Αριστοτελειο Πανεπιστημιο Θεσσαλονικης
(Α.Π.Θ.)

ΗΥ0901 Μικροεπεξεργαστες και Περιφερειακα

Εργασία Arduino

Αντωνιάδης Δημήτριος (8462): akdimitri@auth.gr
Δημητριάδης Βασίλειος (AEM): dimvasdim@auth.gr

14 Μαΐου 2019

Περιεχόμενα

1 Εισαγωγή.

Το παρόν έγγραφο αποτελεί την αναφορά της εργασίας *Arduino* που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του μαθήματος *Μικροεπεξεργαστές και Περιφερειακά* του $8^{ου}$ εξαμήνου. Σκοπός της εργασίας ήταν η δημιουργία ενός έξυπνου θερμομέτρου-θερμοστάτη. Πιο συγκεκριμένα, με τη χρήση του μικροελεγκτή *Arduino* σε συνδυασμό με αισθητήρες θερμότητας και εγγύτητας έπρεπε να αναπτυχθεί ένα σύστημα το οποίο θα μετρούσε την θερμοκρασία του χώρου ανά τακτά χρονικά διαστήματα και θα την παρουσίαζε τοπικά μέσω μιας LCD οθόνης.

Παραπάνω έγινε μία σύντομη περιγραφή της εργασίας. Στην επόμενη ($2^{η}$) ενότητα παρουσιάζεται η λειτουργία του προγράμματος στον μικροελεγκτή *Arduino*. Εντός της δεύτερης ενότητας παρουσιάζονται ο τρόπος λειτουργίας του προγράμματος, τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν και η συνδεσμολογία τους. Ακόμη, στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για την εκτέλεση του προγράμματος και τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Στην τρίτη ($3^{η}$) ενότητα παρουσιάζεται η λειτουργία του προγράμματος στον μικροελεγκτή Wemos D1 R2. Ομοίως με τη δεύτερη ενότητα παρουσιάζονται οι αντίστοιχες πτυχές. Στην τέταρτη ($4^{η}$) ενότητα παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας αυτής και ο επίλογος.

Η δεύτερη υλοποίηση στον μικροελεγκτή *Wemos D1 R2* πραγματοποιήθηκε με σκοπό την εκπλήρωση του υποερωτήματος που αφορούσε την αποστολή e-mail για την άνοδο της θερμοκρασίας πάνω από μία ορισμένη τιμή. Και αυτό γιατί ο μικροελεγκτής *Arduino* που διαθέταμε δεν είχε τη δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο. Ωστόσο, ο μικροελεγκτής *Wemos D1 R2* έχει μόλις 8 pins GPIO και για το λόγο αυτό στη δεύτερη υλοποίηση δεν περιλαμβάνονται οι ενέργειες αναφορικά με τα LEDs.

2 Εργασία στον μικροελεγκτή *Arduino*.

Η παρούσα ενότητα περιγράφει την υλοποίηση την εργασίας σε μικροελεγκτή *Arduino*.

2.1 Λειτουργία προγράμματος.

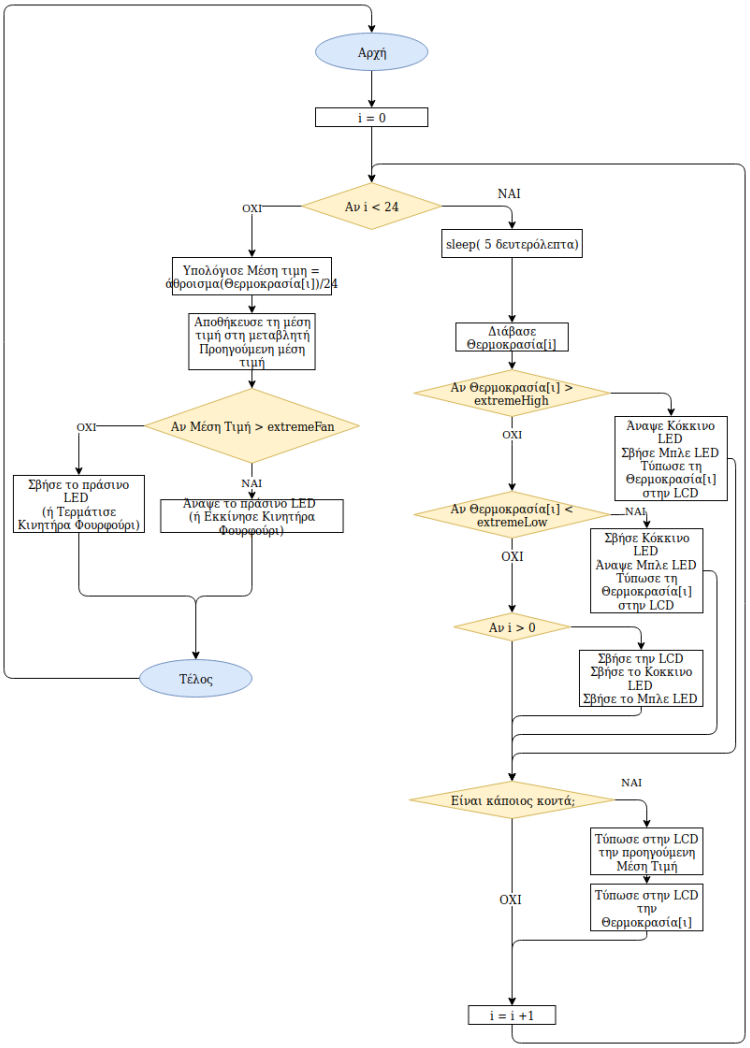
Στην υποενότητα αυτή παρουσιάζεται ένα αναλυτικό διάγραμμα ροής το οποίο περιγράφει τη λειτουργία του προγράμματος που εκτελεί ο μικροελεγκτής *Arduino*.

Το πρόγραμμα εκκινεί με έναν μετρητή ίσο με μηδέν. Κάθε 5 δευτερόλεπτα, το πρόγραμμα λαμβάνει τη τιμή του αισθητήρα θερμοκρασίας. Αν η τιμή αυτή αυτή είναι μεγαλύτερη από μία συγκεκριμένη τιμή(extremeHigh), τότε ανάβει το κόκκινο LED, αν η τιμή αυτή είναι μικρότερη από μία άλλη συγκεκριμένη τιμή(extermeLow) τότε ανάβει το μπλε LED. Οι παραπάνω ενέργειες ακολουθούνται από την εκτύπωση της τιμής τιμής της θερμοκρασίας στην οθόνη LCD. Στις 24 μετρήσεις, δηλαδή στα δύο λεπτά, υπολογίζεται η μέση τιμή της θερμοκρασίας των τελευταίων 24 μετρήσεων και αποθηκεύεται. Επιπλέον, η μέση τιμή τυπώνεται στη LCD οθόνη και το πρόγραμμα εκκινεί από την αρχή.

Η μέση τιμή παραμένει στην οθόνη για 10 δευτερόλεπτα. Αυτό επιτυγχάνεται με τον εξής τρόπο: αφού εκκινήσει το πρόγραμμα από την αρχή είναι ήδη τυπωμένη η προηγούμενη μέση τιμή, συνεπώς, όταν το πρόγραμμα εισέλθει στη δεύτερη επανάληψη, όπου $i = 1$, τότε θα έχουν περάσει και 10 δευτερόλεπτα, άρα καθαρίζεται και η LCD οθόνη.

Ακόμη, ύστερα από τον υπολογισμό της μέσης τιμής, ελέγχεται αν η τιμή αυτή είναι μεγαλύτερη από μία συγκεκριμένη τιμή(extremeFan). Αν είναι μεγαλύτερη τότε ανάβει το πράσινο LED.

Επιπρόσθετα, ο μικροελεγκτής εκτελεί μία ακόμη λειτουργία. Διαβάζει κάθε 5 δευτερόλεπτα και μέσω ενός αισθητήρα εγγύτητας την απόσταση του κοντινότερου αντικειμένου. Εάν, η τιμή αυτή είναι σχετικά μικρή, δηλαδή αν αντιληφθεί ότι κάποιος βρίσκεται κοντά, τότε τυπώνει στη LCD οθόνη την τελευταία μέτρηση και την τελευταία μέση τιμή που υπολογίστηκε.



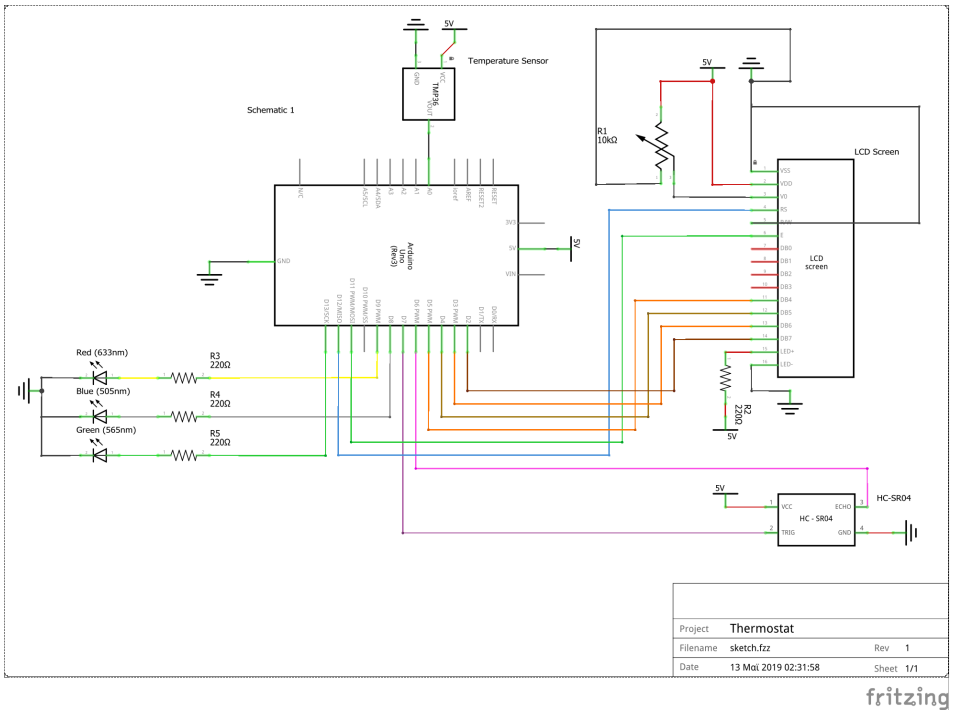
Σχήμα 1: Διάγραμμα Ροής προγράμματος στον μικροελεγκτή *Arduino*

2.2 Υλικό και συνδεσμολογία.

Για την υλοποίηση του παραπάνω προγράμματος χρησιμοποιήθηκαν τα εξής εξαρτήματα:

- Arduino UNO
- Αισθητήρας θερμότητας TMP36 [1]
- Οθόνη LCD διαστάσεων 16ξ2 JHD659 M10 1.1 [2]
- Αισθητήρας εγγύτητας HC-SR04 [3]
- Ποτενσιόμετρο 10 kΩ
- 3 LEDs

Τα παραπάνω εξαρτήματα συνδέθηκαν σύμφωνα με την εξής συνδεσμολογία:



Σχήμα 2: Συνδεσμολογία εξαρτημάτων με μικροελεγκτή *Arduino*.

Με βάση τη συνδεσμολογία αυτή υλοποιήθηκε και ο πηγαίος κώδικας που εκτελεί το πρόγραμμα.

2.3 Πηγαίος κώδικας.

Στην υποενότητα αυτή παρουσιάζεται ο πηγαίος κώδικας ο οποίος εκτελείται ακριβώς με τον ίδιο τρόπο τις λειτουργίες όπως αυτές περιγράφηκαν στο διάγραμμα ροής.

```
/*
 * Authors: 1. Dimitrios Antoniadis
 *          2. Vasileios Dimitriadis
 *
 * email:   1. akdimitri@auth.gr
 *          2. dimvasdim@auth.gr
 *
 * University:  Aristotle University of Thessaloniki (AUTH)
 * Semester:    8th
 * Subject:     Microprocessors and Peripherals
 *
 * Parts required:
 * - one TMP36 temperature sensor
 * - one LCD 16x2 JHD659 M10 1.1
 * - one HC-SR04 proximity sensor
*/

// include the library code:
#include <LiquidCrystal.h>

// functions declaration
void printLCD( float averageTemperature);
void checkExtremeFan(float averageTemperature);
int checkProximity();

// initialize the LCD function with the numbers of the interface pins
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

// global variables declaration
const int sensorPin = A0;
const int BLUE = 8;
const int RED = 9;
const int GREEN = 13;
const float extremeLow = 21.5;
const float extremeHigh = 22.5;
const float extremeFan = 23;
float temperature[24], averageTemperature;
float lastAverageTemperature = 0;
int i;
const int trigPin = 7;     // Trigger
const int echoPin = 6;     // Echo
unsigned long duration, cm, inches;
int isSomeoneClose = 0;

```

```
45 // setup function
46 void setup() {
47
48   //LEDS
49   // set the digital pin as output:
50   pinMode(BLUE, OUTPUT);
51   pinMode(RED, OUTPUT);
52   pinMode(GREEN, OUTPUT);
53   digitalWrite(RED, LOW);
54   digitalWrite(BLUE, LOW);
55   digitalWrite(GREEN, LOW);
56
57   //LCD
58   // set up the number of columns and rows on the LCD
59   lcd.begin(16, 2);
60   // Print a message to the LCD.
61   lcd.print("ARDUINO");
62   // set the cursor to column 0, line 1
63   // line 1 is the second row, since counting begins with 0
64   lcd.setCursor(0, 1);
65   // print to the second line
66   lcd.print("PROJECT");
67
68   // HC-SR04
69   pinMode(trigPin, OUTPUT);
70   pinMode(echoPin, INPUT);
71
72   // open a serial connection to display values
73   Serial.begin(9600);
74 }
75
76 void loop() {
77
78   averageTemperature = 0;
79
80   // 24*5 secs = 2 minutes
81   for( i = 0; i < 24; i++){
82     // delay 5 seconds = 5 * 1000 milliseconds
83     delay(5*1000);
84
85     // if 10 seconds elapsed since previous average temperature print
       cleaer LCD
86     if( i == 1){
87       lcd.clear();
88       lcd.setCursor(0, 0);
89       lcd.print("CALCULATING...");
90     }
91
92     // read temperature in Celsius
```

```
93      // read the value on AnalogIn pin 0 and store it in a variable
94      int sensorVal = analogRead(sensorPin);
95
96      // send the 10-bit sensor value out the serial port
97      Serial.print("sensor Value: ");
98      Serial.print(sensorVal);
99
100     // convert the ADC reading to voltage
101     float voltage = (sensorVal / 1024.0) * 5.0;
102
103     // Send the voltage level out the Serial port
104     Serial.print(", Volts: ");
105     Serial.print(voltage);
106
107     // convert the voltage to temperature in degrees C
108     // the sensor changes 10 mV per degree
109     // the datasheet says there's a 500 mV offset
110     // ((voltage - 500 mV) times 100)
111     Serial.print(", degrees C: ");
112     temperature[i] = (voltage - .5) * 100;
113     Serial.println(temperature[i]);
114
115     // check extreme values
116     if( temperature[i] < extremeLow && i > 0){
117       lcd.clear();
118       lcd.setCursor(0, 0);
119       lcd.print("WARNING");
120       lcd.setCursor(0, 1);
121       lcd.print("TEMP < ");
122       lcd.print(extremeLow);
123       digitalWrite(BLUE, HIGH);
124       digitalWrite(RED, LOW);
125     }
126     else if( temperature[i] > extremeHigh && i > 0){
127       lcd.clear();
128       lcd.setCursor(0, 0);
129       lcd.print("WARNING");
130       lcd.setCursor(0, 1);
131       lcd.print("TEMP > ");
132       lcd.print(extremeHigh);
133       digitalWrite(RED, HIGH);
134       digitalWrite(BLUE, LOW);
135     }
136     else{
137       // clear LEDS
138       digitalWrite(RED, LOW);
139       digitalWrite(BLUE, LOW);
140       if( i > 0);
141     }
```

```
142
143     // check if someone is close
144     isSomeoneClose = checkProximity();
145
146     if( isSomeoneClose == 1){
147         // clean up the screen before printing a new reply
148         lcd.clear();
149         // set the cursor to column 0, line 0
150         lcd.setCursor(0, 0);
151         // print some text
152         lcd.print("AVG. TEMP.:");
153         lcd.print(lastAverageTemperature);
154         // move the cursor to the second line
155         lcd.setCursor(0, 1);
156         lcd.print("LAST TEMP.: ");
157         lcd.print(temperature[i]);
158     }
159   }
160
161   // calculate average temperature
162   for( i = 0; i < 24; i++){
163     averageTemperature = averageTemperature + temperature[i];
164   }
165   averageTemperature = averageTemperature/24;
166
167   // store average temperature
168   lastAverageTemperature = averageTemperature;
169
170   // print average temperature
171   printLCD( averageTemperature);
172   Serial.print("Average Temperature: ");
173   Serial.println(averageTemperature);
174
175   //check for fan
176   checkExtremeFan( averageTemperature);
177
178 }
179
180 /***************
181 * Sub-routines *
182 ***************/
183
184
185 /* temperatureFunction: this function is responsible for reading
186  *                      the analog value of temperature function,
187  *                      also is responsible for checking extreme
188  *                      temperature values.
189  */
190
```

```
191
192 /* printLCD(): this function is responsible for
193  *             printing average temperature to
194  *             LCD screen.
195  */
196 void printLCD( float averageTemperature){
197   // clean up the screen before printing a new reply
198   lcd.clear();
199   // set the cursor to column 0, line 0
200   lcd.setCursor(0, 0);
201   // print some text
202   lcd.print("AVG. TEMP.");
203   // move the cursor to the second line
204   lcd.setCursor(0, 1);
205   lcd.print(averageTemperature);
206 }
207
208 /* checkExtremeFan(): this function is responsible
209  *                    for checking whether fan is needed
210  *                    to be turned on
211  */
212 void checkExtremeFan(float averageTemperature){
213
214   // check fan
215   if( averageTemperature > extremeFan){
216      digitalWrite(GREEN, HIGH);
217   }
218   else{
219     digitalWrite(GREEN, LOW);
220   }
221 }
222
223
224 /* checkProximity(): this function is responsible for acknowledging
     wheter
225  *                   someone is close or not.
226  */
227 int checkProximity(){
228   // The sensor is triggered by a HIGH pulse of 10 or more
     microseconds.
229   // Give a short LOW pulse beforehand to ensure a clean HIGH pulse:
230   digitalWrite(trigPin, LOW);
231   delayMicroseconds(5);
232   digitalWrite(trigPin, HIGH);
233   delayMicroseconds(15);
234   digitalWrite(trigPin, LOW);
235
236   // Read the signal from the sensor: a HIGH pulse whose
237   // duration is the time (in microseconds) from the sending
```

```
238   // of the ping to the reception of its echo off of an object.
239   if( duration = pulseIn(echoPin, HIGH)){
240
241     // Convert the time into a distance
242     cm = (duration/2) / 29.1;     // Divide by 29.1 or multiply by
      0.0343
243     inches = (duration/2) / 74;   // Divide by 74 or multiply by
      0.0135
244
245     Serial.print(inches);
246     Serial.print("in, ");
247     Serial.print(cm);
248     Serial.print("cm");
249     Serial.println();
250     if( cm < 10){
251       return 1;
252     }
253     else{
254       return 0;
255     }
256   }
257   else{
258     Serial.println("Nobody Nearby");
259     return 0;
260   }
261 }
```

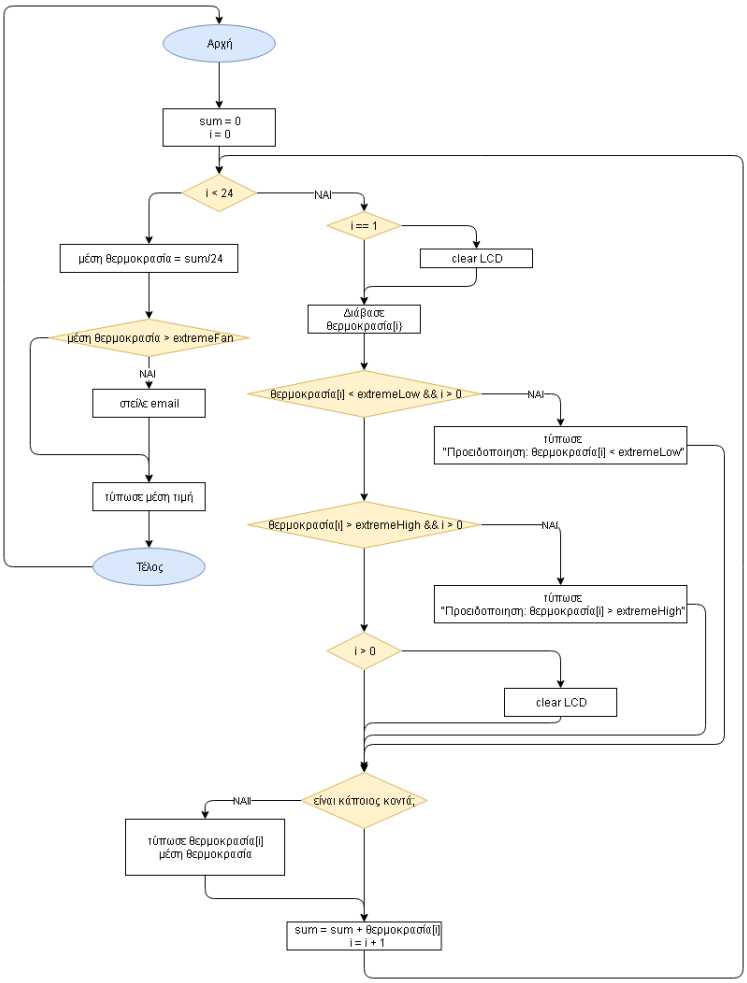
2.4 Αποτελέσματα εργασίας του μικροελεγκτή *Arduino*.

3 Εργασία στον μικροελεγκτή *Wemos D1 R2*.

Η παρούσα ενότητα περιγράφει την υλοποίηση την εργασίας σε μικροελεγκτή *Wemos D1 R2*.

3.1 Λειτουργία προγράμματος.

Στην υποενότητα αυτή παρουσιάζεται ένα αναλυτικό διάγραμμα ροής το οποίο περιγράφει τη λειτουργία του προγράμματος που εκτελεί ο μικροελεγκτής *Arduino*.



Σχήμα 3: Διάγραμμα Ροής στον μικροελεγκτή *Wemos D1 R2*

Το παραπάνω διάγραμμα περιγράφει τη λειτουργία του προγράμματος που εκτελείται στον μικροελεγκτή *Wemos D1 R2*. Ωστόσο, για να εκτελεσθεί η αποστολή του e-mail έχουν πραγματοποιηθεί και οι απαραίτητες ρυθμίσεις.

Για την αποστολή του e-mail χρησιμοποιήθηκε ο **SMTP Server** που παρέχει η *Google*. Πιο συγκεκριμένα, δημιουργήθηκε ο λογαριασμός mcu.2019.wemos@gmail.com. Οι πληροφορίες του λογαριασμού αυτού τοποθετήθηκαν στον πηγαίο κώδικα και το πρόγραμμα ρυθμίστηκε ώστε να εκτελούνται οι απαραίτητες ενέργειες.

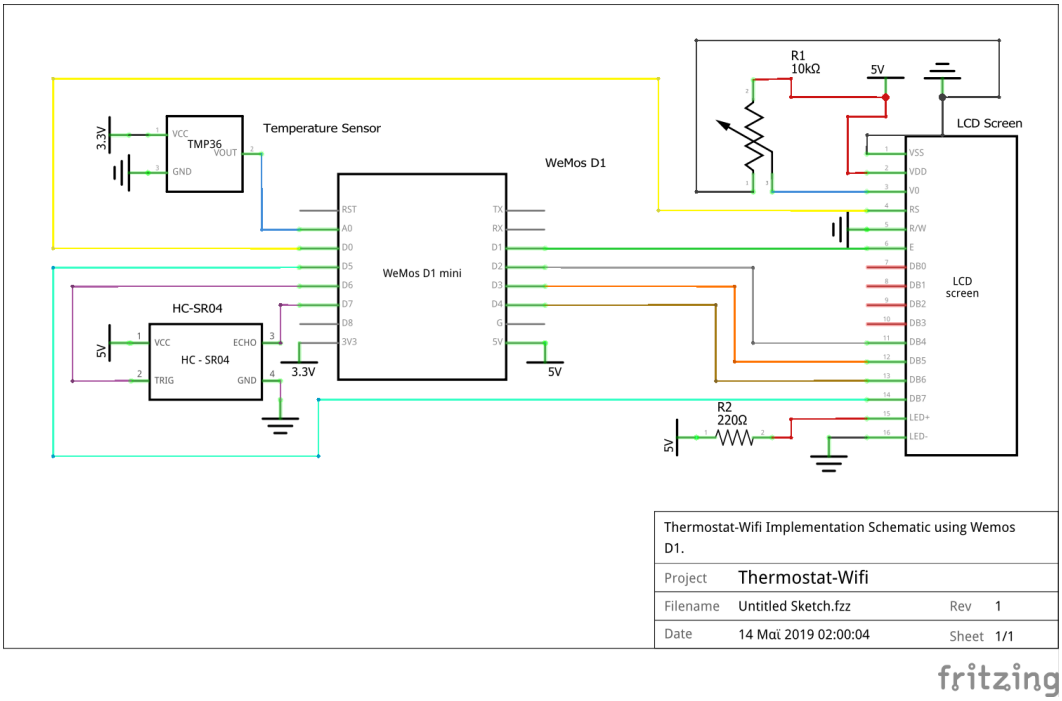
Το πρόγραμμα γενικά είναι παρόμοιο με αυτό που εκτελείται στον μικροελεγκτή *Arduino* με τη διαφορά ότι δεν περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα αυτό τα LEDs.

3.2 Υλικό και συνδεσμολογία.

Για την υλοποίηση του παραπάνω προγράμματος χρησιμοποιήθηκαν τα εξής εξαρτήματα:

- Wemos D1 R2
- Αισθητήρας θερμότητας TMP36 [1]
- Οθόνη LCD διαστάσεων 16ξ2 JHD659 M10 1.1 [2]
- Αισθητήρας εγγύτητας HC-SR04 [3]
- Ποτενσιόμετρο 10 kΩ

Τα παραπάνω εξαρτήματα συνδέθηκαν σύμφωνα με την εξής συνδεσμολογία:



Σχήμα 4: Συνδεσμολογία εξαρτημάτων με μικροελεγκτή *Wemos D1 R2*.

Με βάση τη συνδεσμολογία αυτή υλοποιήθηκε και ο πηγαίος κώδικας που εκτελεί το πρόγραμμα.

3.3 Πηγαίος κώδικας.

Στην υποενότητα αυτή παρουσιάζεται ο πηγαίος κώδικας ο οποίος εκτελείται ακριβώς με τον ίδιο τρόπο τις λειτουργίες όπως αυτές περιγράφηκαν στο διάγραμμα ροής.

Το πρόγραμμα περιλαμβάνει 3 αρχεία. Το αρχείο *thermostat-Wifi.ino* περιλαμβάνει το κύριο πρόγραμμα ενώ τα άλλα δύο αρχεία *Gsender.cpp, Gsender.h* υλοποιούν τις ρυθμίσεις για την επικοινωνία με τον **SMTP Server**. Τα δύο τελευταία αρχεία πάρθηκαν από τη σελίδα [4] και τροποποιήθηκαν σε πρόσφατες ρυθμίσεις διότι δεν ήταν πλέον λειτουργικά.

3.3.1 *thermostat-Wifi.ino*

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include "Gsender.h"

#pragma region Globals
const char* ssid = "Dimitris2";                                    // WIFI network name
const char* password = "69451070306945558718";                     // WIFI network password
uint8_t connection_state = 0;                                      // Connected to WIFI or not
uint16_t reconnect_interval = 10000;                               // If not connected wait time to try again
const int sensorPin = A0;
int sensorVal, i;
float  sum, temperature[24], averageTemperature;
const float extremeLow = 21.5;
const float extremeHigh = 22.5;
const float extremeFan = 23;
const int trigPin = 12;     // Trigger
const int echoPin = 13;     // Echo
unsigned long duration, cm, inches;
int isSomeoneClose = 0;
#pragma endregion Globals

// initialize the LCD function with the numbers of the interface pins
// D0 -> GPIO16
// D1 -> GPIO5
// D2 -> GPIO4
// D3 -> GPIO0
// D4 -> GPIO2
```

```
28 // D5 -> GPIO14
29 // D6 -> GPIO12
30 // D7 -> GPIO13
31 LiquidCrystal lcd(16, 5, 4, 0, 2, 14);
32
33 uint8_t WiFiConnect(const char* nSSID = nullptr, const char*
       nPassword = nullptr)
34 {
35     static uint16_t attempt = 0;
36     Serial.print("Connecting to ");
37     if(nSSID) {
38         WiFi.begin(nSSID, nPassword);
39         Serial.println(nSSID);
40     } else {
41         WiFi.begin(ssid, password);
42         Serial.println(ssid);
43     }
44
45     uint8_t i = 0;
46     while(WiFi.status()!= WL_CONNECTED && i++ < 50)
47     {
48         delay(200);
49         Serial.print(".");
50     }
51     ++attempt;
52     Serial.println("");
53     if(i == 51) {
54         Serial.print("Connection: TIMEOUT on attempt: ");
55         Serial.println(attempt);
56         if(attempt % 2 == 0)
57             Serial.println("Check if access point available or SSID
       and Password\r\n");
58         return false;
59     }
60     Serial.println("Connection: ESTABLISHED");
61     Serial.print("Got IP address: ");
62     Serial.println(WiFi.localIP());
63     return true;
64 }
65
66 void Awaits()
67 {
68     uint32_t ts = millis();
69     while(!connection_state)
70     {
71         delay(50);
72         if(millis() > (ts + reconnect_interval) && !connection_state)
       {
73             connection_state = WiFiConnect();
```

```
74              ts = millis();
75          }
76      }
77  }
78
79
80  /* printLCD(): this function is responsible for
81   *              printing average temperature to
82   *             LCD screen.
83   */
84  void printLCD( float averageTemperature){
85    // clean up the screen before printing a new reply
86    lcd.clear();
87    // set the cursor to column 0, line 0
88    lcd.setCursor(0, 0);
89    // print some text
90    lcd.print("AVG. TEMP.");
91    // move the cursor to the second line
92    lcd.setCursor(0, 1);
93    lcd.print(averageTemperature);
94  }
95
96
97  /* checkProximity(): this function is responsible for acknowledging
      wheter
98   *                   someone is close or not.
99   */
100 int checkProximity(){
101   // The sensor is triggered by a HIGH pulse of 10 or more
      microseconds.
102   // Give a short LOW pulse beforehand to ensure a clean HIGH pulse:
103   digitalWrite(trigPin, LOW);
104   delayMicroseconds(5);
105   digitalWrite(trigPin, HIGH);
106   delayMicroseconds(15);
107   digitalWrite(trigPin, LOW);
108
109   // Read the signal from the sensor: a HIGH pulse whose
110   // duration is the time (in microseconds) from the sending
111   // of the ping to the reception of its echo off of an object.
112   if( duration = pulseIn(echoPin, HIGH)){
113
114     // Convert the time into a distance
115     cm = (duration/2) / 29.1;     // Divide by 29.1 or multiply by
      0.0343
116     inches = (duration/2) / 74;   // Divide by 74 or multiply by
      0.0135
117
118     Serial.print(inches);
```

```
119     Serial.print("in, ");
120     Serial.print(cm);
121     Serial.print("cm");
122     Serial.println();
123     if( cm < 10){
124       return 1;
125     }
126     else{
127       return 0;
128     }
129   }
130   else{
131     Serial.println("Nobody Nearby");
132     return 0;
133   }
134 }
135
136
137 /* checkExtremeFan(): this function is responsible
138  *                    for checking whether fan is needed
139  *                    to be turned on
140  */
141 void checkExtremeFan(float averageTemperature){
142
143   // check fan
144   if( averageTemperature > extremeFan){
145     //digitalWrite(GREEN, HIGH);
146     Gsender *gsender = Gsender::Instance();    // Getting pointer to
      class instance
147     String subject = "FAN = ON!";
148     String value = String(averageTemperature, DEC);
149     String message = String("FAN TURNED ON : " + value);
150     if(gsender->Subject(subject)->Send("mitsos1996@yahoo.com",
      message)) {
151         Serial.println("Message send.");
152     } else {
153         Serial.print("Error sending message: ");
154         Serial.println(gsender->getError());
155     }
156
157   }
158   else{
159
160     //digitalWrite(GREEN, LOW);
161   }
162 }
163
164
165
```

```
166
167 void setup()
168 {
169     Serial.begin(115200);
170     connection_state = WiFiConnect();
171     if(!connection_state)  // if not connected to WIFI
172         Awaits();          // constantly trying to connect
173
174
175     //LCD
176     // set up the number of columns and rows on the LCD
177     lcd.begin(16, 2);
178     // Print a message to the LCD.
179     lcd.print("ARDUINO");
180     // set the cursor to column 0, line 1
181     // line 1 is the second row, since counting begins with 0
182     lcd.setCursor(0, 1);
183     // print to the second line
184     lcd.print("PROJECT");
185
186
187     // HC-SR04
188     pinMode(trigPin, OUTPUT);
189     pinMode(echoPin, INPUT);
190 }
191
192 void loop(){
193   sum = 0;
194   for( i = 0; i < 24; i++){
195
196     // if 10 seconds elapsed since previous average temperature print
      clear LCD
197     if( i == 1){
198       lcd.clear();
199       lcd.setCursor(0, 0);
200       lcd.print("CALCULATING...");
201     }
202
203     // read the value on AnalogIn pin 0 and store it in a variable
204     sensorVal= analogRead(sensorPin);
205
206     // send the 10-bit sensor value out the serial port
207     Serial.print("sensor Value: ");
208     Serial.print(sensorVal);
209
210     // convert the ADC reading to voltage
211     float voltage = (sensorVal / 1024.0) * 3.1;
212
213     // Send the voltage level out the Serial port
```

```
214     Serial.print(", Volts: ");
215     Serial.print(voltage);
216
217     // convert the voltage to temperature in degrees C
218     // the sensor changes 10 mV per degree
219     // the datasheet says there's a 500 mV offset
220     // ((voltage - 500 mV) times 100)
221     Serial.print(", degrees C: ");
222     temperature[i] = (voltage - .5) * 100;
223     Serial.println(temperature[i]);
224
225     // check extreme values
226   if( temperature[i] < extremeLow && i > 0){
227     lcd.clear();
228     lcd.setCursor(0, 0);
229     lcd.print("WARNING");
230     lcd.setCursor(0, 1);
231     lcd.print("TEMP < ");
232     lcd.print(extremeLow);
233   }
234   else if( temperature[i] > extremeHigh && i > 0){
235     lcd.clear();
236     lcd.setCursor(0, 0);
237     lcd.print("WARNING");
238     lcd.setCursor(0, 1);
239     lcd.print("TEMP > ");
240     lcd.print(extremeHigh);
241     //digitalWrite(RED, HIGH);
242     //digitalWrite(BLUE, LOW);
243   }
244   else if( i > 0){
245     lcd.clear();
246   }
247
248
249   // check if someone is close
250   isSomeoneClose = checkProximity();
251
252   if( isSomeoneClose == 1){
253       // clean up the screen before printing a new reply
254       lcd.clear();
255       // set the cursor to column 0, line 0
256       lcd.setCursor(0, 0);
257       // print some text
258       lcd.print("AVG. TEMP.:");
259       lcd.print(averageTemperature);
260       // move the cursor to the second line
261       lcd.setCursor(0, 1);
262       lcd.print("LAST TEMP.:");
```

```
263         lcd.print(temperature[i]);
264     }
265 
266     sum = sum + temperature[i];
267 
268     delay(5*1000);
269 
270   }
271 
272     averageTemperature = sum/24;
273 
274     checkExtremeFan( averageTemperature);
275 
276     // print average temperature
277     printLCD( averageTemperature);
278     Serial.print("Average Temperature: ");
279     Serial.println(averageTemperature);
280 
281 }
```

3.3.2 *Gsender.h*

```
/* Gsender class helps send e-mails from Gmail account
*  using Arduino core for ESP8266 WiFi chip
*  by Boris Shobat
*  September 29 2016
*/
#ifndef G_SENDER
#define G_SENDER
#define GS_SERIAL_LOG_1         // Print to Serial only server responce
//#define GS_SERIAL_LOG_2       //  Print to Serial client commands and server responce
#include <WiFiClientSecure.h>

class Gsender
{
    protected:
        Gsender();
    private:
        const int SMTP_PORT = 465;
        const char* SMTP_SERVER = "smtp.gmail.com";
        const char* EMAILBASE64_LOGIN = "bWN1LjIwMTkud2Vtb3NAZ21haWwuY29t";
        const char* EMAILBASE64_PASSWORD = "REBuKzAxOTk2";
        const char* FROM = "mcu.2019.wemos@gmail.com";
        const char* _error = nullptr;
        char* _subject = nullptr;
        String _serverResponce;
        static Gsender* _instance;
        bool AwaitSMTPResponse(WiFiClientSecure &client, const String &resp = "", uint16_t timeOut = 10000);

    public:
        static Gsender* Instance();
        Gsender* Subject(const char* subject);
        Gsender* Subject(const String &subject);
        bool Send(const String &to, const String &message);
        String getLastResponce();
        const char* getError();
};
#endif // G_SENDER
```

3.3.3 *Gsender.cpp*

```
#include "Gsender.h"
Gsender* Gsender::_instance = 0;
Gsender::Gsender(){}
Gsender* Gsender::Instance()
{
    if (_instance == 0)
        _instance = new Gsender;
    return _instance;
}

Gsender* Gsender::Subject(const char* subject)
{
  delete [] _subject;
  _subject = new char[strlen(subject)+1];
  strcpy(_subject, subject);
  return _instance;
}
Gsender* Gsender::Subject(const String &subject)
{
  return Subject(subject.c_str());
}

bool Gsender::AwaitSMTPResponse(WiFiClientSecure &client, const
    String &resp, uint16_t timeOut)
{
  uint32_t ts = millis();
  while (!client.available())
  {
    if(millis() > (ts + timeOut)) {
      _error = "SMTP Response TIMEOUT!";
      return false;
    }
  }
  _serverResponce = client.readStringUntil('\n');
#if defined(GS_SERIAL_LOG_1) || defined(GS_SERIAL_LOG_2)
  Serial.println(_serverResponce);
#endif
  if (resp && _serverResponce.indexOf(resp) == -1) return false;
  return true;
}

String Gsender::getLastResponce()
{
  return _serverResponce;
}
```

```
45
46 const char* Gsender::getError()
47 {
48   return _error;
49 }
50
51 bool Gsender::Send(const String &to, const String &message)
52 {
53   WiFiClientSecure client;
54   client.setInsecure();
55 #if defined(GS_SERIAL_LOG_2)
56   Serial.print("Connecting to :");
57   Serial.println(SMTP_SERVER);
58 #endif
59   if(!client.connect(SMTP_SERVER, SMTP_PORT)) {
60     _error = "Could not connect to mail server";
61     return false;
62   }
63   if(!AwaitSMTPResponse(client, "220")) {
64     _error = "Connection Error";
65     return false;
66   }
67
68 #if defined(GS_SERIAL_LOG_2)
69   Serial.println("HELO friend:");
70 #endif
71   client.println("HELO friend");
72   if(!AwaitSMTPResponse(client, "250")){
73     _error = "identification error";
74     return false;
75   }
76
77 #if defined(GS_SERIAL_LOG_2)
78   Serial.println("AUTH LOGIN:");
79 #endif
80   client.println("AUTH LOGIN");
81   AwaitSMTPResponse(client);
82
83 #if defined(GS_SERIAL_LOG_2)
84   Serial.println("EMAILBASE64_LOGIN:");
85 #endif
86   client.println(EMAILBASE64_LOGIN);
87   AwaitSMTPResponse(client);
88
89 #if defined(GS_SERIAL_LOG_2)
90   Serial.println("EMAILBASE64_PASSWORD:");
91 #endif
92   client.println(EMAILBASE64_PASSWORD);
93   if (!AwaitSMTPResponse(client, "235")) {
```

```
94      _error = "SMTP AUTH error";
95      return false;
96    }
97
98    String mailFrom = "MAIL FROM: <" + String(FROM) + '>';
99  #if defined(GS_SERIAL_LOG_2)
100   Serial.println(mailFrom);
101 #endif
102   client.println(mailFrom);
103   AwaitSMTPResponse(client);
104
105   String rcpt = "RCPT TO: <" + to + '>';
106 #if defined(GS_SERIAL_LOG_2)
107   Serial.println(rcpt);
108 #endif
109   client.println(rcpt);
110   AwaitSMTPResponse(client);
111
112 #if defined(GS_SERIAL_LOG_2)
113   Serial.println("DATA:");
114 #endif
115   client.println("DATA");
116   if(!AwaitSMTPResponse(client, "354")) {
117     _error = "SMTP DATA error";
118     return false;
119   }
120
121   client.println("From: <" + String(FROM) + '>');
122   client.println("To: <" + to + '>');
123
124   client.print("Subject: ");
125   client.println(_subject);
126
127   client.println("Mime-Version: 1.0");
128   client.println("Content-Type: text/html; charset=\"UTF-8\"");
129   client.println("Content-Transfer-Encoding: 7bit");
130   client.println();
131   String body = "<!DOCTYPE html><html lang=\"en\">" + message + "</
      html>";
132   client.println(body);
133   client.println(".");
134   if (!AwaitSMTPResponse(client, "250")) {
135     _error = "Sending message error";
136     return false;
137   }
138   client.println("QUIT");
139   if (!AwaitSMTPResponse(client, "221")) {
140     _error = "SMTP QUIT error";
141     return false;
```

```
142     }
143     return true;
144 }
```

3.4 Αποτελέσματα εργασίας του μικροελεγκτή *Wemos D1 R2*.

Αναφορές

[1] TMP35/TMP36/TMP37 datasheet. https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/TemperatureSensor.pdf.

[2] JHD659 M10 1.1 LCD datasheet. https://www.arduino.cc/documents/datasheets/LCDscreen.PDF.

[3] HC-SR04 datasheet. https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf.

[4] Boris Shobat. ESP8266 GMail Sender. https://www.instructables.com/id/ESP8266-GMail-Sender/.