

# Постоянное наблюдение за температурой при помощи беспроводной сети датчиков. Часть 1

Постоянное наблюдение за температурой при помощи беспроводной сети датчиков

## Введение

Одна из проблем жилья в Бостоне – старые квартиры. У автора оригинала статьи есть термостат, расположенный в центре квартиры, и часто происходит следующее: несмотря на то, что термостат выставлен на комфортные 22.7 C (73F), в спальне и кабинете все равно холодно. Исходя из этого, появилась задача отслеживания температуры по всей квартире, для управления отоплением, что бы температура была одинаковой. В течении нескольких постов, будет показано, как с отслеживать температуру с помощью MATLAB и подстраивать систему отопления (краны на батареях и термостат) на основе собранных данных. Ключевым элементом системы мониторинга является беспроводная сеть датчиков температуры, построенная на модулях XBee. У Mathworks есть пример по беспроводному управлению светодиодом и электроприводом с помощью XBee и MATLAB. Код из примера был переиспользован для того, чтобы быстро подключить MATLAB к сети XBee.

Первый пост будет посвящен построению сети датчиков.

## Что потребуется?

### Узлы сети датчиков

*(1 узел поддерживает до 4 датчиков температуры, 1 узел на комнату)*

Сеть датчиков состоит из узлов (с XBee) в каждой комнате квартиры, но спроектирована так, что количество узлов может быть расширено по необходимости. Каждый узел может обрабатывать до 4х сигналов с датчиков, поэтому возможны измерения температуры на улице, у окон, у радиатора батареи и на другой стороне комнаты для каждого узла.

- XBee Series 2 Module – \$20.95
- XBee Breakout Board – \$2.95
- 2mm 10pin XBee Socket – \$2.00
- Разъем типа «гребенка», папа – \$1.50/40
- Разъем типа «гребенка», мама – \$1.50/40
- Макетная плата – \$2.50/2
- Датчик температуры – \$1.50(за шт.)
- 2 держателя батареек типа C – ~\$51.5(за шт.)
- Батарейки C (R14) – ~\$13 за коробку из 12 штук
- Телефонный кабель – ~\$15 за 100 футов

### Интерфейсы для PC

В качестве интерфейса использован XBee с XBee Explorer USB.

- XBee Series 2 – \$20.95
- XBee Explorer USB – \$24.95
- Кабель Mini-USB – ~\$5
- (опционально) Второй XBee Explorer USB для тестирования

### Инструменты и расходники

- Паяльник и припой
- Кусачки и стриппер
- (опционально) Острогубцы
- (опционально) Термоусадка
- (опционально) Изолента

## Конфигурация модулей XBee

Сначала, требуется обновить прошивку модулей XBee, используя ПО X-CTU от Digi. Инструкции по обновлению прошивки находятся в примере на [File Exchange](#). Для этого проекта используется режим API Mode модулей XBee, который обеспечил более быстрый доступ к выводам аналогового ввода на каждом модуле, чем режим AT Mode. XBee, подключенный к ПК должен был быть сконфигурирован как координатор. Для этого была использована прошивка 21A7, "ZigBee Coordinator, API Mode". Остальные модули конфигурируются как конечные устройства (прошивка 29A7, "ZigBee End Device, API Mode"), хотя они могут быть сконфигурированы, как и роутеры (прошивка 23A7, "ZigBee Router, API Mode").

## Датчики температуры

Использовались датчики температуры TMP36. Эти недорогие датчики используют 3х выводной интерфейс: GND, VCC, сигнал. Питающее напряжение находится в диапазоне от 2.7В до 5.5В, что позволяет объединить цепи питания XBee и датчиков. Выходной сигнал датчика линейно пропорционален температуре:

$$T = \frac{V_{\text{ВЫХ}}}{10 \text{ мВ}/^{\circ}\text{C}} - 50^{\circ}\text{C}$$

Так как автор поста из США, требуется использовать градусы Фаренгейта, а не Цельсия:

$$T = \frac{9V_{\text{ВЫХ}}}{50 \text{ мВ}/^{\circ}\text{F}} - 58^{\circ}\text{F}$$

Максимальное напряжение на аналоговых входах XBee Series 2 – 1,2В, что дает диапазон измеряемых температур от -50 до 70 градусов Цельсия, что является достаточным для данного проекта.



Рисунок 1. Датчик температуры TMP36

## Сборка интерфейсных плат для XBee

Для каждого узла была использована одна интерфейсная плата. Так же требовалось припаять разъемы XBee и гребенку. Так как для тестирования использовался XBee Explorer USB, потребовалось также припаять гребенку и к нему

Требуется использовать слишком много припоя, иначе припой может затечь в разъем.

Итоговое изделие выглядит так:

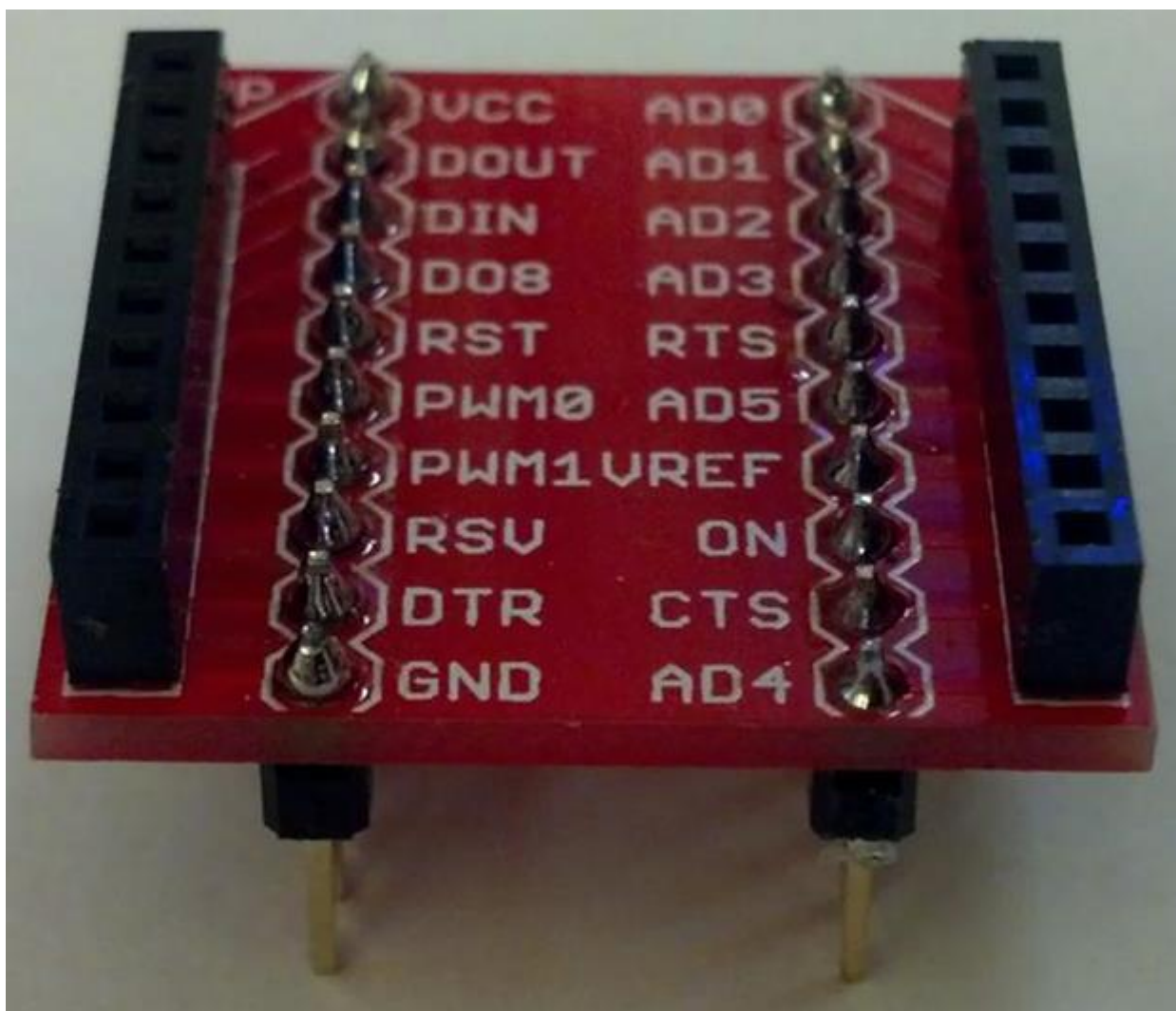


Рисунок 2. Интерфейсная плата XBee

## Тестирование

До сборки узлов сети, требовалось убедиться в том, что модули XBee и датчики температуры работают так, как задумывалось. Для проверки модуль-координатор был подключен к компьютеру через XBee Explorer USB, а 2 остальных XBee к макетной плате. Один XBee был подключен к XBee Explorer USB, а второй – в интерфейсную плату. Оба XBee были подключены к одному элементу питания. Источником питания служила старая зарядка от телефона, подключенная к USB-порту XBee Explorer USB. Однако, можно подключить XBee Explorer USB и напрямую к компьютеру. Регулятор напряжения на XBee Explorer USB обеспечил достаточное питание для 2х XBee и некоторых датчиков температуры.

Внимание! Не подключайте к XBee напряжение питания больше 3.3В, так как максимальное напряжение питания у XBee – 3.6В.

К выводам 19 и 20 обоих XBee были присоединены датчики температуры, таким образом стало возможным тестирование аналогового ввода.

Внимание! Помните о том, что выводы земли и питания у интерфейсной платы и XBee Explorer USB различаются.

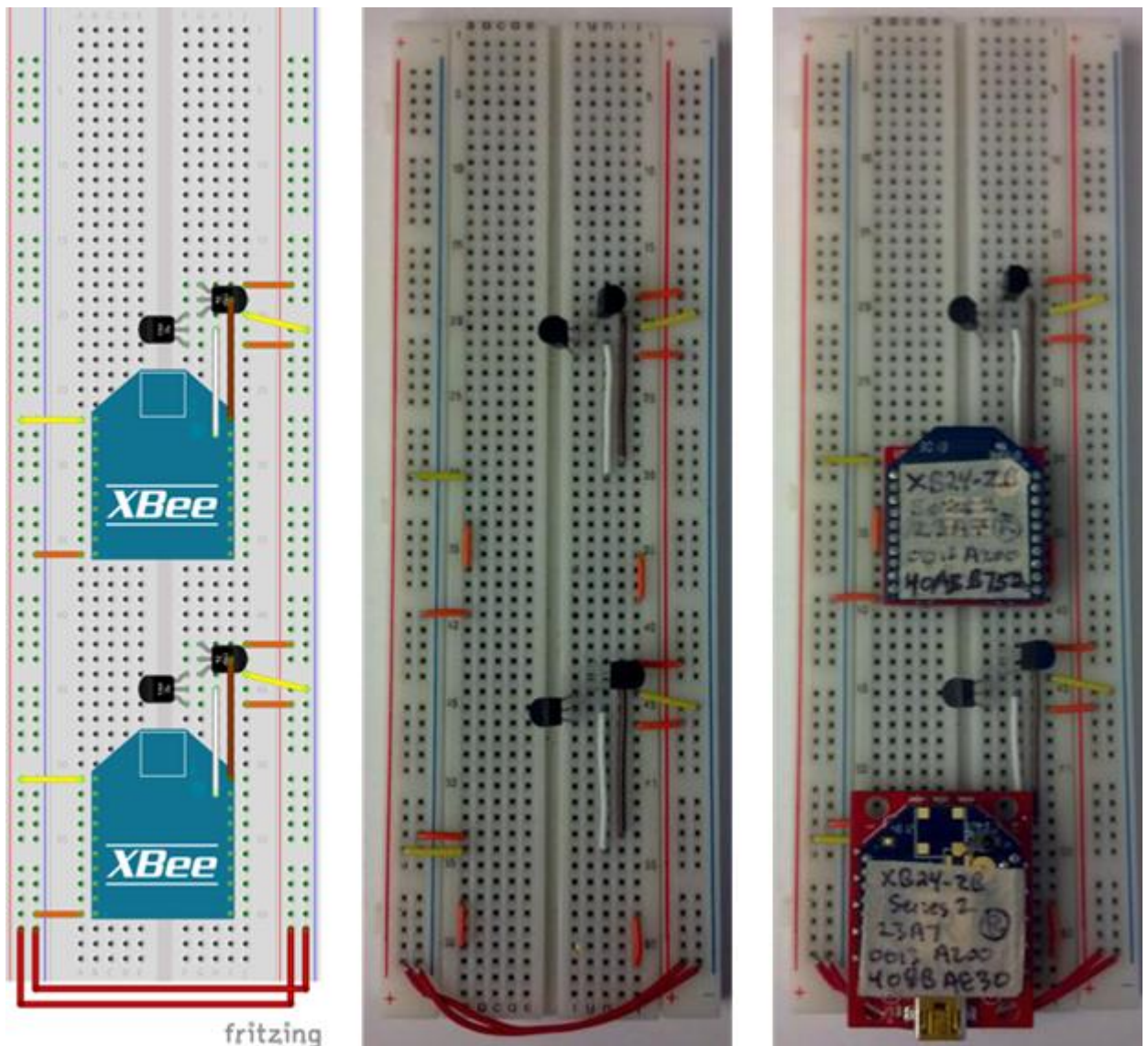


Рисунок 3. Тестовая плата

## Привет, XBee!

После сборки тестовой платы, требуется проверить взаимодействие MATLAB и сети XBee.

Сначала, требуется установить связь с координатором: COM-порт должен будет быть изменен для соответствия COM-порту, используемого XBee explorer. Номер нужного порта можно узнать в X-CTU.

```
>> xb = xbee('COM3');
```

Проверка соединения с координатором при помощи запроса его настроек. Ответ должен совпадать с информацией из X-CTU.

```
>> getLocalParameters(xb)
```

```
PANID: 0000000000000000
```

```
Operating PANID: F054514C95CA5757
```

```
Address64: 0013A20040B181B2
```

```
Address16: 0000
```

BaudRate: 9600

FirmwareVersion: 21A7

HardwareVersion: 194B

Поиск остальных XBee в сети:

```
>> addrs = discoverNetwork(xb)
```

addrs =

'0013A20040B22000'

'0013A20040B18EFB'

Чтение значения напряжения на выводе 19 первого XBee:

```
>> v19 = readVoltage(xb, 19, addrs{1})
```

4/10

v19 =

0.7437

И значений напряжения на выводе 20 обоих XBee:

```
>> v20 = readVoltage(xb, 20)
```

v20 =

0.7425

0.7437

Перевод напряжений в градусы Фаренгейта:

```
>> v = [v19; v20]
```

v =

0.7437

0.7425

0.7437

```
>> tempC = v/0.01-50
```

tempC =

24.3695

24.2522

24.3695

```
>> tempF = tempC*9/5 + 32
```

tempF =

75.8651

75.6540

75.8651

## Создание узлов сети

Каждый узел сети состоит из 1-4 датчиков температуры. Каждый датчик соединен с телефонным кабелем различной длины, что позволяет свободно располагать датчики по комнате, в том числе и на батарее. Каждый узел питается от 2 батареек R14. Ниже приведена схема подключения узла с 4 датчиками температуры.

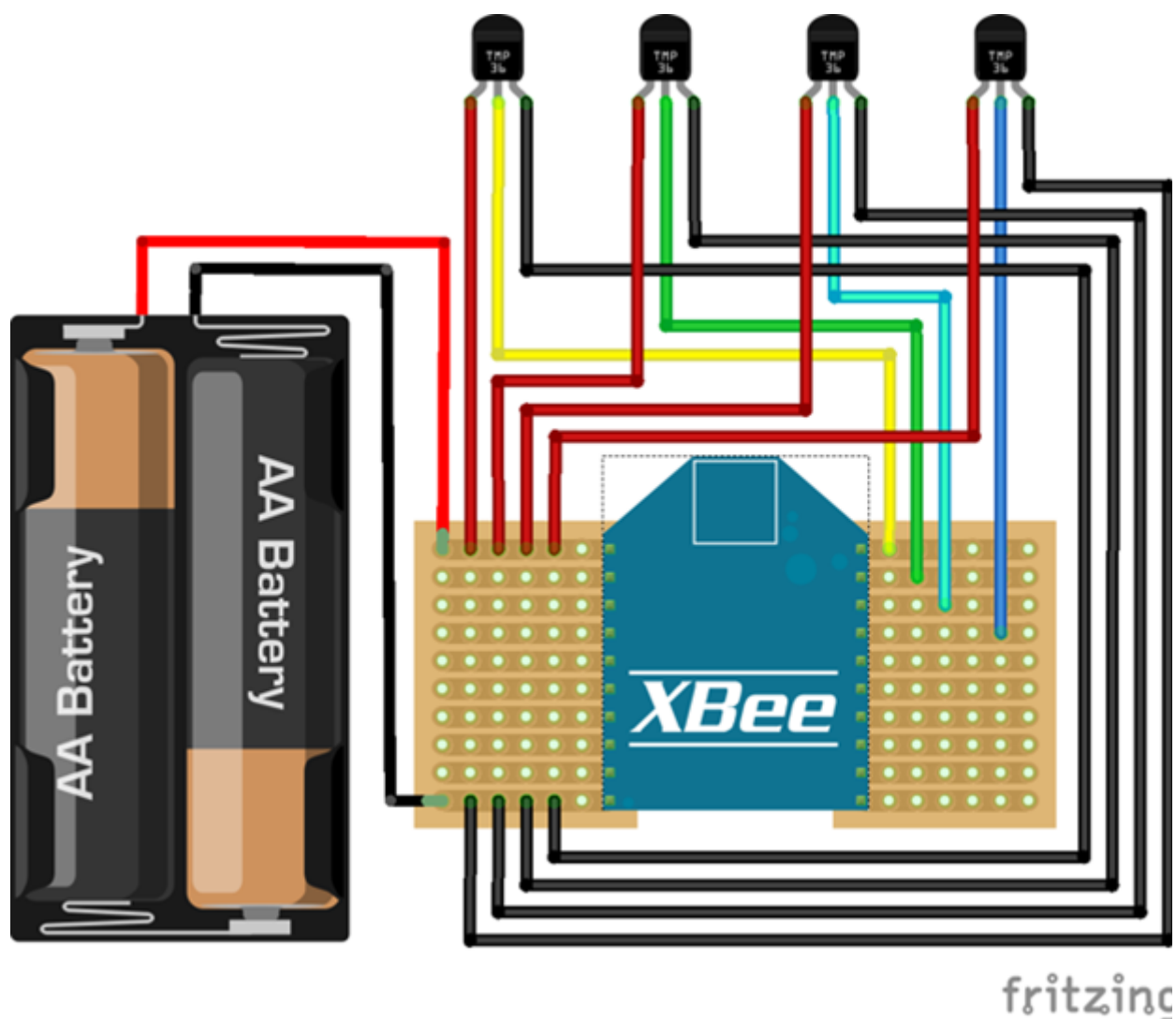


Рисунок 4. Схема подключения датчиков температуры

## Сборка узлов сети

### Шаг 1: Присоединение гребенки типа «мама» к макетной плате

а) Линейка гребенки ломается так, чтобы получились длиной 10 выводов. Скорее всего будет потерян 1 вывод на каждый разлом, что необходимо учитывать при заказе. В крайнем случае, допускается использования одного 10-выводного разъема и одного 9-выводного, так как к выводу 11 XBee ничего не подключается. На рисунке к шагу 2г видно, где был использован клей для ремонта частично сломанного разъема.

б) Используя интерфейсную плату как образец требуется припаять гребенку типа «мама» к макетной плате

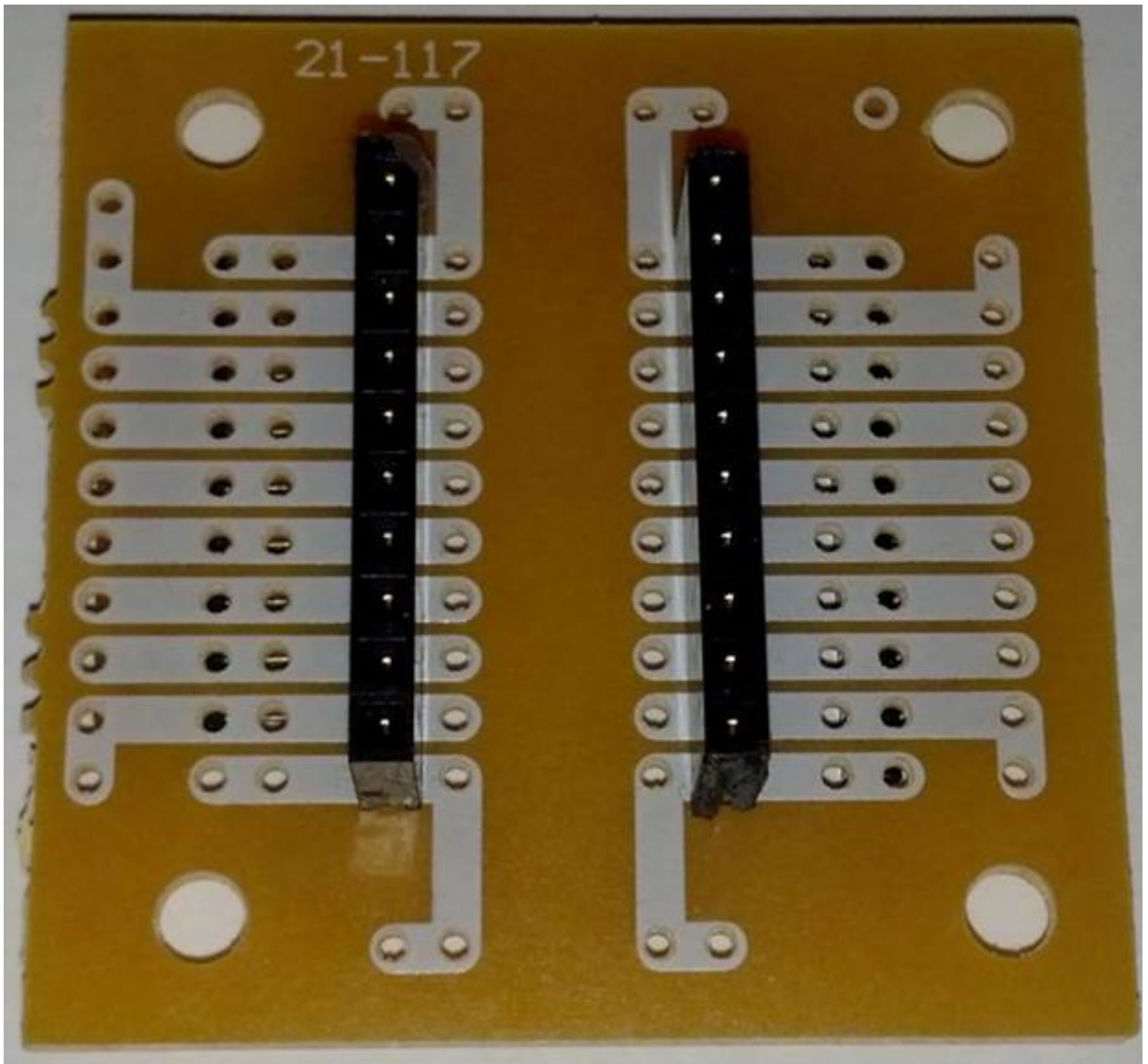


Рисунок 5. Макетная плата в сборе

## Шаг 2: Присоединение датчиков температуры

- а) Необходимо зачистить концы жил телефонного кабеля с двух концов.
- б) На одном из концов кабеля на каждую жилу требуется надеть термоусадку.
- с) Припаять датчик к телефонному кабелю. Рекомендуется использовать красный провод для питания и черный для земли (см. Рисунок 6). Для некоторых узлов к одному кабелю присоединены 2 датчика температуры. Два датчика используют общее питание и землю, поэтому для 2х датчиков требуется только 4 жилы. Такая схема включения позволяет сравнивать показания двух датчиков для проверки точности измерений каждого датчика.

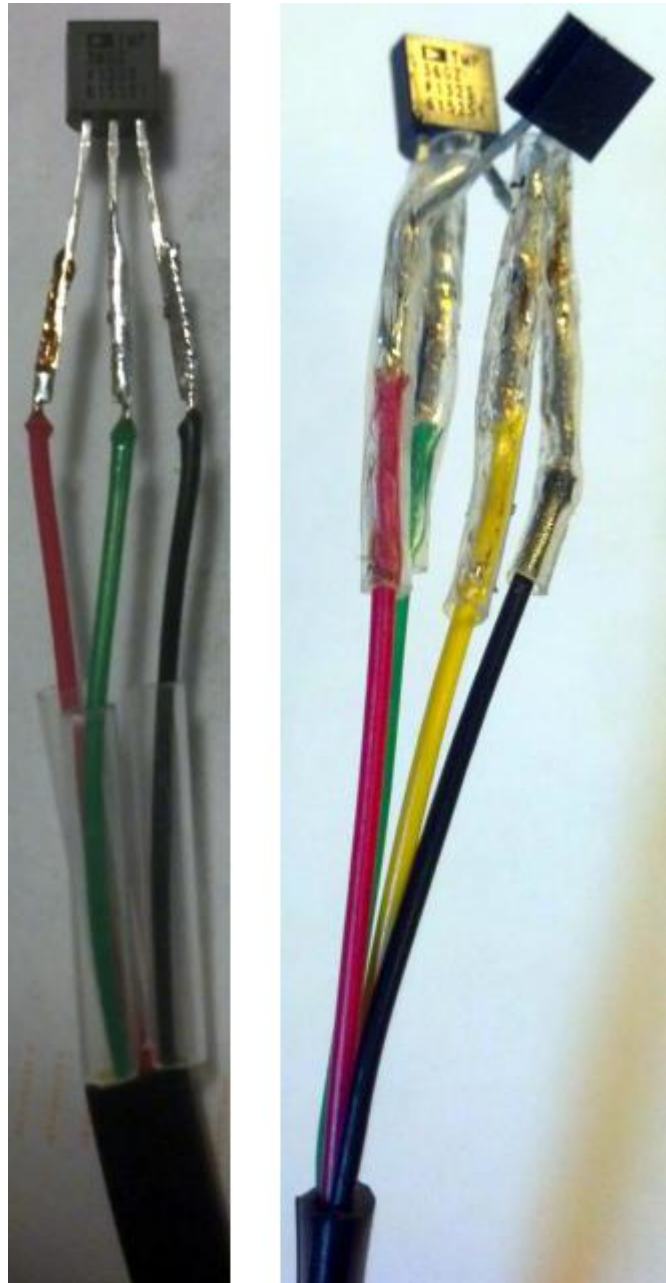


Рисунок 6. Подключенные датчики температуры

d) Припаять другой конец кабеля к макетной плате. Все датчики температуры используют одно и тоже питание и землю, но сигнальные выводы должны быть припаяны на выводы 17-20 XВee. На рисунке, видно 4 провода на верхней правой части макетки. На XВee им соответствуют 4 верхних правых вывода (выводы 17-20)



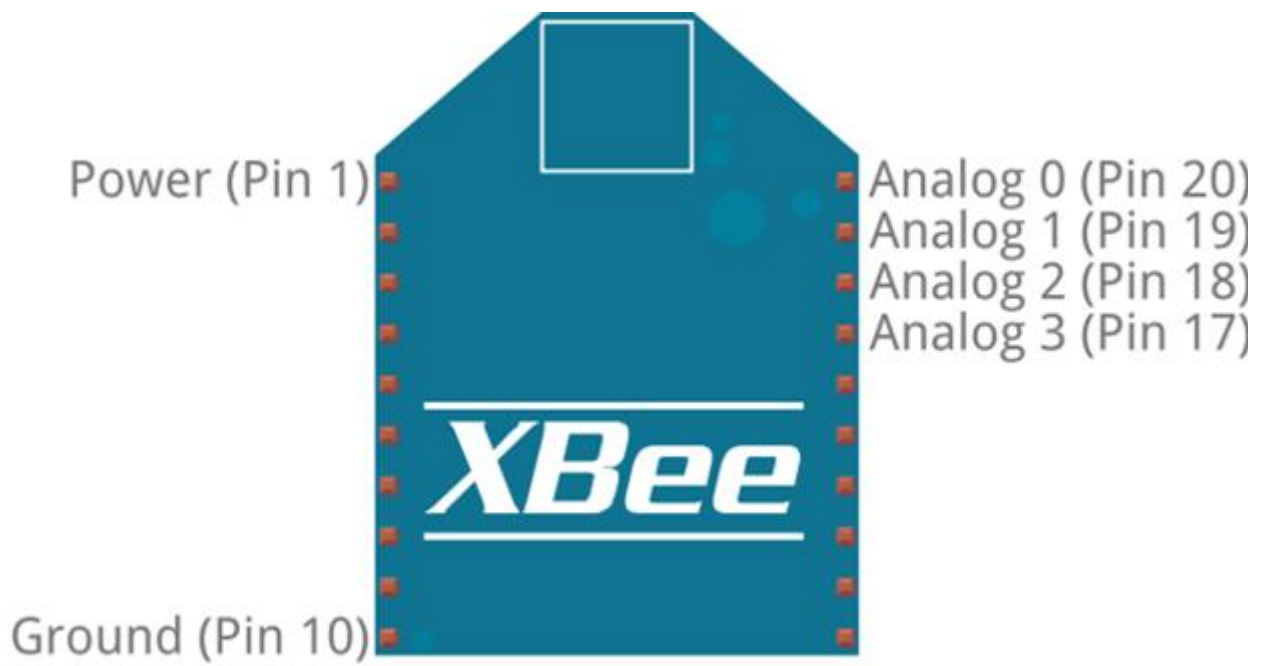


Рисунок 7. Цоколевка аналоговых вводов XBee

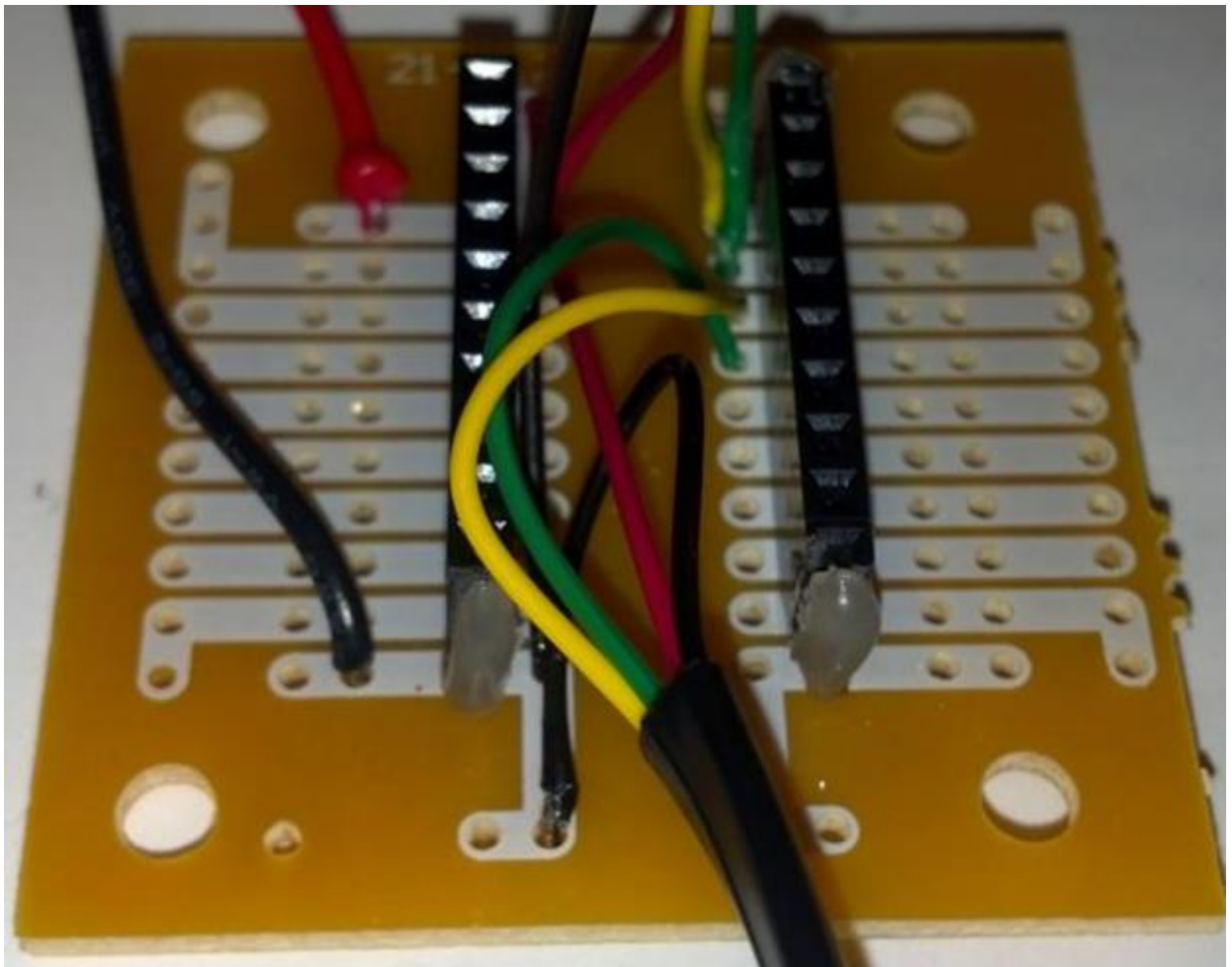


Рисунок 8. Макетная плата с проводами

е) Припаять провода от блока питания с батарейками к выводам питания и земли.

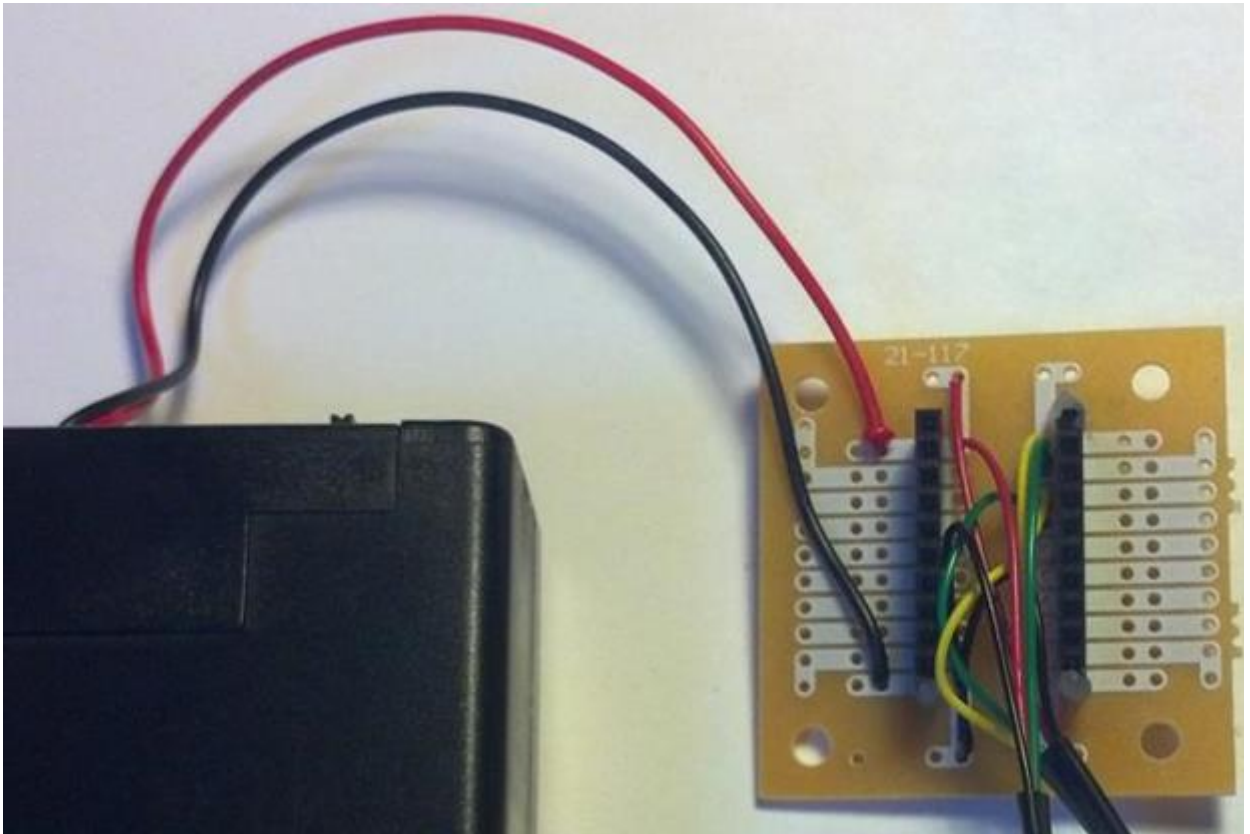


Рисунок 9. Присоединенный блок питания

f) Соединить интерфейсную плату и XBee

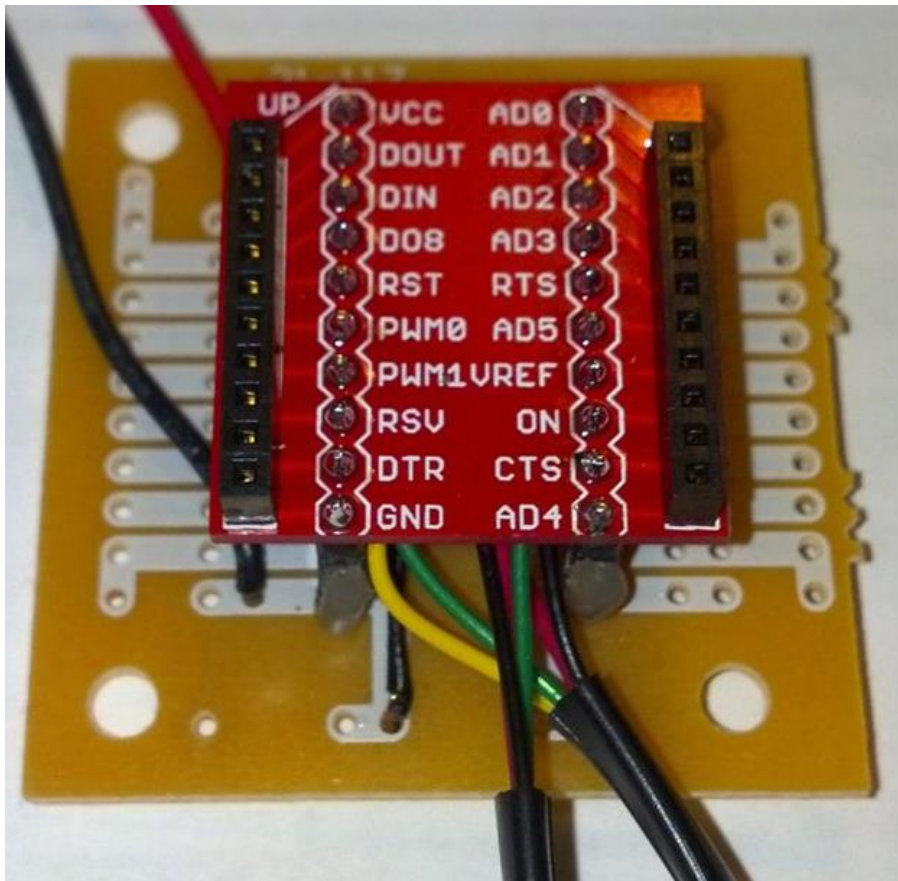


Рисунок 10. Узел сети без XBee



Рисунок 11. Узел сети с XBee

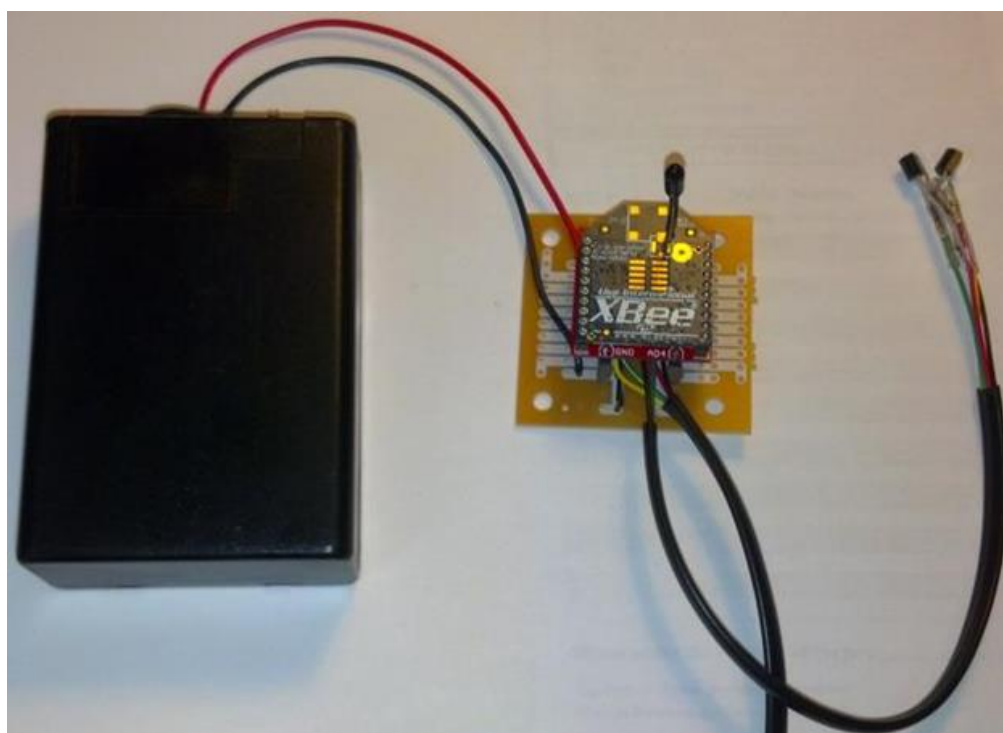


Рисунок 12. Узел сети в сборе

## Тестирование узлов

После сборки узлов требуется проверить их работы. В каждый узел вставляются свежие батарейки, а координирующий XBee подключается к компьютеру через XBee Explorer USB.

Открывается соединение с координатором:

```
xb = xbee('COM3');
```

Выполняется проверка того, что XBee не были перепутаны:

```
isCoordinator(xb)
```

```
ans =
```

```
1
```

1 означает, то что подключенное устройство – координатор. Теперь требуется обнаружить другие устройства в сети:

```
addrs = discoverNetwork(xb)
```

```
addrs =
```

```
'0013A20040B18D3E'
```

```
'0013A20040B1916C'
```

```
'0013A20040B18EFB'
```

```
'0013A20040B22000'
```

Используются 4 узла, должно быть возвращено 4 адреса. Теперь может быть получено значение напряжения на 20м выводе всех 4х XBee:

```
[v,src] = xb.readVoltage(20)
```

```
v =
```

```
0.7449
```

```
0.7472
```

```
0.7425
```

```
0.7460
```

```
src =
```

```
'0013A20040B18EFB'
```

```
'0013A20040B22000'
```

```
'0013A20040B18D3E'
```

```
'0013A20040B1916C'
```

И выполнено преобразование из вольтов в значения температуры в градусах Фаренгейта:

```
tempC = v/0.01-50
```

```
tempF = tempC*9/5 + 32
```

```
tempC =
```

```
24.4868
```

24.7214

24.2522

24.6041

tempF =

76.0762

76.4985

75.6540

76.2874

## Следующие шаги

После создания и проверки узлов, можно приступить к сбору значений температуры.

[Постоянное наблюдение за температурой при помощи беспроводной сети датчиков. Часть 2](#)

[Постоянное наблюдение за температурой при помощи беспроводной сети датчиков. Часть 3](#)

[Постоянное наблюдение за температурой при помощи беспроводной сети датчиков. Часть 4](#)



**ЭКСПОНЕНТА**  
ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
И МОДЕЛИРОВАНИЯ

### Контакты

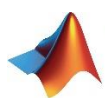
**exponenta.ru**

E-mail: **info@exponenta.ru**

Тел.: +7 (495) 009 65 85

Адрес: **115088 г. Москва,**

**2-й Южнопортовый проезд, д. 31, стр. 4**



**MathWorks®**

*Accelerating the pace of engineering and science*

mathworks.com

© 2012 The MathWorks, Inc. MATLAB and Simulink are registered trademarks of The MathWorks, Inc. See [www.mathworks.com/trademarks](http://www.mathworks.com/trademarks) for a list of additional trademarks. Other product or brand names may be trademarks or registered trademarks of their respective holders.