog reading = 976
Voltage reading in mV = 4770
FSR resistance in ohms = 482
Conductance in microMhos: 2074
Force in Newtons: 35
-----
Analog reading = 0
Voltage reading in mV = 0
No pressure
-----
1

```

/* резистивный датчик давления - расчет силы в Ньютонах.

Подключите первый контакт резистивного датчика давления к питанию, второй - к пину Analog 0 на Arduino.

После этого через резистор подключается контакт от Analog 0 к земле

Более детальная информация на сайте:
<http://arduino-diy.com/arduino-rezistivnyy-datchik-davleniya> */

```
int fsrPin = 0; // резистивный датчик давления и  
понижающий резистор на 10 КОм подключены к контакту  
a0
```

```
int fsrReading; // считываем аналоговые значения с  
датчика
```

```
int fsrVoltage; // конвертируем аналоговые  
значения в напряжение
```

```
unsigned long fsrResistance; // преобразуем  
напряжение в сопротивление. Значение может быть  
достаточно большим, так что используем тип данных  
"long"
```

```
unsigned long fsrConductance;
```

```
long fsrForce; // последний этап - конвертируем  
сопротивление в силу
```

```
void setup(void) {  
  Serial.begin(9600); // мы будем передавать данные  
  в окно серийного монитора Arduino IDE  
}
```

```
void loop(void) {  
  fsrReading = analogRead(fsrPin);  
  Serial.print("Analog reading = ");  
  Serial.println(fsrReading);
```

```
  // аналоговые значения напряжения будут в  
  диапазоне от 0 до 1023. Масштабируем полученные  
  данные к диапазону от 0 В до 5000 В (= 5000 мВ) с  
  помощью функции map
```

```
  fsrVoltage = map(fsrReading, 0, 1023, 0, 5000);
```

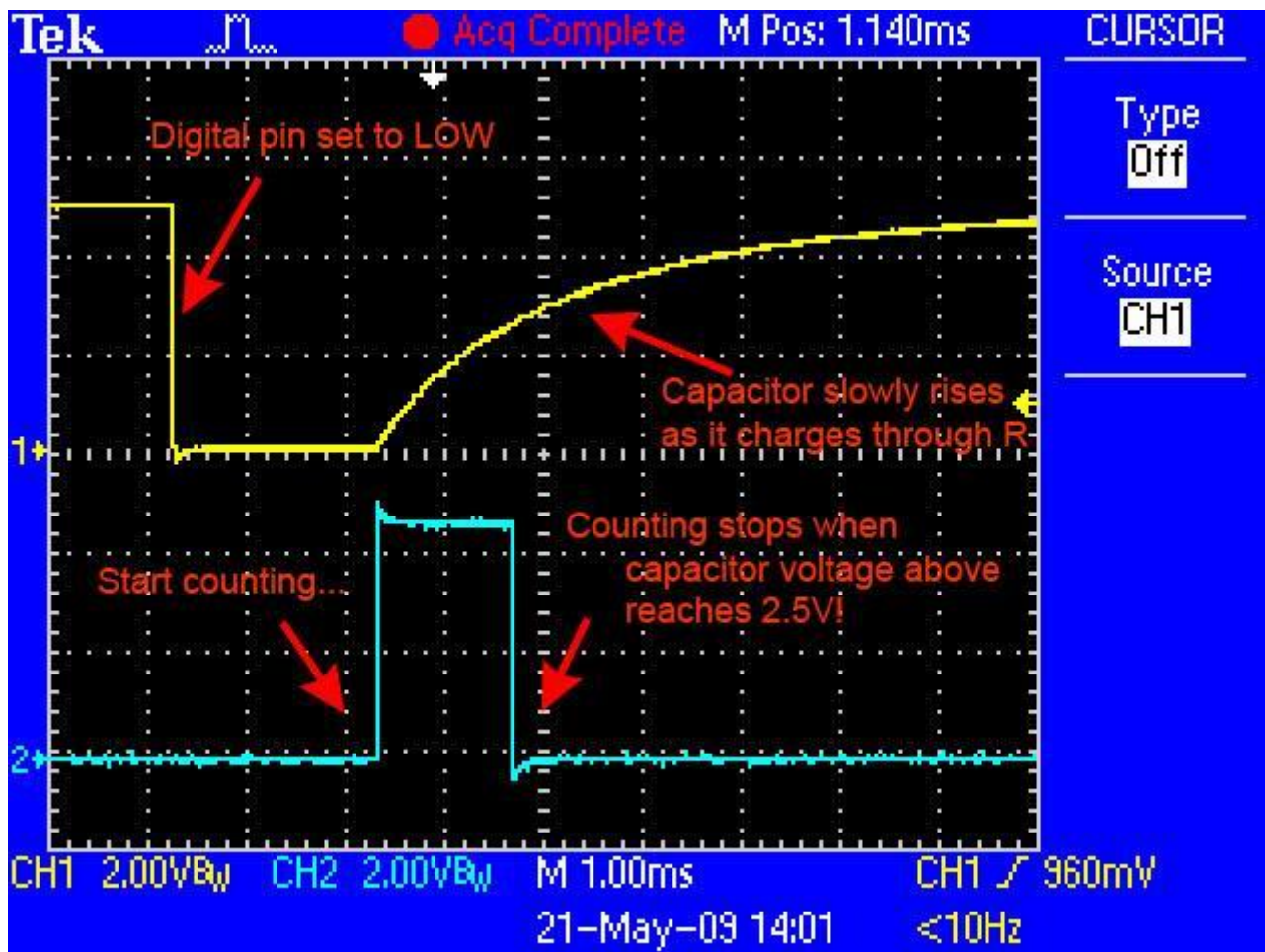
```
Serial.print("Voltage reading in mV = ");
Serial.println(fsrVoltage);
if (fsrVoltage == 0) {
Serial.println("No pressure");
} else {
// напряжение = Vcc * R / (R + FSR), где R = 10
КОм, а Vcc = 5 В
// то есть FSR = ((Vcc - V) * R) / V
fsrResistance = 5000 - fsrVoltage; // напряжение
на резистивном датчике давления в милливольт: V =
5000 мВ
fsrResistance *= 10000; // резистор на 10 КОм
fsrResistance /= fsrVoltage;
Serial.print("FSR resistance in ohms = ");
Serial.println(fsrResistance);
fsrConductance = 1000000; // мы измеряем в
микроом, так что:
fsrConductance /= fsrResistance;
Serial.print("Conductance in microMhos: ");
Serial.println(fsrConductance);
// используем две зависимости для резистивных
датчиков давления, чтобы аппроксимировать
полученные значения
if (fsrConductance <= 1000) {
fsrForce = fsrConductance / 80;
Serial.print("Force in Newtons: ");
Serial.println(fsrForce);
} else {
fsrForce = fsrConductance - 1000;
fsrForce /= 30;
Serial.print("Force in Newtons: ");
```

```
Serial.println(fsrForce);  
}  
}  
Serial.println("-----");  
delay(1000);  
}
```

Считываем значения с резистивного датчика давления без аналоговых пинов

Так как резистивные датчики давления по сути являются резисторами, их можно использовать без аналоговых пинов Arduino. Для этого воспользуемся базовыми электрическими свойствами резисторов и конденсаторов: если вы возьмете конденсатор, на котором нет напряжения и подключите его к источнику питания через резистор, напряжение постепенно начнет расти. Чем больше резистор, тем медленнее будет расти напряжение.

На рисунке ниже показан скриншот с осциллограммы. Желтой линией показан характер изменения напряжения на цифровом пине. Голубая линия отражает, когда скетч начал работу и завершил работу (по времени это около 1.2 мс)



Если попытаться привести аналогию, то конденсатор служит емкостью, а резистор - это тонкая трубка. Для того, чтобы заполнить емкость с помощью тонкой трубки, требуется некоторое время. На основании этого времени вы можете вычислить ширину трубки.

В нашем случае емкость - это керамический конденсатор емкостью 0.1 мкФ. Вы можете поставить конденсатор с другим номиналом, время тогда тоже изменится.

/ резистивный датчик давления и Arduino - проверочный скетч.*

Один контакт с резистивный датчика давления подключается к питанию, второй - к пину 2 на Arduino.

После этого подключите конденсатор с емкостью 0.1 мкФ между контактом GND и пином 2.

*Более детальная информация на сайте:
<http://arduino-diy.com/arduino-rezistivnyy-datchik-davleniya> */*

```
int fsrPin = 2; // резистивный датчик давления и
конденсатор подключены к пину 2

int fsrReading; // считываем цифровые значения

int ledPin = 13; // вы можете использовать
встроенный на Arduino светодиод

void setup(void) {

// отправляем полученные данные в окно серийного
монитора

Serial.begin(9600);

pinMode(ledPin, OUTPUT); // в качестве выхода
используется светодиод

}

void loop(void) {

// считываем значения с резистора с использованием
функции Rctime

fsrReading = Rctime(fsrPin);

if (fsrReading == 30000) {

// если полученное значение дошло до 30000,
выводим сообщение о том, что ничего не подключено

Serial.println("Nothing connected!");

} else {

Serial.print("Rctime reading = ");

Serial.println(fsrReading); // столбец аналоговых
значений

// дополнительная обработка для того, чтобы
светодиод продолжал мигать

fsrReading /= 10;

// чем большее усилие вы прилагаете к
чувствительному элементу резистивного датчика
давления, тем чаще мигает светодиод!

digitalWrite(ledPin, HIGH);

delay(fsrReading);

digitalWrite(ledPin, LOW);
```

```
delay(fsrReading);
}
delay(100);
}
// используется цифровой пин для измерения
сопротивления
// реализуется с помощью передачи силы тока на
конденсатор и
// подсчета времени, которое понадобится для
достижения напряжения Vcc/2 (для большинства плат
Arduino это напряжение равно 2.5 В)
int Rctime(int RCpin) {
int reading = 0; // начинаем с 0
// устанавливаем режим работы пина на выход и
присваиваем значение LOW (земля)
pinMode(RCpin, OUTPUT);
digitalWrite(RCpin, LOW);
// теперь устанавливаем режим работы пина на вход
и...
pinMode(RCpin, INPUT);
while (digitalRead(RCpin) == LOW) { // считаем
сколько времени надо, чтобы мы достигли значения
HIGH
reading++; // инкремент для отслеживания времени
if (reading == 30000) {
// если значение настолько большое, сопротивление
тоже очень большое.
// скорее всего, у нас просто ничего не
подключено!
break; // выходим за пределы цикла
}
}
```

```
// если мы достигли значения 30000 и сняли  
показания, возвращаем значения  
return reading;  
}
```

Можно рассчитать текущее фактическое значение сопротивления, но, к сожалению, эти значения зависят от версий Arduino IDE или платы Arduino. То есть, будет разница во времени считывания данных с пина, если вы используете Arduino 3.3 В вместо Arduino 5 В или, например, модели с различной частотой 16 МГц или 8 МГц (как, например, в LilyPad Arduino)