



Politechnika  
Wrocławska

# Elektronika w automatyce

## Układy pomiarowe

Wojciech Tarnawski

[wojciech.tarnawski@pwr.edu.pl](mailto:wojciech.tarnawski@pwr.edu.pl)

[www.w-tarnawski.pl](http://www.w-tarnawski.pl)



## Układy pomiarowe

- Wstęp
- Pomiar napięcia , I/O
- Pomiar rezystancji
- Pomiar prądu
- Pomiar temperatury
- Pomiar wilgotności
- Pomiar jasności
- Pomiar odległości
- Pomiar przyśpieszenia
- Pomiar ciśnienia
- Podsumowanie

# Czym jest pomiar?

W metrologii pomiarem nazywa się proces poznawczy, w którym następuje odwzorowanie pewnych właściwości obiektu fizycznego (ciała, zjawiska) w dziedzinę liczb. Właściwość, którą można zmierzyć nazywa się wielkością fizyczną lub mierzalną.

### Elementy procesu pomiarowego:

- ustalenie modelu fizycznego obiektu przez idealizację właściwości obiektu rzeczywistego (np. pominięcie pewnych czynników, oddziaływań, itp.),
- zbudowanie modelu matematycznego obiektu przez podanie związków (formuł matematycznych) ilościowych między właściwościami, które charakteryzują model fizyczny,
- ustalenie modelu metrologicznego obiektu przez przekształcenie modelu matematyczno-fizycznego w taki sposób, że opisują go tylko wielkości mierzalne,
- wybór metody pomiarowej i środków technicznych do przeprowadzenia pomiaru,
- wykonanie pomiaru(ów),
- analiza wyniku(ów) pomiaru i interpretacja (z uwzględnieniem analizy niepewności pomiarowej).

## Jednostka miary i układ jednostek miar

Jednostką miary wielkości mierzalnej jest umownie przyjęta i wyznaczona z dostateczną dokładnością wartość tej wielkości.

Układ jednostek miar – zbiór jednostek miar wielkości mierzalnych

## Metody pomiarowe

Metoda bezpośrednia – wartość wielkości otrzymuje się bezpośrednio w wyniku prostego pomiaru.

Metoda pośrednia – wartość wielkości otrzymuje się pośrednio z pomiarów bezpośrednich innych wielkości.

**Pomiar = rzeczywista wielkość + błąd pomiarowy**

**Zaprezentowane w dalszej  
części wykładu układy,  
porpozycje są tylko  
wybranymi przykładami.**

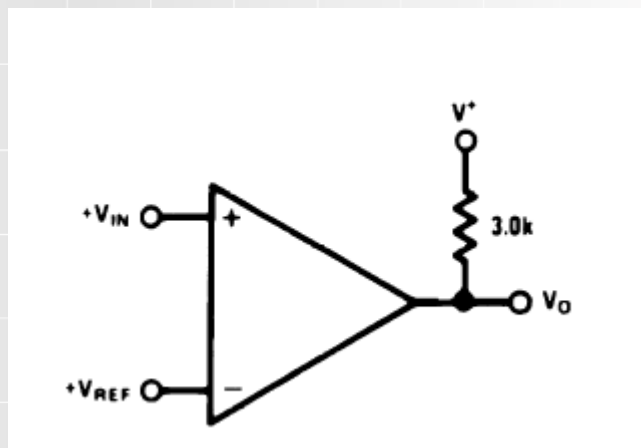
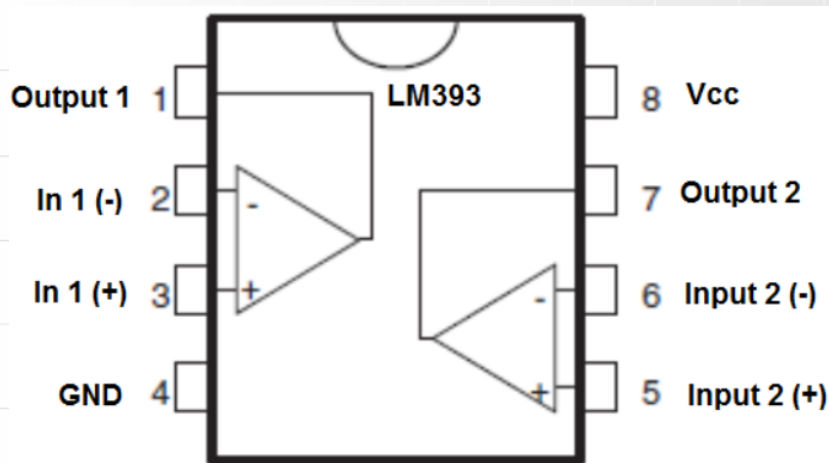
**Istnieje wiele innych  
układów i możliwości  
pomiaru.**

### Pomiar dwóch stanów:

- stan wysoki
- stan niski

Pomiar przez dowolny pin  
wejściowy mikrokontrolera

### Komparator LM393

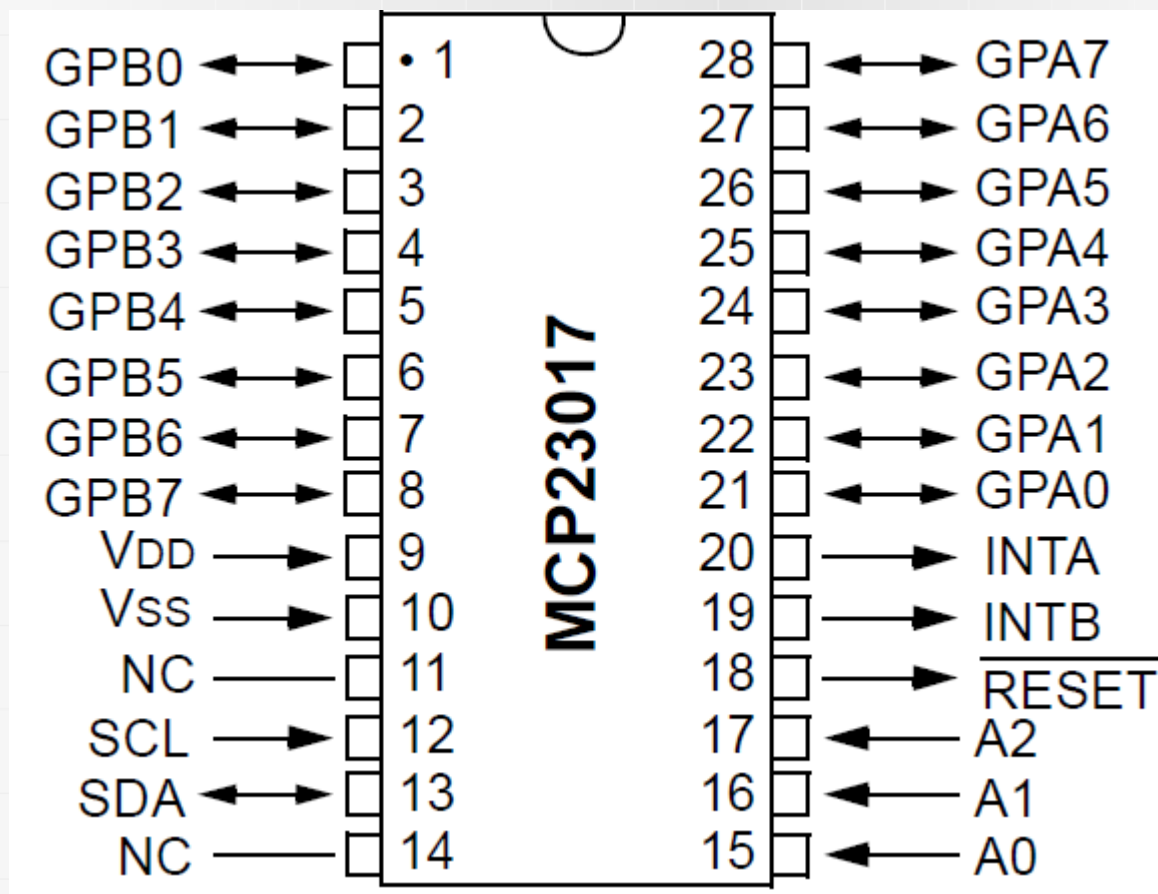


## Jak za mało pinów?

### Expander - MCP23017

I2C

16 kanałów I/O

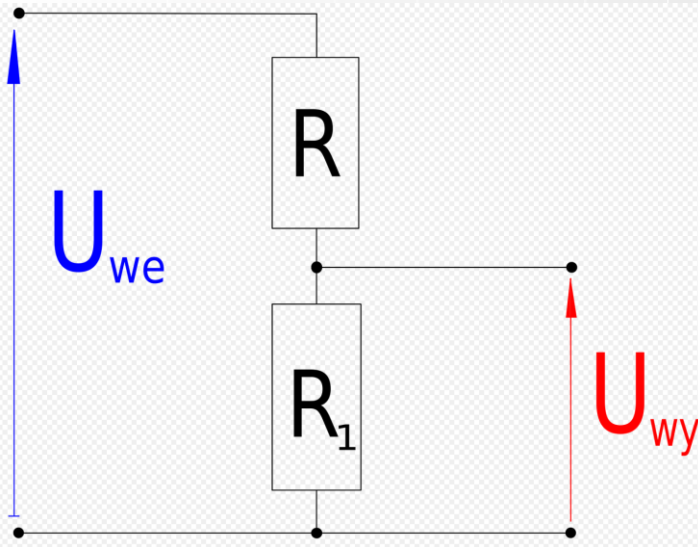




## Dopasować zakres napięcia Nawet dla I/O

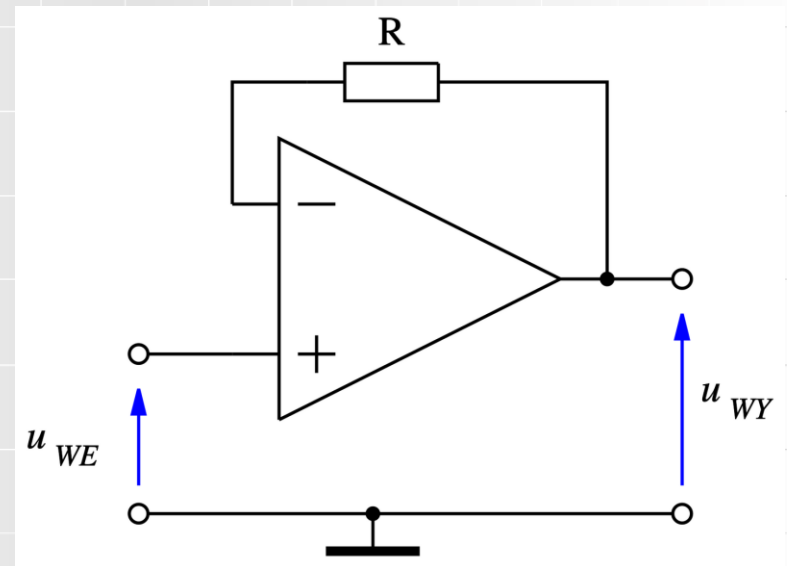
Pomiar przez pin wejściowy mikrokontrolera  
obsługujący przetwornik ADC

Dzielnik napięcia:



$$U_{wy} = \frac{U_{we}}{R + R_1} \cdot R_1$$

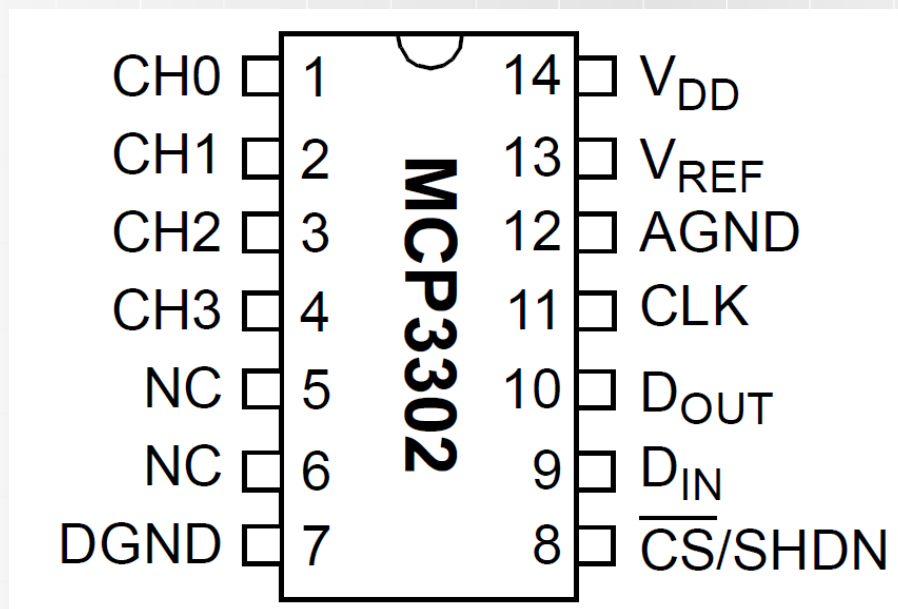
Wtórnik napięciowy:



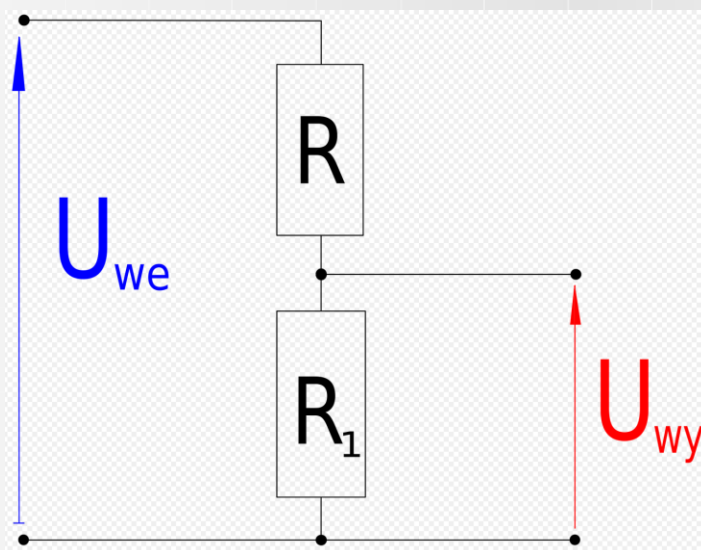
$$U_{we} = U_{wy}$$

### Zwiększenie ilości wejść analogowych:

- przełączanie wejść
- zastosowanie zewnętrznego przetwornika A/C:
  - MCP3302 – 4 wejścia
  - MCP3304 – 8 wejść



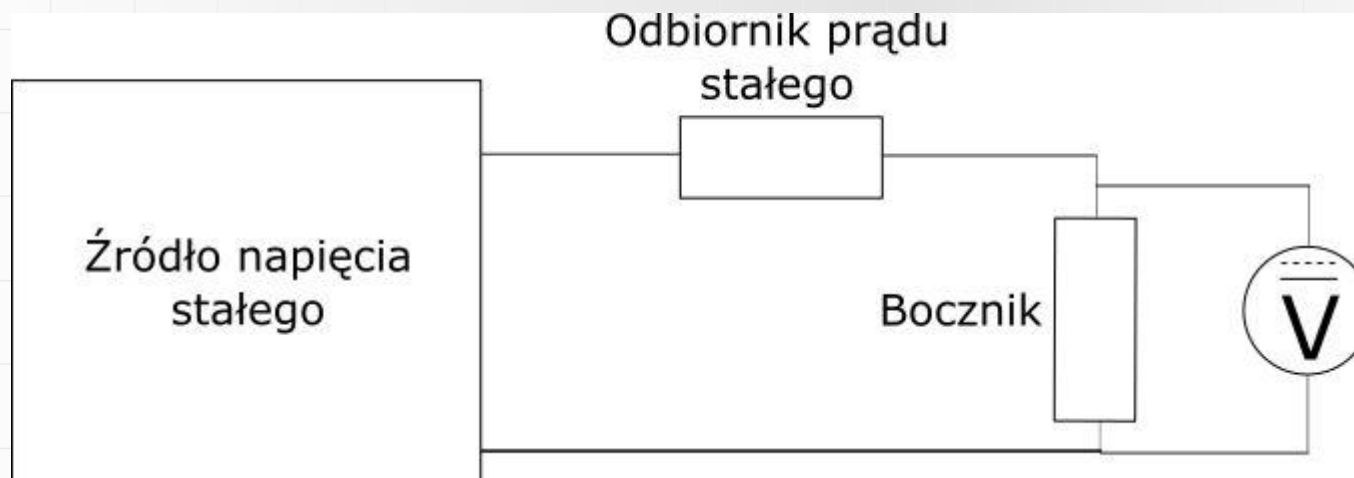
## Dzielnik napięcia:



$$U_{wy} = \frac{U_{we}}{R + R_1} \cdot R_1$$

## Układy pomiarowe – pomiar prądu DC

### Pomiar spadku napięcia na rezystorze pomiarowym (boczniku)

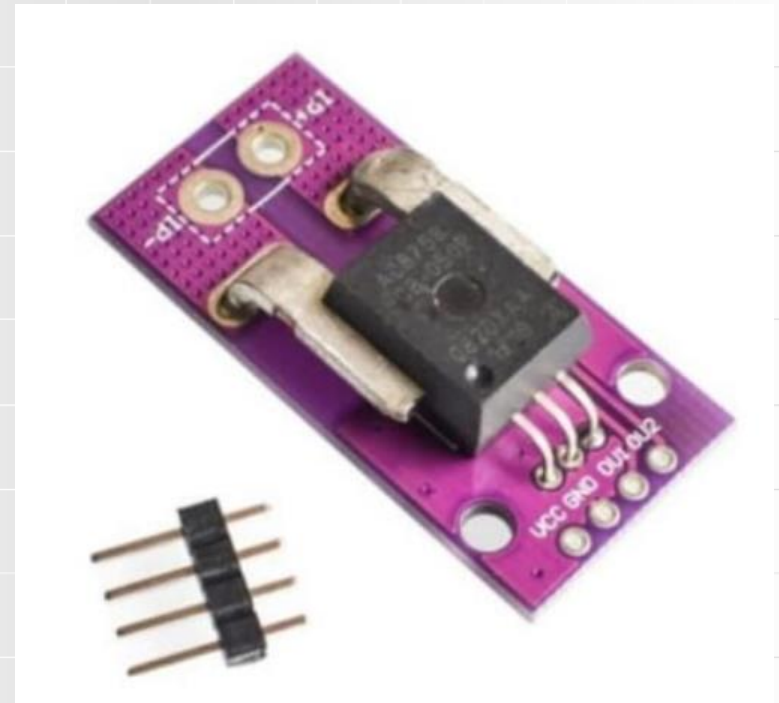


Bocznik pomiarowy 100A/60mV

$R=?$

### Czujniki pomiaru prądu wykorzystujące efekt hala:

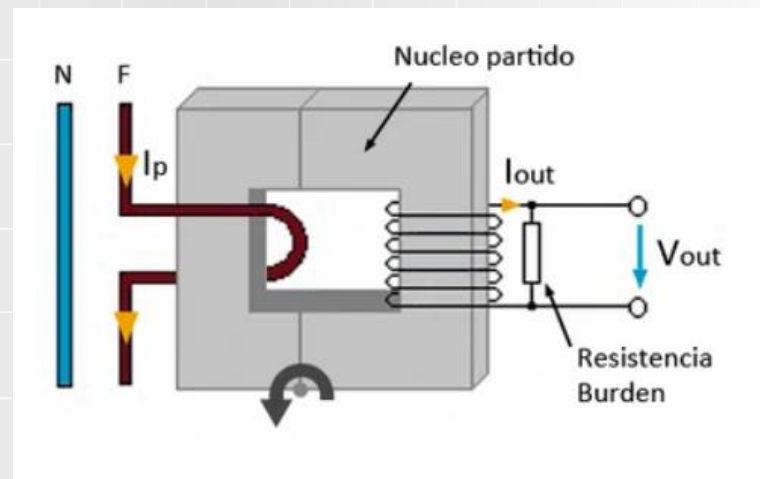
- ACS758 - czułość: 40 mV /A
- ACS712 – wersja 20A - czułość: 100 mV /A



## Układy pomiarowe – pomiar prądu AC

Czujniki pomiaru prądu przemiennego w sposób nieinwazyjny - przekładnik prądowy:

- SCT-013-000 – zjawisko indukcji na pojedynczym przewodzie



pomiar 0-100A - > wyjście 0-50mA

## Układy pomiarowe – pomiar temperatury

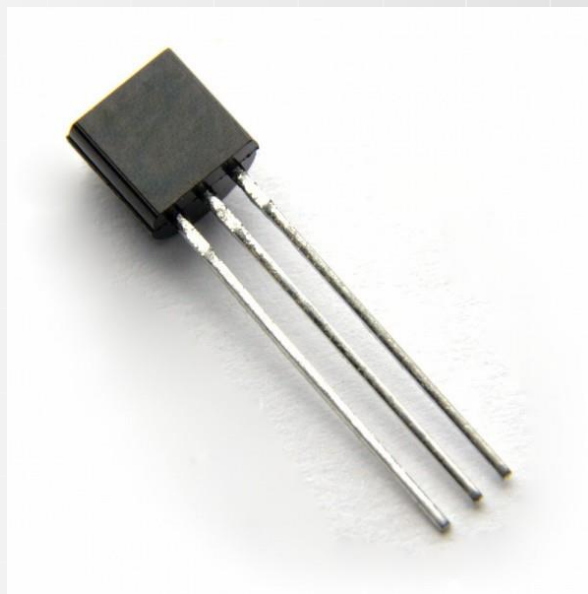
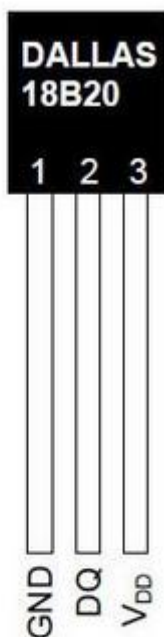
Termistor - rezystor półprzewodnikowy o rezystancji silnie zależnej od temperatury:

- NTC – o ujemnym współczynniku temperaturowym (ang. negative temperature coefficient) – wzrost temperatury powoduje zmniejszanie się rezystancji
- PTC – (pozystor) o dodatnim współczynniku temperaturowym (ang. positive temperature coefficient), wzrost temperatury powoduje wzrost rezystancji

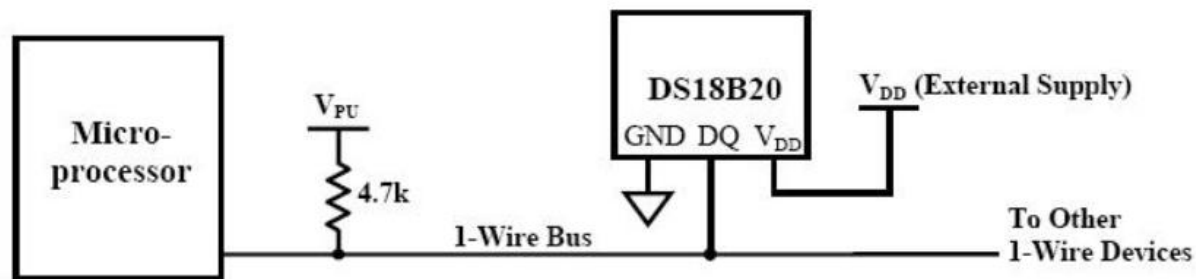


## Cyfrowy czujnik temperatury

### DS18B20 - Czujnik temperatury TO92



Komunikacja 1-Wire  
Dokładność:  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$   
Zakres:  $-10^{\circ}\text{C}$  to  $+85^{\circ}\text{C}$





### RD-623 WINSEN - Pirometr

#### Pomiar temperatury – podczerwień

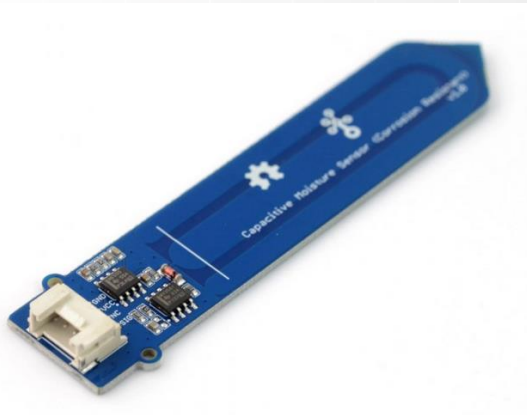
- pomiar bezkontaktowy
- duży zakres pomiarowy, wysokie temperatury
- termowizja



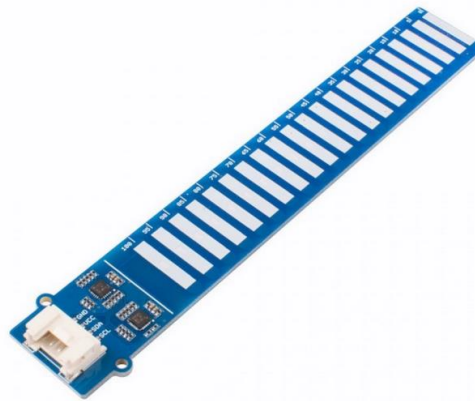
# Układy pomiarowe – pomiar wilgotności gleby

## Pojemnościowy

Wykrywanie pojemnościowe, zmiana wilgotności gleby powoduje zmianę mierzonej pojemności

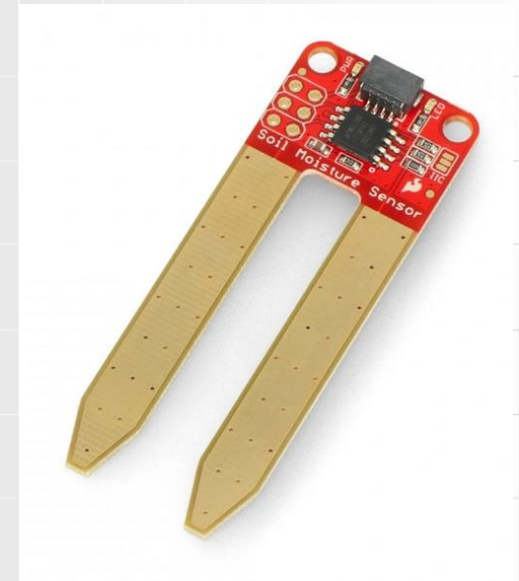


Poziom wody  
pojemnościowy



## Rezystancyjny

Im więcej wody znajduje się w glebie, tym lepsza będzie przewodność między sondami, co skutkuje mniejszym oporem



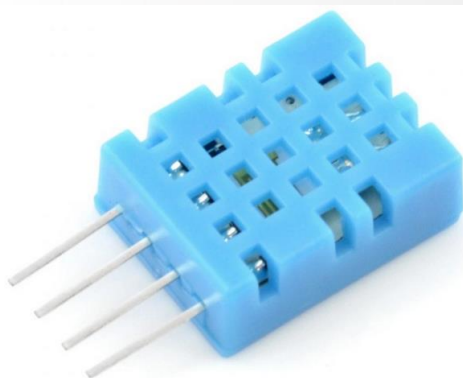
## Układy pomiarowe – pomiar wilgotności

### DTH11:

Temperatura: od - 20 °C do +60 °C

Dokładność: 2 °C

Wilgotność: od 5 % do 95 % RH

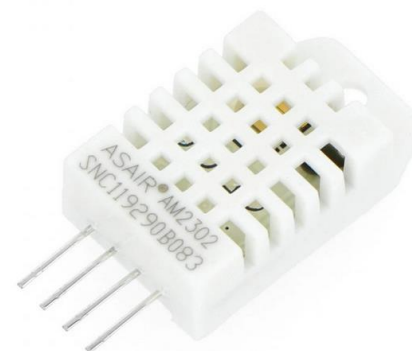


### DTH22:

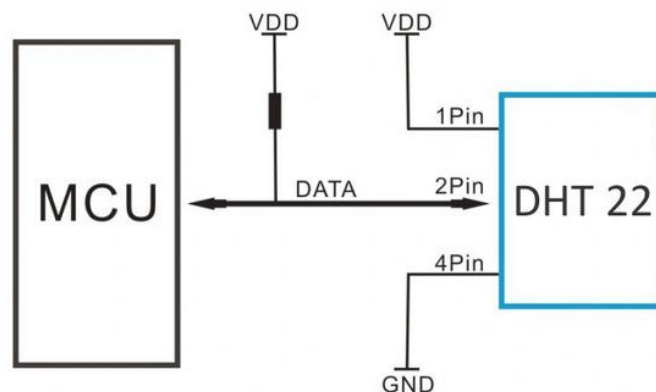
Temperatura: od - 40 °C do +80 °C

Dokładność: 0.5 °C

Wilgotność: od 0 % do 100 % RH

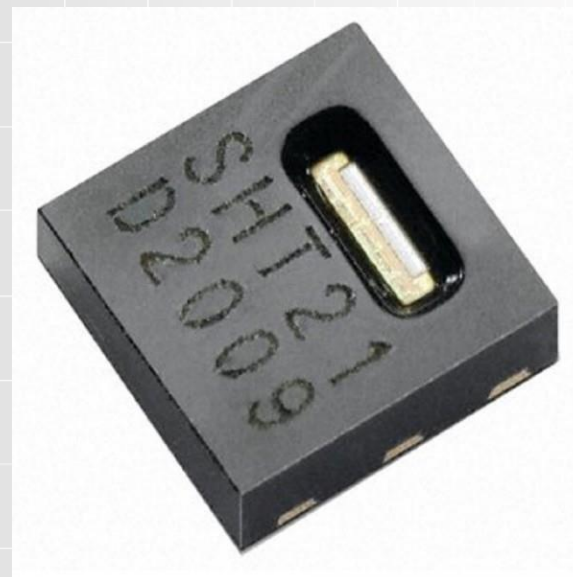


\*RH - Wilgotność względna wyrażana w procentach. Jest to stosunek rzeczywistej wilgoci w powietrzu do maksymalnej jej ilości, którą może utrzymać powietrze w danej temperaturze.



### SHT21 czujnik wilgotności i temperatury

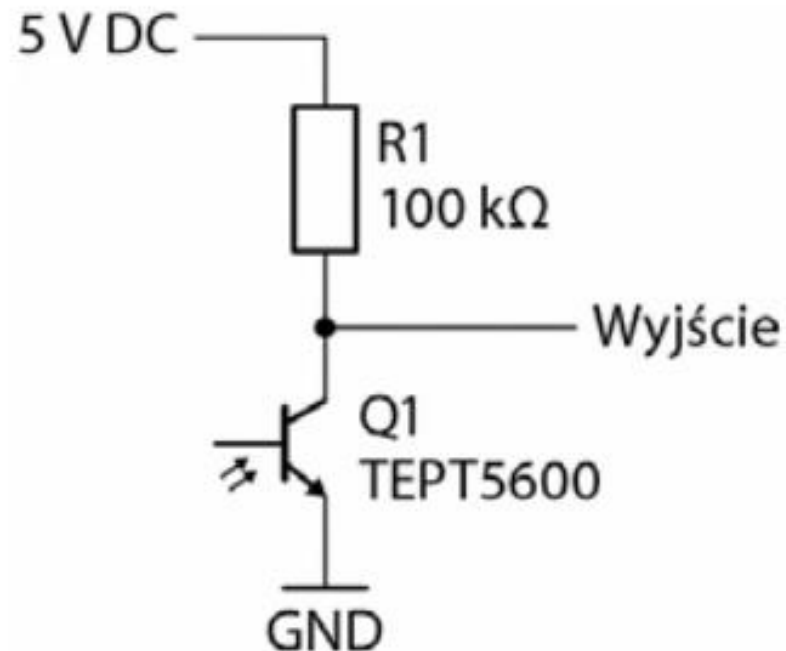
- Temperatura: od - 40 °C do +125 °C
- Dokładność: 0.3 °C
- Wilgotność: od 0 % do 100 % RH
- Interfejs: I2C
- Rozmiar: 3x3mm



## Układy pomiarowe – pomiar jasności

### Fotorezystor, fototranzystor:

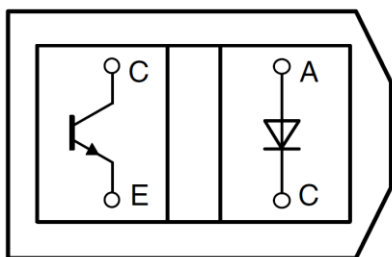
- pomiar światła
- wykrywanie dzień/noc
- bariera optyczna



## Układy pomiarowe – pomiar jasności

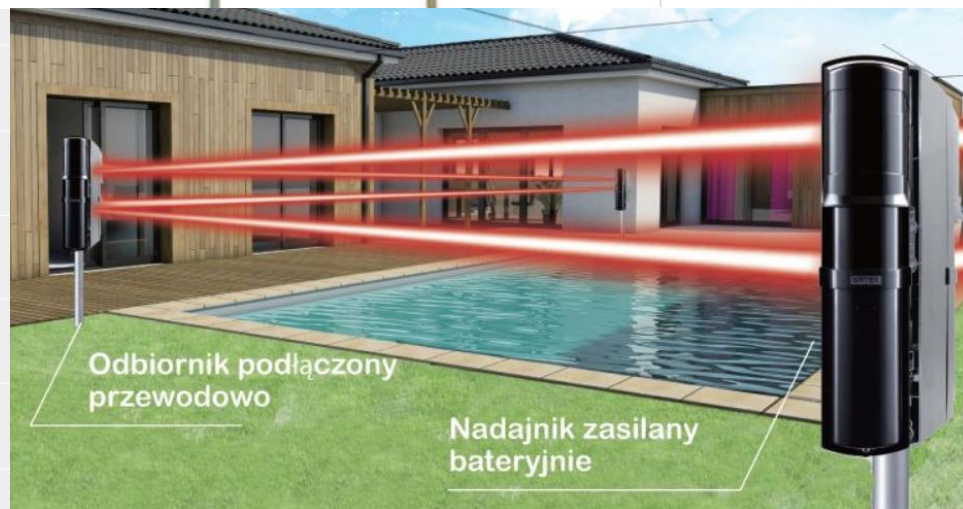
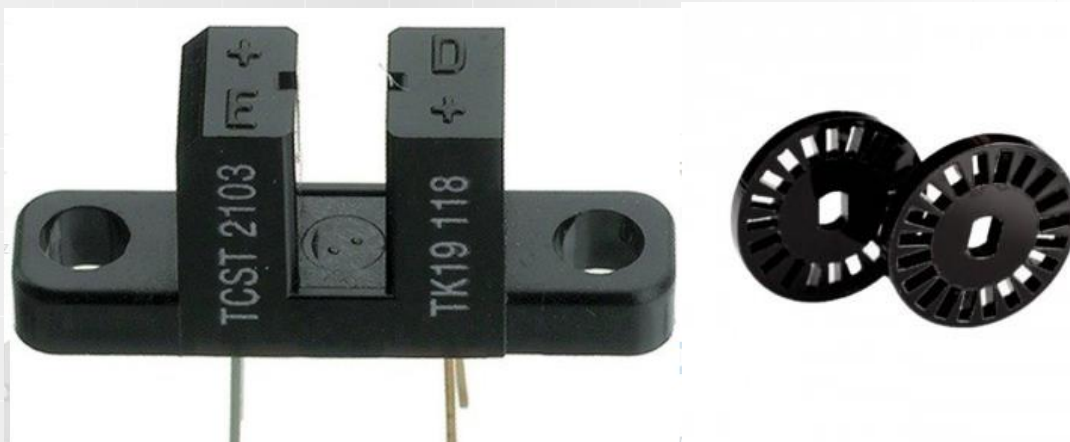
### TCRT5000 Czujnik odbiciowy

- wykrywanie linii
- wykrywanie przedmiotów
- pomiar odległości



### TCST2103 Transoptor szczelinowy

- bariera optyczna
- enkoder optyczny

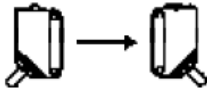
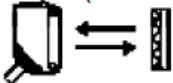
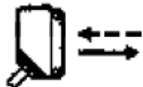




# Układy pomiarowe – pomiar jasności

## Bariera podczerwieni

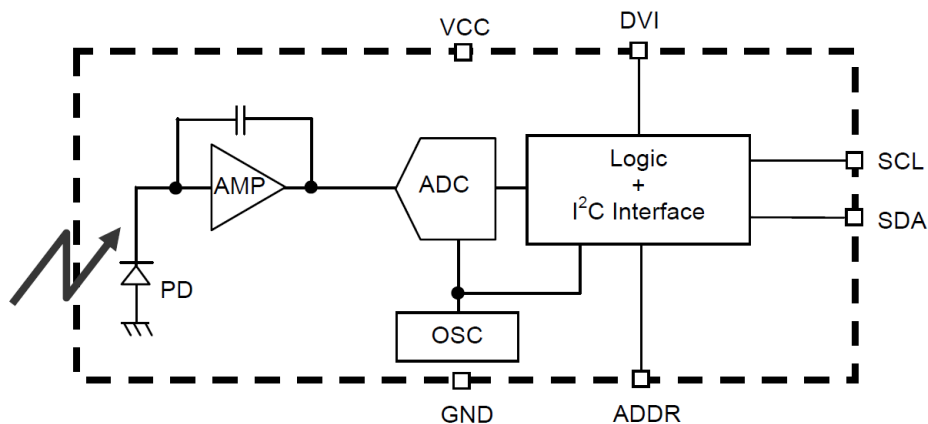


| Sensing method            | Light source | Appearance                                                                                           | Connection method | Sensing distance                                |
|---------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------|
| Through-beam              | IR           |                   | Pre-wired         | 15 m                                            |
|                           |              |                                                                                                      | Connector         |                                                 |
| Polarized retroreflective | RED          | (See Note 1.)<br> | Pre-wired         | 100 mm to 4 m<br>100 mm to 3 m<br>(See Note 2.) |
|                           |              |                                                                                                      | Connector         |                                                 |
| Diffuse reflective        | IR           |                   | Pre-wired         | 5 to 100 mm<br>(wide view)                      |
|                           |              |                                                                                                      | Connector         |                                                 |
|                           |              |                                                                                                      | Pre-wired         | 1 m                                             |
|                           |              |                                                                                                      | Connector         |                                                 |

## Układy pomiarowe – pomiar jasności

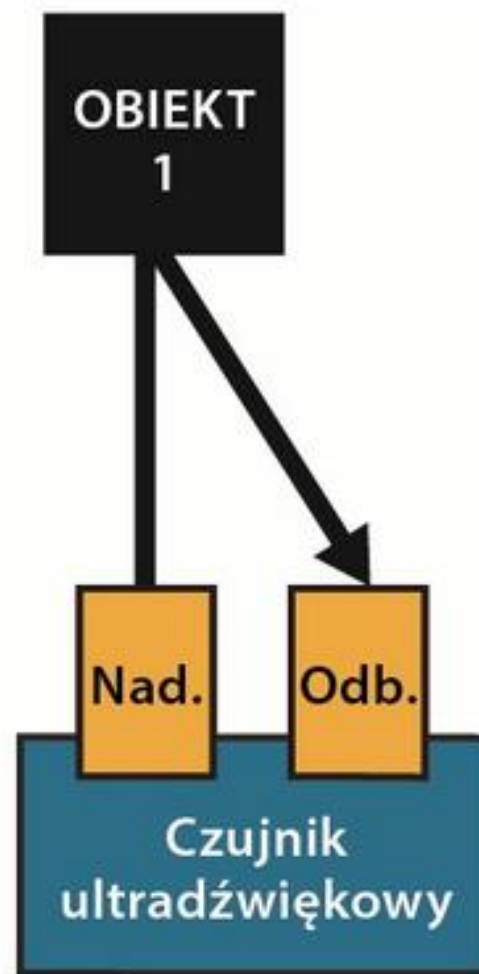
### BH1750 - luxometr, luksomierz:

- Pomiar: 1 - 65535 lx
- Interfejs: I2C





## Czujniki ultradźwiękowe



### Czujniki podczerwieni

- Sharp GP2Y0A02
- VL6180X
- E18-D80NK 5-80cm



### Czujniki laserowe:

- duży zasięg pomiaru
- duża dokładność



### Lidar – skanery laserowe



### Czujniki indukcyjne, pojemnościowe

- małe odległości
- sygnał 1/0



### Czujniki magnetyczne, kontraktron

- małe odległości
- sygnał 1/0
- systemy alarmowe



## Układy pomiarowe – pomiar przyśpieszenia

**Czujniki MEMS** - Układy MEMS to połączenie mikroczytników, mikroprzetworników, mikroelektroniki i mikromechaniki, a wszystko to funkcjonujące w ramach jednej krzemowej struktury.

### MPU6050:

- pomiar przyśpieszenia w 3 osiach
- pomiar prędkości obrotowej w 3 osiach
- pomiar temperatury





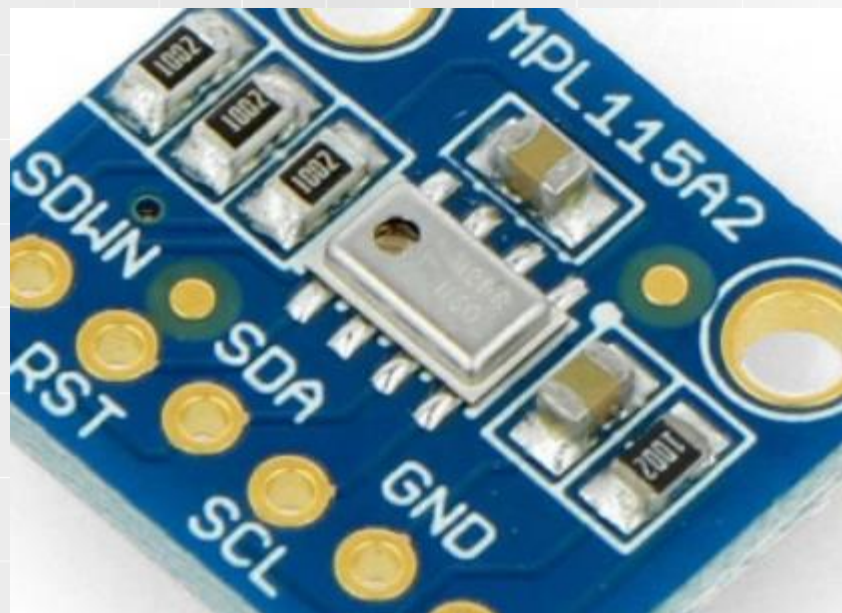
### LSM9DS1 :

- pomiar przyśpieszenia w 3 osiach
- pomiar prędkości obrotowej w 3 osiach
- pomiar pola magnetycznego w 3 osiach
- pomiar temperatury



### MPL115A2 :

- pomiar ciśnienia / wysokości
- pomiar temperatury







- <https://forbot.pl/blog/kurs-elektroniki-napiecie-prad-opor-zasilanie-id3947>
- Dokumentacje techniczne układów