



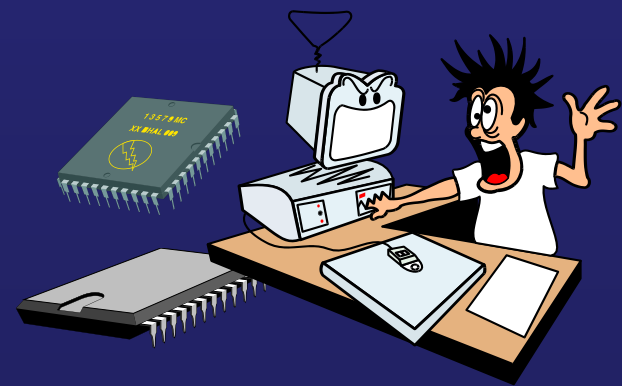
WYDZIAŁ FIZYKI
i INFORMATYKI STOSOWANEJ
Uniwersytet Łódzki



Systemy wbudowane



Witold Kozłowski



<https://std2.phys.uni.lodz.pl/mikroprocesory/>

Systemy wbudowane

Kierunek: Informatyka
PRACOWNIA DYDAKTYCZNA

Uwaga !!!

**Proszę o wyłączenie
telefonów komórkowych**

na wykładzie i laboratorium

Wykład 8.

Magistrala 1-Wire

Pomiar temperatury

Temperatura

Temperatura to funkcja stanu w termodynamice, która podobnie jak ciepło jest związana ze średnią energiją kinetyczną ruchu i drgań wszystkich cząsteczek tworzących dany układ.

Temperatura jest miarą "chęci" do dzielenia się ciepłem. Jeśli dwa ciała mają tę samą temperaturę, to w bezpośrednim kontakcie nie przekazują sobie ciepła, gdy zaś mają różną temperaturę, to następuje przekazywanie ciepła z ciała o wyższej temperaturze do ciała o niższej - aż do wyrównania się temperatur obu ciał. II zasada termodynamiki

Skale historyczne

Pierwsi konstruktorzy termometrów i skal temperatur opierali swe skale na znanych im zjawiskach, najczęściej przyjmowano, że zmiana temperatury jest proporcjonalna do zmiany objętości cieczy (alkoholu, rtęci).

W skalach tych przyjmowano za odniesienie temperaturę dwóch zjawisk, które zachodzą zawsze w tej samej temperaturze.

W skali Celsjusza przyjmuje się, że

0°C odpowiada temperaturze krzepnięcia wody,

100°C to temperatura wody wrzącej pod normalnym ciśnieniem

(choć Celsjusz pierwotnie przyjmował odwrotnie!!!).

W takich skalach istnieją temperatury ujemne.

Termodynamiczna skala temperatury

Fizycy badając własności gazów zauważyli, że we wszystkich wzorach do temperatury w skali Celsjusza trzeba zawsze dodawać stałą wartość 273,15 dlatego wprowadzono skalę temperatur, zwaną bezwzględną lub absolutną. Skalę tą określono na podstawie równania stanu gazu idealnego

$$\text{(równanie Clapeyrona): } p \cdot v = n \cdot R \cdot T$$

Temperaturę określa się na podstawie pomiaru ciśnienia i objętości gazu idealnego.

Skala bezwzględna temperatury określa temperaturę 0 jako taką temperaturę gazu idealnego, w której gaz przy zadanym ciśnieniu będzie miał zerową objętość, co odpowiada temu, że w tej temperaturze wszelki ruch cząsteczek gazu ustaje.

W rzeczywistości jednak objętości cząsteczek gazu są niezerowe, oznacza to, że rzeczywistym termometrem gazowym nie można mierzyć dowolnie niskich temperatur.

Termodynamiczna skala temperatury

Temperatura **zera bezwzględnego** jest najniższą temperaturą jaką mogą uzyskać ciała, w temperaturze tej wszystkie cząstki substancji mają najmniejszą możliwą energię, według mechaniki klasycznej ruch cząsteczek całkowicie ustaje, a według statystycznej mechaniki kwantowej wszystkie cząsteczki znajdują się w swoim stanie podstawowym wykonując tzw. drgania zerowe.

W temperaturze zera bezwzględnego wszystkie ciała są w stanie stałym, wyjątkiem jest **hel** który w pewnym zakresie ciśnienia pozostaje cieczą w dowolnie niskich temperaturach.

Kelwin - jest standardową jednostką temperatury przyjętą w Układzie SI i uznawaną przez cały świat naukowo-techniczny

Jednostki temperatur

Najczęściej używaną w Polsce i wielu innych krajach jednostką temperatury są stopnie Celsjusza.

Wzór do przeliczania stopni Celsjusza na Kelwiny jest następujący:

$$T[\text{K}] = t[^\circ\text{C}] + 273.15$$

W USA, w dalszym ciągu używa się stopni Fahrenheita. W tej skali temperatura zamarzania wody jest równa 32 °F a wrzenia 212 °F. Wzór przeliczający stopnie Fahrenheita na stopnie Celsjusza:

$$t[^\circ\text{C}] = (5/9) \cdot (t_{\text{F}}[^\circ\text{F}] - 32)$$

Jednostki temperatur

Porównanie temperatur w różnych skalach

Zjawisko	<u>Kelwin</u>	<u>Celsjusz</u>	<u>Fahrenheit</u>	<u>Rankine</u>	<u>Delisle</u>	<u>Newton</u>	<u>Réaumur</u>	<u>Rømer</u>
Zero absolutne	0	-273.15	-459.67	0	559.725	-90.142	-218.52	-135.90
Zero <u>Fahrenheita</u>	255.37	-17.78	0	459.67	176.67	-5.87	-14.22	-1.83
Zamarzanie wody	273.15	0	32	491.67	150	0	0	7.5
Średnia temperatura ciała człowieka	310.0	36.8	98.2	557.9	94.5	12.21	29.6	26.925
Wrzenie wody	373.15	100	212	671.67	0	33	80	60
Topnienie tytanu	1941	1668	3034	3494	-2352	550	1334	883
Temperatura efektywna powierzchni Słońca	5800	5526	9980	10440	-8140	1823	4421	2909

Pomiar temperatury

Jest realizowany na wiele sposobów. W zależności od interakcji pomiędzy badanym obiektem pomiarowym a czujnikiem pomiarowym wyróżnić można:

- pomiar dotykowy
- pomiar bezdotykowy

W zależności od wykorzystanych do pomiaru własności fizycznych czujnika pomiarowego wyróżnić można pomiar z wykorzystaniem zjawiska:

- odkształcenia bimetalu,
- wytwarzania napięcia elektrycznego na styku dwóch metali (termopara),
- zmiany rezystancji elementu (termistor),
- zmiany parametrów złącza półprzewodnikowego (termometr diodowy)
- zmiany objętości cieczy, gazu, lub długości ciała stałego (termometr, termometr cieczowy),
- zmiana barwy - barwa żaru, barwa nalotowa stali, farba zmieniająca kolor pod wpływem temperatury,
- stożki Segera.

Układ DS1820

DS1820

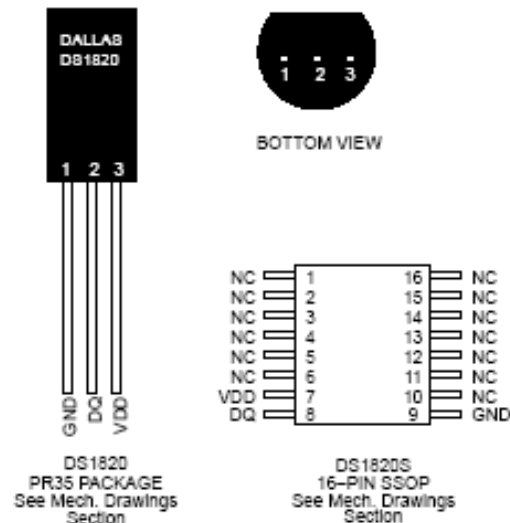
DALLAS
SEMICONDUCTOR

DS1820 1-Wire™ Digital Thermometer

FEATURES

- Unique 1-Wire™ interface requires only one port pin for communication
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line
- Zero standby power required
- Measures temperatures from -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ in 0.5°C increments. Fahrenheit equivalent is -67°F to $+257^{\circ}\text{F}$ in 0.9°F increments
- Temperature is read as a 9-bit digital value.
- Converts temperature to digital word in 200 ms (typ.)
- User-definable, nonvolatile temperature alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

PIN ASSIGNMENT



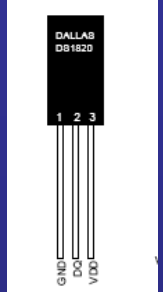
PIN DESCRIPTION

GND	- Ground
DQ	- Data In/Out
V _{DD}	- Optional V _{DD}
NC	- No Connect

Magistrala 1-Wire

Magistrala 1-wire została zaprojektowana przez firmę DALLAS Semiconductor (teraz Maxim) jest ona przeznaczona do przesyłania informacji pomiędzy układem *Master* (mikrokontroler) i układami *Slave* za pomocą magistrali jednoprzewodowej (jeden przewód, nie należy pomijać linii masy).

Magistrala 1-Wire korzysta z transmisji szeregowej, magistrala może być zaimplementowana na dwa sposoby:



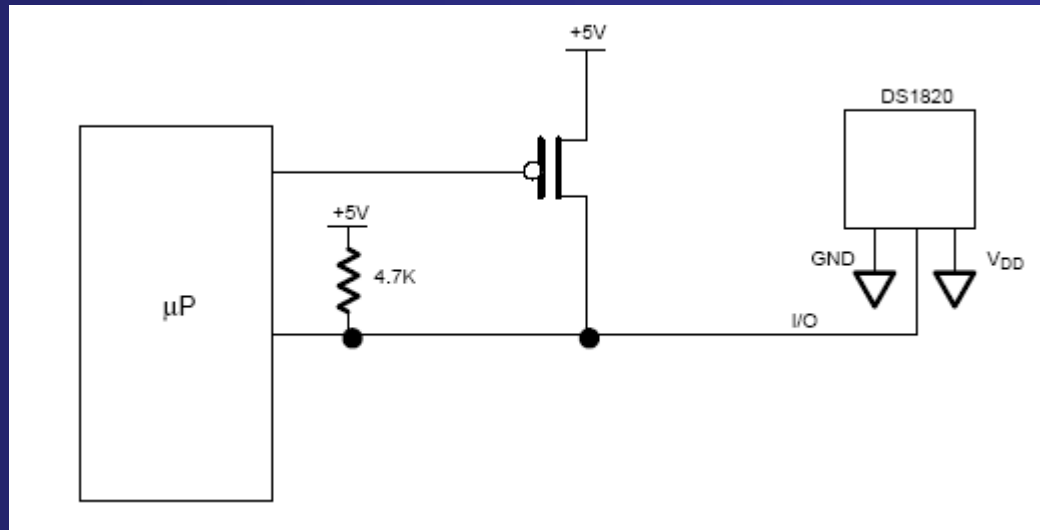
1. Stosując dwa przewody – wtedy używane są tylko linia DQ oraz masa. Zasilanie elementu jest dostarczane przez linię DQ. Gdy magistrala jest wolna na linii panuje +5V, co powoduje ładowanie wewnętrznego kondensatora. Zgromadzone napięcie jest wtedy wykorzystywane przez element podczas komunikacji. Takie rozwiązanie nazywane jest właśnie 1-Wire.
2. Stosując 3 przewody – Vdd jest podłączone do zasilanie +5V. Reszta linii jest połączona jak przy komunikacji 1 przewodowej. To rozwiązanie zwane jest 2-Wire.

Linia masy nie jest zaliczana jako element magistrali przez Dallas-a.

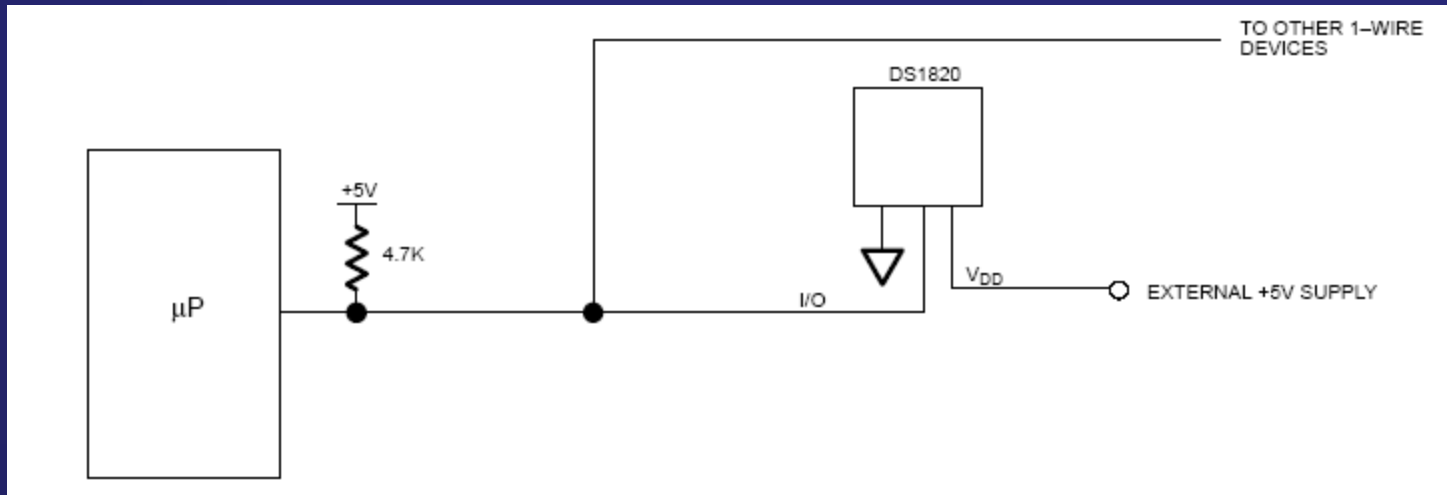
Magistrala 1-Wire

Każde z urządzeń dołączonych do magistrali musi mieć wyjście typu otwarty dren, a linia sygnałowa jest połączona z plusem zasilania przez rezystor 2...5 kom.

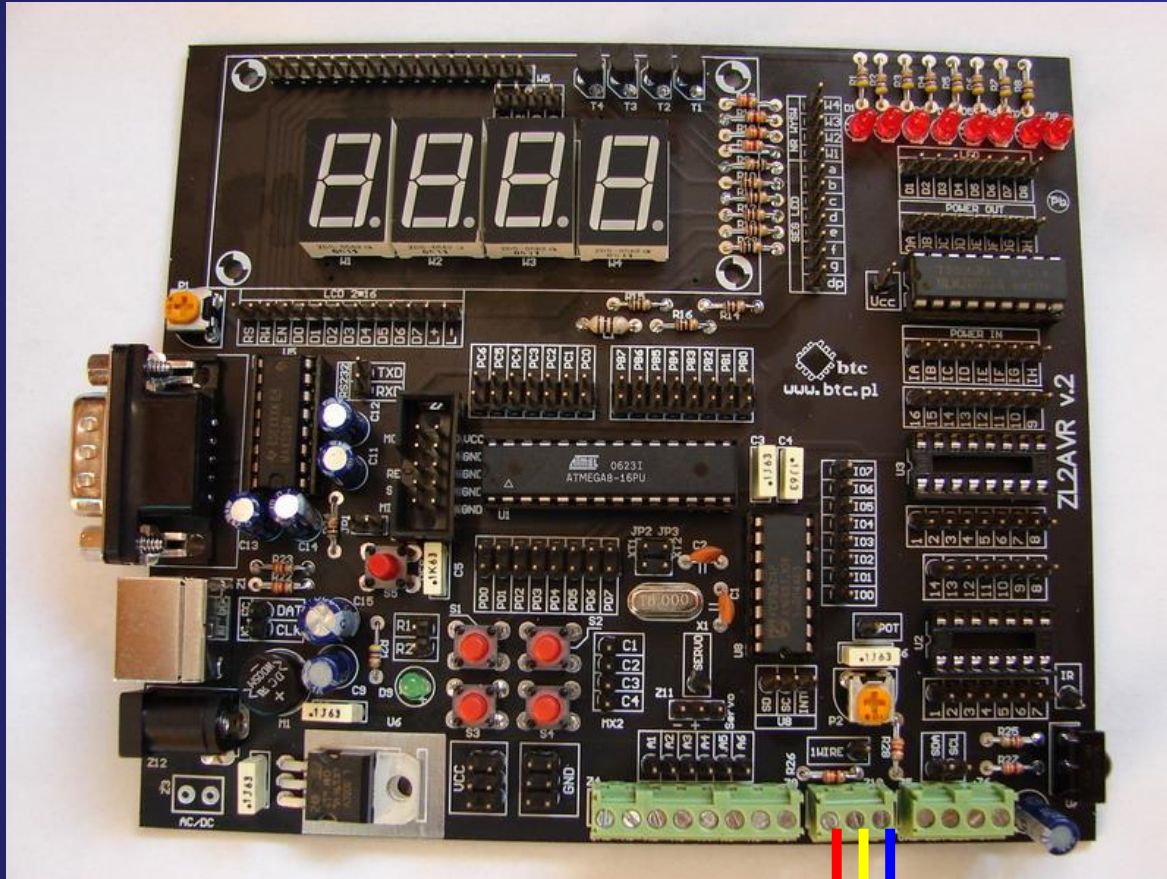
1-Wire



2-Wire



Dołączenie do płytki ZL2AVR czujnika DS1820



2-Wire

+5V

GND

DQ

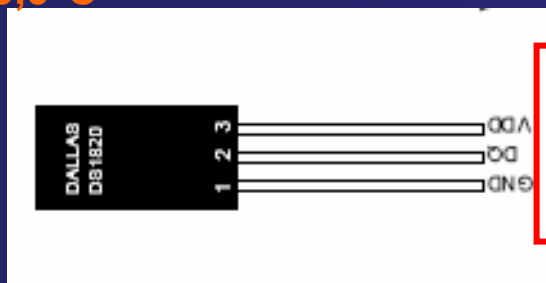
Czynności jakie należy wykonać podczas komunikacji z układem DS1820 do odczytania temperatury:

1. Zerowanie (sygnał reset) magistrali 1- Wire
2. Wpisanie numeru ID czujnika
3. Wysłanie komendy pomiaru temperatury
4. Opóźnienie około 750ms maksymalny czas konwersji wyniku pomiaru temperatury do postaci cyfrowej
5. Ponowne zerowanie (sygnał reset) magistrali 1- Wire
6. Wpisanie numeru ID czujnika
7. Wywołanie komendy odczytania temperatury
8. Odczytanie temperatury
9. Zerowanie magistrali 1 - Wire

Układ DS1820

Konwersja wartości mierzonej temperatury na wartości binarne

+125,0°C



Conversion
Analog to Digital

MSB	LSB
00000000	11111010
0	250
Temperatura(2)	Temperatura(1)

Układ DS1820 Konwersja wartości mierzonej temperatury w °C na wartości zapisane w bitach i dziesiętnie

TEMPERATURA	WARTOŚĆ CYFROWA (binarnie)		WARTOŚĆ CYFROWA (LSB dziesiętnie)
	MSB	LSB	
+125,0°C	00000000	11111010	250
+25,0°C	00000000	00110010	50
+ ½ °C	00000000	00000001	1
+0,0°C	00000000	00000000	0
- ½ °C	11111111	11111111	255
-25,0°C	11111111	11001110	206
-55,0°C	11111111	10010010	146

Przykład przeliczania zawartości rejestrów MSB, LSB przechowujących wartości bitowe na wartość temperatury

MSB	LSB									
bit0		bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0	dec
0		0	0	1	1	0	0	1	1	51

Znak +

Bity b7-1 przechowują
wartość temperatury w
stopniach

Ustawienie b0 w bajcie LSB
oznacza 0,5°C

+ 25,5°C

Przykład przeliczania zawartości rejestrów MSB, LSB przechowujących wartości bitowe na wartość temperatury

MSB	LSB									
bit0		bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0	dec
0		0	0	1	1	0	0	1	1	= 51

Znak +

Bity b7-0 przeliczamy na
wartość dziesiętną
 $51/2=25,5$

+ 25,5°C

Przykład przeliczania zawartości rejestrów MSB, LSB przechowujących wartości bitowe na wartość temperatury

MSB	LSB									
bit0		bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0	dec
1		1	1	0	0	1	1	1	0	= 206

Znak -

Liczby ujemne, zapisywane są w postaci uzupełnienia do dwóch, kod U2

Bity **b7-0** przeliczamy na wartość dziesiętną

$$(256-206)/2= 25$$

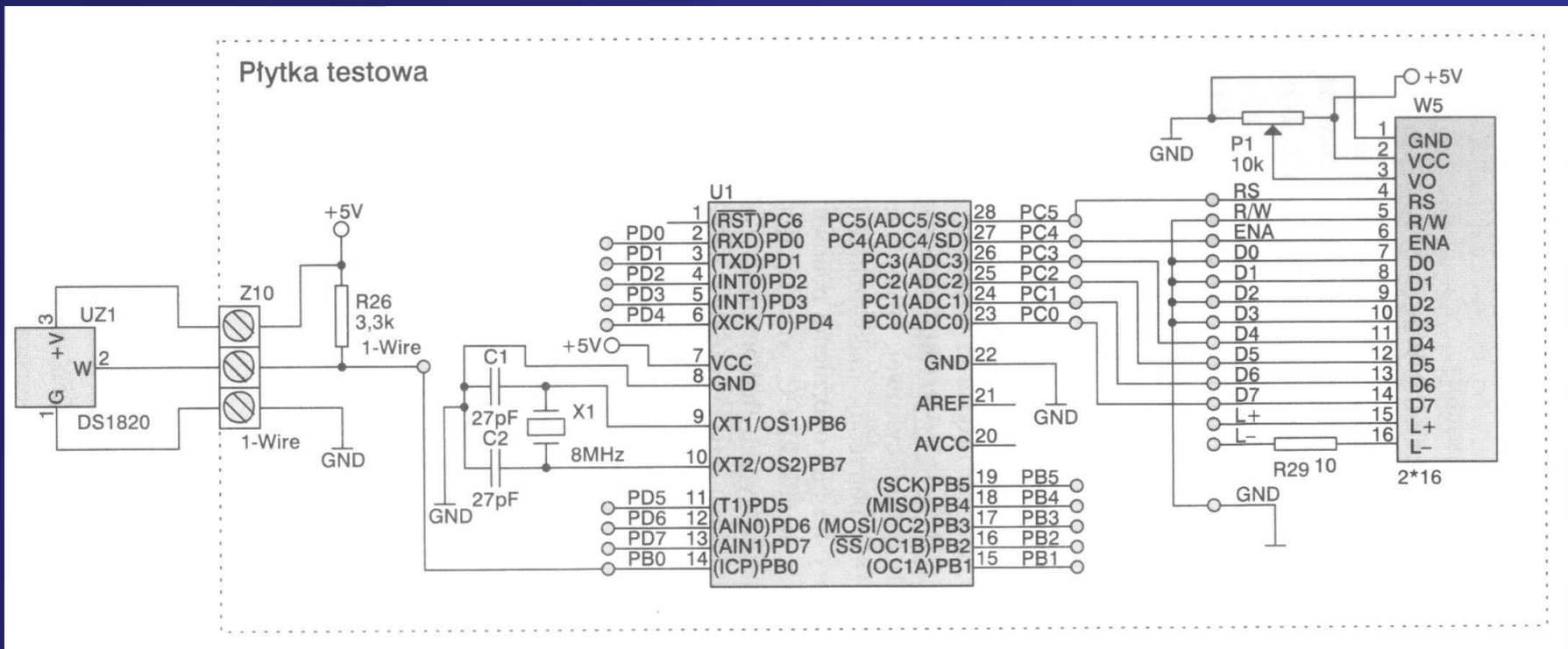
-25°C

Program 18

Przykład pomiaru temperatury używając układu DS1820 sterowanego magistralą 1-Wire

Program 18

Schemat dołączenia do mikrokontrolera jednego czujnika DS1820



Program 18

MSB	LSB
00000000	11111010
0	250
Temperatura(2)	Temperatura(1)

```
Sub
Label

$regfile = "m8def.dat"
$crystal = 8000000

Config Lcd = 16 * 2
Config 1wire = Portb.0

Declare Sub Odcz temp
Dim Temperatura(2) As Byte

Deflcdchar 0 , 7 , 5 , 7 , 32 , 32 , 32 , 32 , 32

Do
  Call Odcz temp
  Cls
  If Temperatura(2) = 0 Then
    Lcd "Temp: " ; Temperatura(1) ; Chr(0) ; "C"
  Else
    Lcd "Temp: -" ; Temperatura(1) ; Chr(0) ; "C"
  End If
Loop
End
```

konfiguracja linii magistrali 1-Wire

procedura odczytu temperatury z układu DS1820

tablica dwóch zmiennych typu Byte do pamiętania wartości temperatury

definicja znaku stopnia

wywołanie procedury pomiaru temperatury

jeśli wartość Temperatura(2)=0, to temperatura dodatnia

w przeciwnym razie wyświetla temperatury ujemne

Program 18

```
Sub
Label

Sub Odcz_temp
  lwreset
  lwwrite &HCC
  lwwrite &H44
  Waitms 750
  lwreset
  lwwrite &HCC
  lwwrite &HBE
  Temperatura(1) = lwread(2)
  lwreset
  If Err = 1 Then
    Cls
    Lcd "Brak ukladu"
    Do
    Loop
  End If
  If Temperatura(2) > 0 Then
    Temperatura(1) = 256 - Temperatura(1)
  End If
  Temperatura(1) = Temperatura(1) / 2
End Sub
```

procedura pomiaru temperatury

reset magistrali 1-Wire

opuszczenie zapisu numeru ID, &hcc=204

start pomiaru temperatury

opóźnienie na czas pomiaru

reset magistrali 1-Wire

opuszczenie zapisu numeru ID

komenda odczytu zmierzonej temperatury

odczyt zmierzonej temperatury do tablicy
Temperatura

reset magistrali 1-Wire

jeśli układ dołączony do magistrali nie
odpowiada, to

jeśli zmienna Temperatura(2) > 0, to temperatura
jest ujemna, jeśli Temperatura(2)=0, to
temperatura jest dodatnia

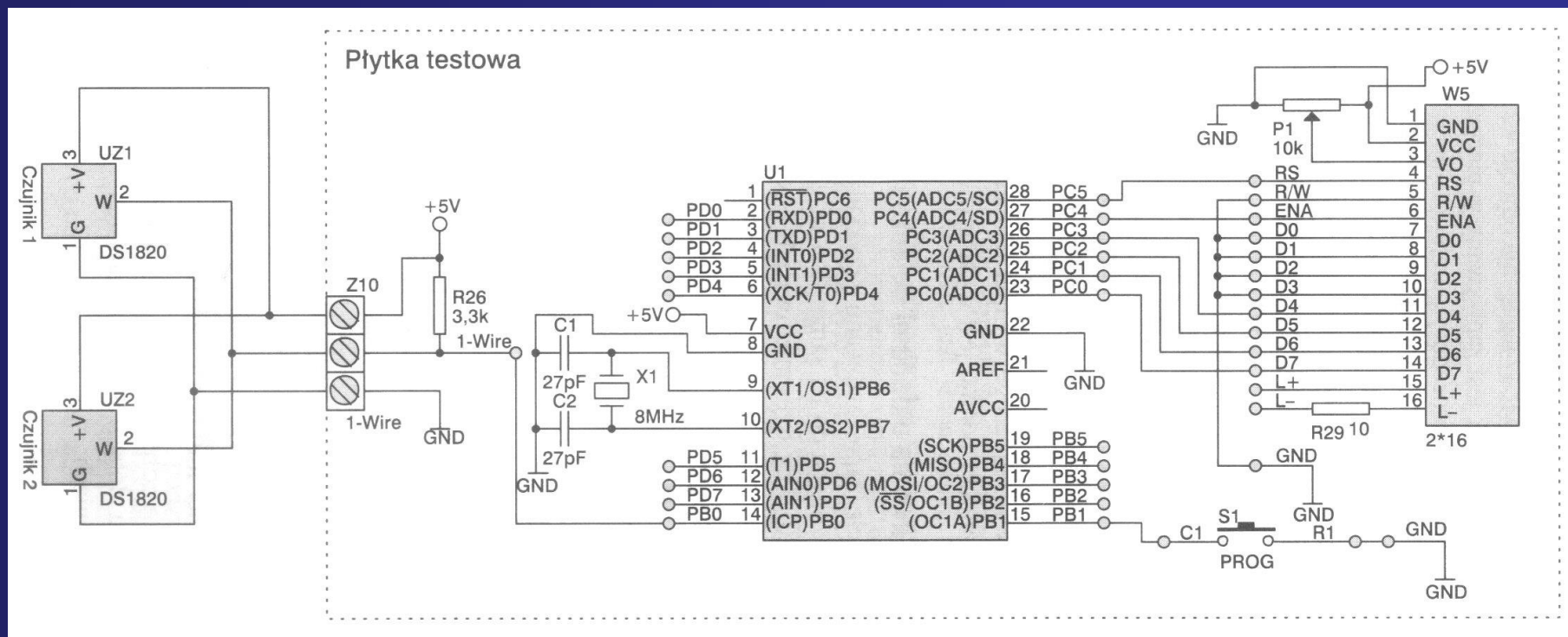
przeliczenie temperatury

Program 19

**Sterowanie dwoma układami DS1820
dołączonymi do magistrali 1-Wire**

Program 19

Schemat dołączenia do mikrokontrolera dwóch czujników DS1820 za pomocą wspólnej magistrali 1-Wire



Sterowanie dwoma układami DS1820 dołączonymi do magistrali 1-Wire

Aby była możliwa obsługa kilku układów dołączonych do tej samej linii magistrali 1-Wire, należy wcześniej odczytać ich numer ID.

Jest to 8-bajtowy (64 bitowy) unikatowy numer układu. Po odczytaniu tego numeru i zapisaniu go w wewnętrznej pamięci EEPROM jest możliwa identyfikacja układu dołączonego do magistrali 1-Wire i wybranie go za pomocą tego numeru i odczytanie temperatury.

Unikalny 64-bitowy kod

Każdy układ DS1820 jest indywidualny. Policzmy ile ich może być:

$$2^{64} = 18\ 446\ 744\ 073\ 709\ 551\ 616$$

Istnieje aż 2^{64} (2 do potęgi 64) unikalnych adresów elementów.



10101011 10101101 10100010 00000000 11100101 11000010 00100111 00011010

Liczba ludności 7 095 217 980

Trylion - liczba o wartości: 1 000 000 000 000 000 000 = 10^{18} .

W krajach stosujących krótką skalę (głównie kraje anglojęzyczne) trylion oznacza liczbę 10^{12} , czyli bilion

Zapis 64-bitowego numeru do pamięci EEPROM (512 bajtów dla ATmega 8)

10101011 10101101 10100010 00000000 11100101 11000010 00100111 00011010

8 bajt 7 bajt 6 bajt 5 bajt 4 bajt 3 bajt 2 bajt 1 bajt

64-bitowy numer rozdzielony na 8 bajtów możemy umieścić w 8-elementowej tablicy

171	173	162	0	229	194	39	26
AE	AD	A2	0	E5	C2	27	1A

bajt
war. 0..255

	FlashROM		EEPROM		Lock and Fuse Bits											
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
000	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF
010	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF
020	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF
030	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF
040	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF
050	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF

Ponieważ do pojedynczej komórki pamięci EEPROM można zapisać jeden bajt należy: słowo 64-bitowe rozdzielić na 8 bajtów
A następnie 8 bajtów zapisać w ośmiu komórkach pamięci

Program 19

Sterowanie dwoma układami DS1820 dotłączonymi do magistrali 1-Wire

```
D:\Mikroprocesory\Bascom Colege\basAVR_listingi\Dziala_zajecia\8_...
Sub
Label

$regfile = "m8def.dat"
$crystal = 8000000

Config Pinb.1 = Input
Config Lcd = 16 * 2
Config 1wire = Portb.0

Declare Sub Odcz_temp(czujnik As Byte)
Declare Sub Zapisz_id

Dim Temperatura(2) As Byte
Dim Id(8) As Byte
Dim I As Byte
Dim J As Byte
Dim K As Byte
Dim Liczba_ukl As Byte

S1 Alias Pinb.1
Deflcdchar 0, 7, 5, 7, 32, 32, 32, 32, 32

Set Portb.1
Cls
```

konfiguracja linii magistrali 1-Wire
procedura odczytu temperatury z układu DS1820 z parametrem, który wskazuje numer czujnika temperatury

procedura zapisu numeru ID do układu DS1820

deklaracja zmiennych

definicja znaku stopnia

dołączenie do linii PB1 rezystora podciągającego

Program 19

kursor na początek pierwszej linii

pętla wykonywana od K = 1 do liczby układów dołączonych do 1-Wire

wywołanie procedury pomiaru temperatury z parametrem K

jeśli wartość Temperatura(2)= 0 to temperatura dodatnia wyświetlenie temperatury dodatniej

```
Sub  
Do  
  Home  
  For K = 1 To Liczba ukl  
    Call Odcz temp(k)  
    If Temperatura(2) = 0 Then  
      Lcd "Temp" ; K ; " : " ; Temperatura(1) ; Chr(0) ; "C"  
    Else  
      Lcd "Temp" ; K ; " : -" ; Temperatura(1) ; Chr(0) ; "C"  
    End If  
    Lowerline  
  Next K  
Loop  
End
```

kursor w drugiej linii LCD
zwiększenie o 1 wartości K

Program 19

```
D:\Mikroprocesory\Bascom Colege\basAVR_listingi\Dzial...
Sub
Label
Sub Odcz_temp(czujnik As Byte)
  If Czujnik = 1 Then
    For I = 1 To 8
      Readeeprom Id(i) . I
    Next I
  End If
  If Czujnik = 2 Then
    J = 0
    For I = 9 To 16
      Incr J
      Readeeprom Id(j) . I
    Next I
  End If

  1wreset
  Call Zapisz_id
  1wwrite &H44
  Waitms 750
  1wreset
  Call Zapisz_id
  1wwrite &HBE
  Temperatura(1) = 1wread(2)
  1wreset
  If Err = 1 Then
    Cls
    Lcd "Brak ukkladu"

  Do
  Loop
  End If
  If Temperatura(2) > 0 Then
    Temperatura(1) = 256 - Temperatura(1)
  End If
  Temperatura(1) = Temperatura(1) / 2
End Sub
```

procedura pomiaru temperatury - parametr Czujnik określa numer czujnika

jeśli Czujnik = 1 to odczytywany jest z pamięci EEPROM numer ID czujnika 1

reset magistrali 1-Wire

wybranie czujnika poprzez zapis do niego numeru ID aktualnie obsługiwanego układu DS1820

start pomiaru przez układ DS1820

opóźnienie na czas pomiaru

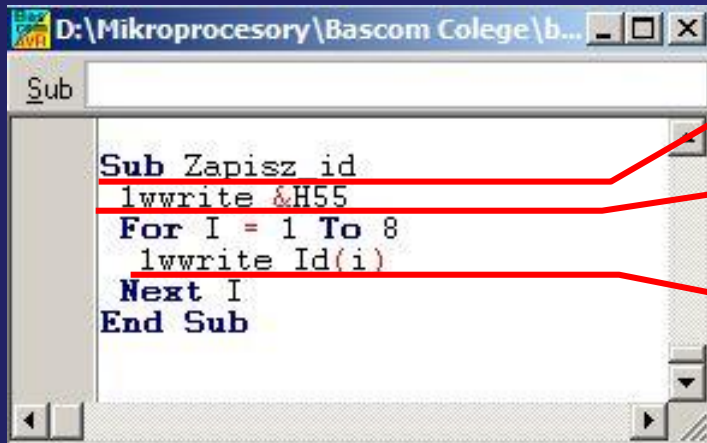
komenda odczytu z układu DS1820 zmierzonej temperatury, poprzedzona komendą reset i zapisem numeru ID (wybranie układu)

odczyt zmierzonej temperatury do tablicy Temperatura

jeśli brak układu DS1820 dołączonego do 1-Wire, to wyświetlenie komunikatu o braku układu

przeliczanie temperatury ujemnej i dodatniej

Program 19



```
Sub  
  
Sub Zapisz id  
  lwwrite &H55  
  For I = 1 To 8  
    lwwrite Id(i)  
  Next I  
End Sub
```

definicja procedury zapisu numeru ID do układów DS1820

wysłanie komendy zapisu numeru ID do układów

wysłanie do czujników numeru ID z tablicy Id

Zadanie specjalne !!!

Każdy czujnik temperatury DS1820 posiada swój 64 bitowy unikatowy numer.

Napisać program odczytujący ten numer.

Zadanie specjalne !!!

Na podstawie znajomości obsługi klawiatury oraz sterowania wyświetlaczem LCD oraz odmierzaniu czasu, napisać program zegara + pomiar temperatury

