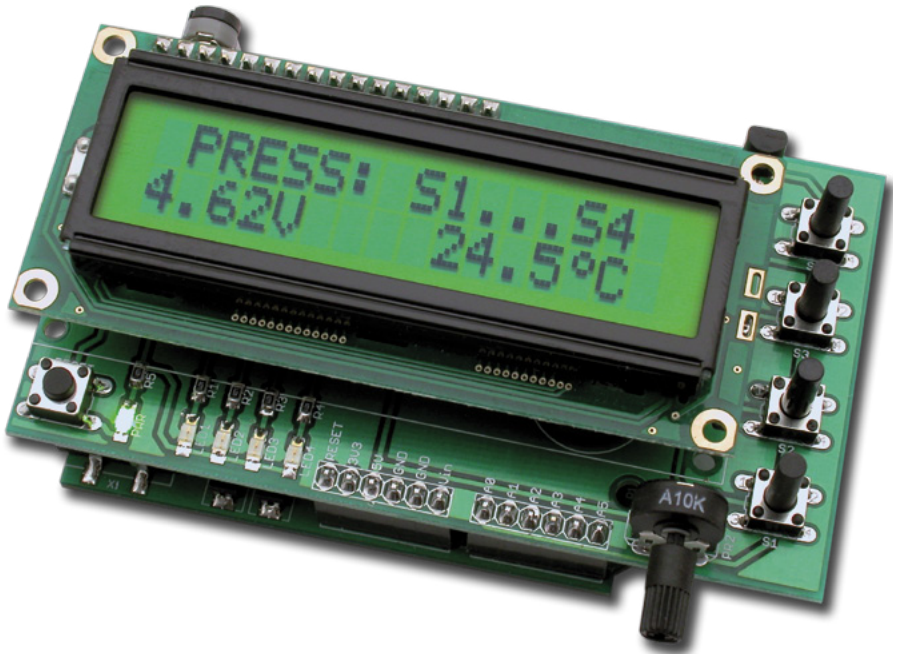
Kurs programowania Arduino (6)

Obsługa wyświetlacza LCD, cyfrowych linii I/O i przetwornika A/C

W tej części kursu zostaną opisane praktyczne przykłady użycia oprogramowania Arduino. Zaznajomienie się z nimi ułatwi tworzenie programu a dodatkowo, gotowe przykłady można po niewielkich modyfikacjach zastosować we własnych projektach. Przykłady zostały przygotowane dla zestawu Arduino UNO oraz współpracujących z nim modułów AVTDuino LCD i AVTDuino LED.



Obsługa interfejsu RS232

Arduino UNO nie ma wyświetlacza. Najprościej do komunikacji z użytkownikiem użyć interfejsu komunikacyjnego RS232 i programu terminala, w który wyposażono Arduino IDE. Komunikacja za pomocą interfejsu szeregowego przebiega z zastosowaniem konwertera USB-RS232 i linii TXD/RXD mikrokontrolera. Do komunikacji za pośrednictwem sprzętowego interfejsu RS232 są dostępne następujące funkcje:

- *begin()* – ustalenie prędkość transmisji,
- *end()* – wyłączenie transmisji szeregowej,
- *available()* – pobranie liczby otrzymanych bajtów,
- *read()* – odbiór ramki danych,
- *peek()* – odczyt kolejnego znaku z bufora,
- *flush()* – opróżnienie bufora odbiornika,
- *print()* – wysłanie znaku,
- *println()* – wysyłanie ciągu znaków z kodami końca i nowej linii,
- *write()* – wysłanie bajtu.

Zazwyczaj często używa się funkcji *print()* lub *println()* umożliwiających przesłanie ciągu znaków. Kilka przykładów zamieszczono niżej:

```
Serial.print(78, BYTE) da "N"
Serial.print(78, BIN) da "1001110"
Serial.print(78, OCT) da "116"
Serial.print(78, DEC) da "78"
Serial.print(78, HEX) da "4E"
Serial.println(1.23456, 0) da "1"
Serial.println(1.23456, 2) da "1.23"
```

Opcjonalny drugi parametr tej funkcji wskazuje na typ danych. Na **listingu 1** pokazano przykładowy program obsługujący komunikację za pomocą interfejsu szeregowego. Program wysyła tablice znaków ASCII. Ma również możliwość odebrania kodu znaku którego następnie odsyła w formie dziesiętnej i szesnastkowej.

W pierwszej kolejności w programie za pomocą funkcji *Serial.begin(9600)* konfigurowana jest prędkość transmisji na 9600 bodów. Funkcja *Serial.println* drukuje nagłówek tablicy ASCII. Następnie zmienna *bajt* o początkowej wartości 33 wskazuje początek kodów ASCII. Następnie w programie wykonywane są instrukcje w pętli *while-(bajt<127)*, która jest wykonywana aż wartość bajt jest mniejsza od 127. W pętli wykonywane są instrukcje drukujące kody tablicy ASCII w formacie tekstowej, dziesiętnej oraz szesnastkowej. Po każdym wykonaniu instrukcji wysyłających dane wykonywana jest instrukcja *bajt++* zwiększająca o 1 wartość zmiennej *bajt*. Po wysłaniu tablicy wykonywane są instrukcje w nieskończonej pętli *while(1)*. W warunku *if (Serial.available() > 0)* za pomocą funkcji *available()* sprawdzane jest czy został otrzymany jakikolwiek znak. Wtedy funkcja zwraca wartość większą od 0. Jeśli tak jest wykonywana jest instrukcja *bajt = Serial.read()* odbierająca otrzymaną wartość i zapisuje ja do zmiennej *bajt*. W kolejnych instrukcjach wysyłana jest otrzymana wartość w *bajt* w formie dziesiętnej oraz szesnastkowej. Na **rysunku 1** pokazano działanie programu obsługującego komunikację szeregową z użyciem interfejsu RS232.

Dodatkowe materiały na CD/FTP:
ftp://ep.com.pl, user: 15352, pass: 760hp6s5
- poprzednie części kursu

Obsługa wyświetlacza LCD

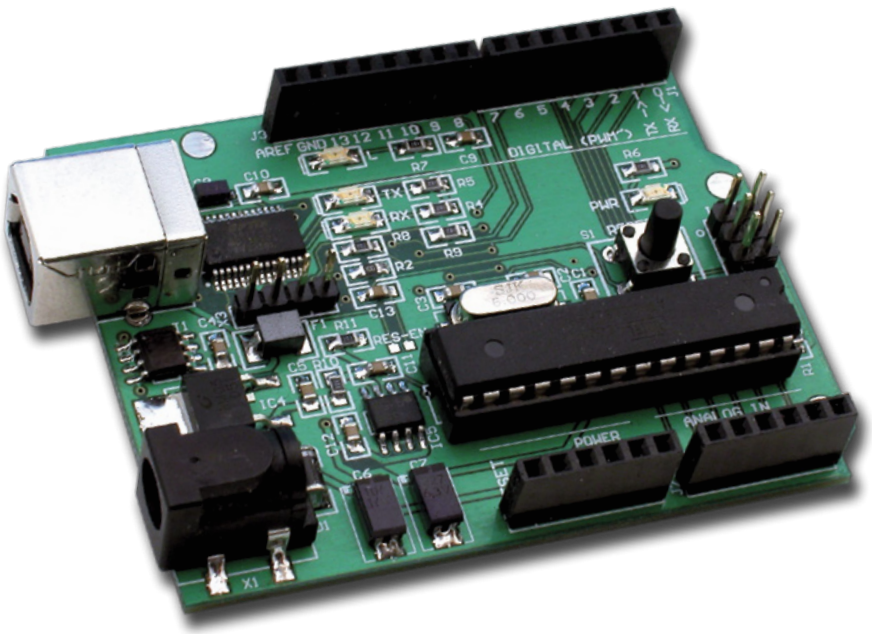
Każdy system musi wskazywać użytkownikowi swoje działanie i rezultaty obliczeń.

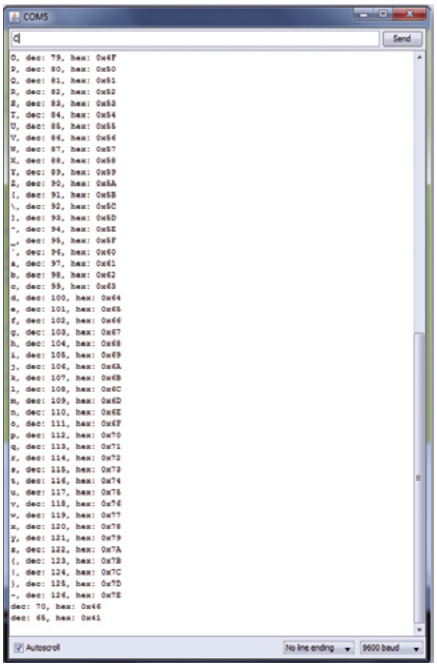
Listing 1. Przykładowy program obsługujący komunikację za pomocą interfejsu szeregowego

```
void setup() //procedura konfigurująca
{
  Serial.begin(9600);   //konfigurowanie prędkości transmisji
  Serial.println("Tablica kodow ASCII"); //wysłanie tekstu
}

int bajt = 33;  //zmienna kodów ASCII z wartością początkową tablicy 33
void loop()  //procedura programu głównego
{
  while(bajt<127)  //pętla wykonywana aż bajt mniejszy od 127
  {
    Serial.print(bajt, BYTE);  //wysłanie znaku z wartością BYTE
    Serial.print(", dec: ");   //wysłanie opisu wartości DEC
    Serial.print(bajt);  //wysłanie znaku
    Serial.print(", hex: 0x");  //wysłanie opisu HEX
    Serial.println(bajt, HEX);  //wysłanie wartości w formie HEX
    bajt++;  //zwiększenie o 1 wartości zmiennej bajt
  }
  while(1)  //początek nieskończonej pętli
  {
    if (Serial.available() > 0) {   //jeśli odebrano bajt danych z interfejsu
RS232 to
      bajt = Serial.read();  //odczyt odebranego znaku do zmiennej bajt
      Serial.print("dec: ");  //wysłanie opisu
      Serial.print(bajt);   //wysłanie odebranego znaku
      Serial.print(", hex: 0x");  //wysłanie opisu HEX
      Serial.println(bajt, HEX); //wysłanie odebranego znaku w formie HEX
    }
  }
}
```

Listing 2. Przykładowy program obsługujący wyświetlacz LCD

```
#include <LiquidCrystal.h>  //biblioteka obsługi LCD
LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);  //konfigurowanie linii do których
dołączono LCD
int wart_temp=24;  //przykładowa zmienna z zapisaną wartością temperatury
byte st[8] = {     //tablica znaku stopnia dla wyświetlacza LCD
  B00100,
  B01010,
  B00100,
  B00000,
  B00000,
  B00000,
  B00000,
};

void setup() {      //funkcja inicjalizacji
  lcd.begin(16, 2); //konfiguracja rozdzielczości wyświetlacza LCD
  lcd.createChar(0, st);  //funkcja utworzenia własnego znaku z tablicy st
o kodzie 0
}
void loop() {             //pętla główna programu
 lcd.clear();             //czyszczenie LCD
 lcd.setCursor(2, 0);     //ustawienie kursora w 2 kolumnie pierwszego wiersza
 lcd.print("Arduino w EP");  //wyświetlenie napisu
 lcd.setCursor(0, 1);     // 1 kolumna, 2 wiersz
 lcd.print("Temp: ");     //wyświetlenie na LCD napisu Temp:
 lcd.print(wart_temp);    //wyświetlenie zmiennej wart_temp
 lcd.write(0);            //wyświetlenie znaku stopnia
 lcd.print("C");          //wyświetlenie znaku C
 lcd.setCursor(12, 1);    //12 kolumna, 2wiersz
 lcd.cursor();            //włączenie kursora
 lcd.blink();             //włączenie migającego kursora
 while(1);                //pętla nieskończona
}                         //koniec pętli głównej
```





Rysunek 1. Ekran programu terminala z danymi przesłanymi za pomocą RS232

Bardzo często do tego celu są wykorzystywane wyświetlacze. Dlatego też zostanie pokazana obsługa wyświetlacza LCD w Arduino z wykorzystaniem modułu AVTDuino LCD. Moduł ten wyposażono w wyświetlacz, kilka przycisków oraz diody LED.

Do obsługi wyświetlaczy z kontrolerem HD44780 w Arduino IDE jest przeznaczona biblioteka *LiquidCrystal (LCD)* która działa ze sterowaniem LCD 4-bitowym lub 8-bitowym. Ma ona następujące funkcje:

- *LiquidCrystal()* – definiuje piny do których został dołączony LCD,
- *begin()* – definiuje rozdzielczość zastosowanego LCD,
- *clear()* – czyści ekran LCD,
- *home()* – ustawia kursor na początku ekranu LCD,
- *setCursor()* – ustawia kursor w zadanym miejscu LCD,
- *write()* – zapisuje znak do LCD,
- *print()* – zapisuje znak lub znaki do LCD,
- *cursor()* – włącza kursor,
- *noCursor()* – wyłącza kursor,
- *blink()* – włącza migający kursor,
- *noBlink()* – wyłącza migający kursor,
- *display()* – włącza ekran LCD,
- *noDisplay()* – wyłącza ekran LCD,
- *scrollDisplayLeft()* – przesuwa zawartość LCD w lewo,
- *scrollDisplayRight()* – przesuwa zawartość LCD w prawo,
- *autoscroll()* – automatyczne przesuwanie zawartości na LCD,
- *noAutoscroll()* – wyłączenie automatycznego przesuwania zawartości na LCD,
- *leftToRight()* – ustawia kierunek zapisu tekstu od prawej do lewej,
- *rightToLeft()* – ustawia kierunek zapisu tekstu od lewej do prawej,

- *createChar()* – umożliwia definicje własnego znaku.

Przykładowy program obsługujący wyświetlacz LCD pokazany został na **listingu 2**. Wyświetla on na wyświetlaczu kilka przykładowych komunikatów wraz z przykładem wyświetlenia własnego zdefiniowanego znaku.

W pierwszej kolejności w programie wykonywana jest instrukcja *#include <LiquidCrystal.h>* dołączająca do programu bibliotekę obsługującą LCD. Za pomocą funkcji *LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7)* są konfigurowane linie, do których dołączono wyświetlacz. Zmienna *wart_temp* o wartości domyślnej „24" zawiera liczbę, która będzie interpretowana jako temperatura 24°C. W tablicy *byte st[8]* zdefiniowano znak stopnia. Tablica ta odzwierciedla wygląd znaku, gdzie bit ustawiony oznacza piksel włączony, a wyzerowany – wyłączony. W funkcji konfiguracyjnej jest wywoływana procedura *lcd.begin(16, 2)* określająca typ wyświetlacza. Wyświetlacz został skonfigurowany jako 2 wiersze po 16 znaków. Funkcja *lcd.createChar(0, st)* przesyła do wyświetlacza definicję znaku zapisanego w tablicy *st* o kodzie 0 (znak stopnia).

Umieszczona na początku programu głównego instrukcja *lcd.clear()* czyści ekran LCD. Następnie, funkcja *lcd.setCursor(2, 0)* ustawia jest kursor w pierwszej linii i trzeciej kolumnie. Dalej, za pomocą funkcji *lcd.print()* jest wyświetlany jest w pierwszej linii LCD przykładowy tekst. Następnie kursor zostaje ustawiony w drugiej linii LCD i jest wyświetlany komunikat *Temp:* oraz wartość zmiennej *wart_temp*. Funkcja *lcd.write(0)* wyświetla wcześniej zdefiniowany znak stopnia o kodzie *0*. Na końcu programu zostaje wyświetlony kursor, a za pomocą komendy *lcd.blink()* jest włączane jego migotanie.

Obsługa cyfrowych linii I/O

Obsługa linii cyfrowych mikrokontrolera w głównej mierze polega na konfiguracji ich czy mają pracować jako wyjścia lub wejścia z rezystorem podciągającym. Do konfiguracji kierunku pracy linii cyfrowej służy komenda *pinMode()*, do zapisu stanu linii *digitalWrite()* a odczytu *digitalRead()*. Na **listingu 3** pokazano przykład programu który obsługuje wyjścia do których dołączono diody LED, generator PIEZO oraz 4 przyciski które są dostępne w module AVTDuino LCD. Przycisk S1 powoduje zapalenie LED1, przycisk S2 miganie LED2. Po naciśnięciu przycisku S3 generowany jest kod Morse'A SOS a naciśnięcie S4 generuje efekt świetlny biegnącego światła.

Za pomocą komendy *const* przypisano nazwy wyprowadzeniom I/O, do których dołączono diody, przyciski oraz brzęczyk. Linie, do których dołączono diody oraz brzęczyk są skonfigurowane jako wyjściowe, a linie do

Listing 3. Przykładowy program do obsługi linii I/O

```
const int Led1 =  13;    //definiowanie aliasów
const int Led2 =  12;
const int Led3 =  11;
const int Led4 =  10;
const int SW1 =  3;
const int SW2 =  2;
const int SW3 =  1;
const int SW4 =  0;
const int Buzzer =  A5;

void setup() {            //funkcja inicjalizacji
  pinMode(Led1, OUTPUT);  //Konfiguracja linii do których są dołączone diody
jako wyjścia
  pinMode(Led2, OUTPUT);
  pinMode(Led3, OUTPUT);
  pinMode(Led4, OUTPUT);
  pinMode(Buzzer, OUTPUT);  //linia I/O sterująca brzęczyk
  pinMode(SW1, INPUT);      //linie wejściowe przycisków
  pinMode(SW2, INPUT);
  pinMode(SW3, INPUT);
  pinMode(SW4, INPUT);
  digitalWrite(SW1, HIGH);   //dołączenie rezystorów podciągających
  digitalWrite(SW2, HIGH);
  digitalWrite(SW3, HIGH);
  digitalWrite(SW4, HIGH);
  digitalWrite(Led1, HIGH);  // wyłączenie diód LED
  digitalWrite(Led2, HIGH);
  digitalWrite(Led3, HIGH);
  digitalWrite(Led4, HIGH);
  digitalWrite(Buzzer, HIGH);  // wyłączenie brzęczyka
}

void loop() {               //pętla główna
  if (digitalRead(SW1) == LOW) {  //Sprawdzenie czy naciśnięty S1
    digitalWrite(Led1, LOW);      //zaświecenie LED1
    while(digitalRead(SW1) == LOW);  //oczekiwanie na zwolnienie S1
  }
  else {                          //w przeciwnym razie
    digitalWrite(Led1, HIGH);     //wyłączenie diody LED1
  }

  if (digitalRead(SW2) == LOW) {  //Sprawdzenie czy naciśniety S2
    while(digitalRead(SW2) == LOW)  //jeśli wciśnięty
    {
      digitalWrite(Led2, LOW);    //włączenie LED2
      delay(200);      //opóźnienie 200 ms
      digitalWrite(Led2, HIGH);   //wyłączenie LED2
```

których dołączono przyciski – wejściowe. Dodatkowo, do linii wejściowych za pomocą komend *digitalWrite()* dołączono rezystory podciągające. Przyciśnięcie przycisku spowoduje wyzerowanie poziomu na wejściu.

W pętli głównej programu, instrukcja warunkowa *if (digitalRead(SW1) == LOW)* sprawdza czy naciśnięto przycisk S1. Jeśli tak, to przez wyzerowanie odpowiedniej linii zostaje zaświecona dioda LED1. W pętli *while(digitalRead(SW1) == LOW)* program czeka na zwolnienie przycisku S1. Po jego zwolnieniu, dioda LED1 zostaje zgaszona (instrukcje w klauzuli *else*). W kolejnym warunku jest rozpatrywany stan przycisku S2. Po jego wciśnięciu dioda LED2 migocze, za co odpowiada pętla *while(digitalRead(SW2) == LOW)*. Po wciśnięciu przycisku S3 jest generowany sygnał świetlny oraz dźwiękowy SOS. Instrukcje w pierwszej pętli *for* generują trzy kropki, w kolejnej trzy kreski, a w ostatniej ponownie trzy kropki. Generowanie sygnału SOS powtarza się co 2 sekundy (instrukcja *delay(2000)*). Po przyciśnięciu przycisku S4, za pomocą diod LED1…LED4, jest wyświetlany pewien efekt świetlny.

Obsługa linii analogowych

Mikrokontroler zestawu Arduino UNO ma wejścia analogowe oznaczone A0… A5. Wartości napięć doprowadzone do nich mogą być zmierzone przez przetwornik A/C. Na listingu 4 zamieszczono program mierzący i wyświetlający napięcie z potencjometru znajdującego się w module AVTDuino LCD i dołączonego do linii A0.

W pierwszej kolejności tworzone są zmienne, w których będzie zapamiętana wartość zmierzona i odczytana z przetwornika A/C oraz napięcie obliczone na jej podstawie. Z wykorzystaniem funkcji *analogReference(DEFAULT)* konfigurowane jest napięcie odniesienia dla przetwornika A/C. Wybrano wartość domyślną, to jest 5 V – napięcie zasilające. Tym samym zakres mierzonych napięć zostaje ustalony na 0…5 V. Komenda *analogRead(A0)* uruchamia pomiar napięcia na linii A0 i odczyt zmierzonej wartości z przetwornika A/C. Wartość ta jest zapamiętywana w zmiennej *wart_pot*. Na jej podstawie wylicza się wartość zmierzonego napięcia za pomocą wyrażenia *wart_nap=(5.0*wart_pot)/1024.0,* w którym wartość „5” to napięcie odniesienia dla A/C, natomiast „1024” to rozdzielczość przetwornika. Obliczona wartość napięcia jest zapamiętywana w zmiennej *wart_nap*. W kolejnych instrukcjach, wartości odczytana i obliczona są wyświetlane w drugiej linii wyświetlacza LCD. Każda zmiana położenia osi potencjometru będzie powodować zmianę napięcia mierzonego przez przetwornik A/C.

Marcin Wiązania, EP

Listing 3. c.d.

```
      delay(200);    //opoznienie 200 ms
    }
  }
  else {                          //w przeciwnym razie
    digitalWrite(Led2, HIGH);     //wyłączenie diody LED2
  }
  if (digitalRead(SW3) == LOW) {  //sprawdzenie czy naciśniety S3
    while(digitalRead(SW3) == LOW)  //jeśli wciśnięty
    {
      for (int i=0; i<3; i++) {   //pętla generująca trzy kropki
        digitalWrite(Led3, LOW);  //włączenie LED3
        digitalWrite(Buzzer, LOW);  //włączenie brzęczyka
        delay(150); // opoznienie 150 ms
        digitalWrite(Led3, HIGH);   // wyłączenie LED3
        digitalWrite(Buzzer, HIGH); //wyłączenie brzęczyka
        delay(100); // opóźnienie 100 ms
      }
       for (int i=0; i<3; i++) {    //pętla generująca trzy kreski
        digitalWrite(Led3, LOW);    //włączenie LED3
        digitalWrite(Buzzer, LOW);  //włączenie brzęczyka
        delay(400);                 //opóźnienie 400 ms
        digitalWrite(Led3, HIGH);   //wyłączenie LED3
        digitalWrite(Buzzer, HIGH); //wyłączenie brzęczyka
        delay(100); // opóźnienie 100 ms
      }
      for (int i=0; i<3; i++) {     //pętla generująca trzy kropki
        digitalWrite(Led3, LOW);    //włączenie LED3
        digitalWrite(Buzzer, LOW);  //włączenie brzęczyka
        delay(150); // opoznienie 150 ms
        digitalWrite(Led3, HIGH);   //wyłączenie LED3
        digitalWrite(Buzzer, HIGH); //wyłączenie brzęczyka
        delay(100);                 //opóźnienie 100 ms
      }
      delay(2000);                  //opóźnienie 2 sekundy
    }
  }
  else {                            //w przeciwnym razie
    digitalWrite(Led3, HIGH);       //wyłączenie diody LED3
    digitalWrite(Buzzer, HIGH);     //wyłączenie brzęczyka
  }
  if (digitalRead(SW4) == LOW) {    //sprawdzenie czy wciśniety S4
    while(digitalRead(SW4) == LOW)  //jeśli przyciśnięty
    {
      digitalWrite(Led1, LOW);      //włączenie LED1
      delay(100);                   //opóźnienie 100 ms
      digitalWrite(Led2, LOW);      //włączenie Led2
      delay(100);
      digitalWrite(Led3, LOW);      //włączenie LED3
      delay(100);
      digitalWrite(Led4, LOW);      //włączenie LED4
      delay(100);
      digitalWrite(Led1, HIGH);     //wyłączenie LED1
      delay(100);
      digitalWrite(Led2, HIGH);     //wyłączenie Led2
      delay(100);
      digitalWrite(Led3, HIGH);     //wyłączenie LED3
      delay(100);
      digitalWrite(Led4, HIGH);     //wyłączenie LED4
      delay(100);
    }
  }
  delay(300);
}  //koniec pętli głównej programu
```

Listing 4. Przykładowy program mierzący napięcie na wyjściu potencjometru

```
#include <LiquidCrystal.h>  //biblioteka obsługi LCD
LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);  //konfigurowanie LCD
int wart_pot;               //zmienna na wartość zmierzoną
float wart_nap;             //zmienna na wartość zmierzonego napięcia

void setup() {              //funkcja inicjalizacji
  lcd.begin(16, 2);         //liczba kolumn i liczba linii LCD
  analogReference(DEFAULT); //napięcie odniesienia dla przetwornika A/C
                            //(domyślnie 5V)
}
void loop() {               //pętla główna programu
  lcd.clear();              //czyszczenie LCD
  lcd.setCursor(3, 0);
  lcd.print("Analog I/O");  //wyświetlenie na LCD napisu Analog I/O
  wart_pot = analogRead(A0);  //pomiar napięcia
  wart_nap=(5.0*wart_pot)/1024.0;  //konwersja liczny na napięcie
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("U=");          //wyświetlenie napisu U=
  lcd.print(wart_nap);      //wyświetlenie napięcia z potencjometru
  lcd.print("V");           //wyświetlenie znaku V
  lcd.setCursor(8, 1);
  lcd.print("A/C=");        //wyświetlenie napisu A/C=
  lcd.print(wart_pot);      //wyświetlenie zmierzonej wartości przez A/C
  delay(300);               //opóźnienie 300ms
}                           //koniec pętli głównej programu
```