

Laboratorio de Programación de Sistemas Embebidos en Red

José Luis Cánovas Sánchez
Ezequiel Santamaría Navarro

18 de enero de 2016

Resumen

En nuestra práctica final del laboratorio hemos integrado todos los sensores estudiados en la primera parte con un servidor web integrado en una raspberry pi. Por eso dividimos la memoria en describir los sensores y arduino (la primera parte de las prácticas), y la segunda en el código final que comunica la raspberry pi y arduino (la segunda parte de trabajo propio).

Índice

1. Práctica 1. Introducción a Arduino. Descripción del hardware	2
1.1. Led	4
1.2. Sensor de luz	4
1.3. NTC	4
1.4. LDR	4
1.5. LCD	4
1.6. Generador señal tipo GPS	4
2. Práctica 2. Montaje de un servidor web de monitorización. Descripción del software	6
2.1. Montaje de red	6
2.2. Protocolo serie	8
2.3. Código arduino	9
2.4. Servicio web	9
2.4.1. Parte servidor de python	9
2.4.2. Parte cliente de javascript	9
3. Notas adicionales	11
3.1. Aproximación a la temperatura real	11
3.2. Lector de pulsaciones	11
4. Código	12
4.1. Código Arduino	12
4.2. Código Raspberry Pi	14

1. Práctica 1. Introducción a Arduino. Descripción del hardware

Para poder utilizar directamente un cable entre la Raspberry Pi y Arduino, sin necesidad de un divisor de tensión para pasar de 5v de Arduino UNO a 3.3v de la Raspberry Pi, usamos la versión de Arduino DUE, que usa en sus pines 3.3v. Esto sólo afectará a la comunicación Arduino-Raspberry y al Led, porque son los únicos que se conectan directamente a un pin de Arduino, porque el resto de sensores los conectamos al pin de 5v que ofrece Arduino DUE, y la entrada de datos se realiza por los puertos analógicos.

Vamos a describir brevemente en cada apartado cómo integramos cada sensor con el Arduino. En la Figura 1 se ve el sistema global donde se puede comprobar cada esquema individual.

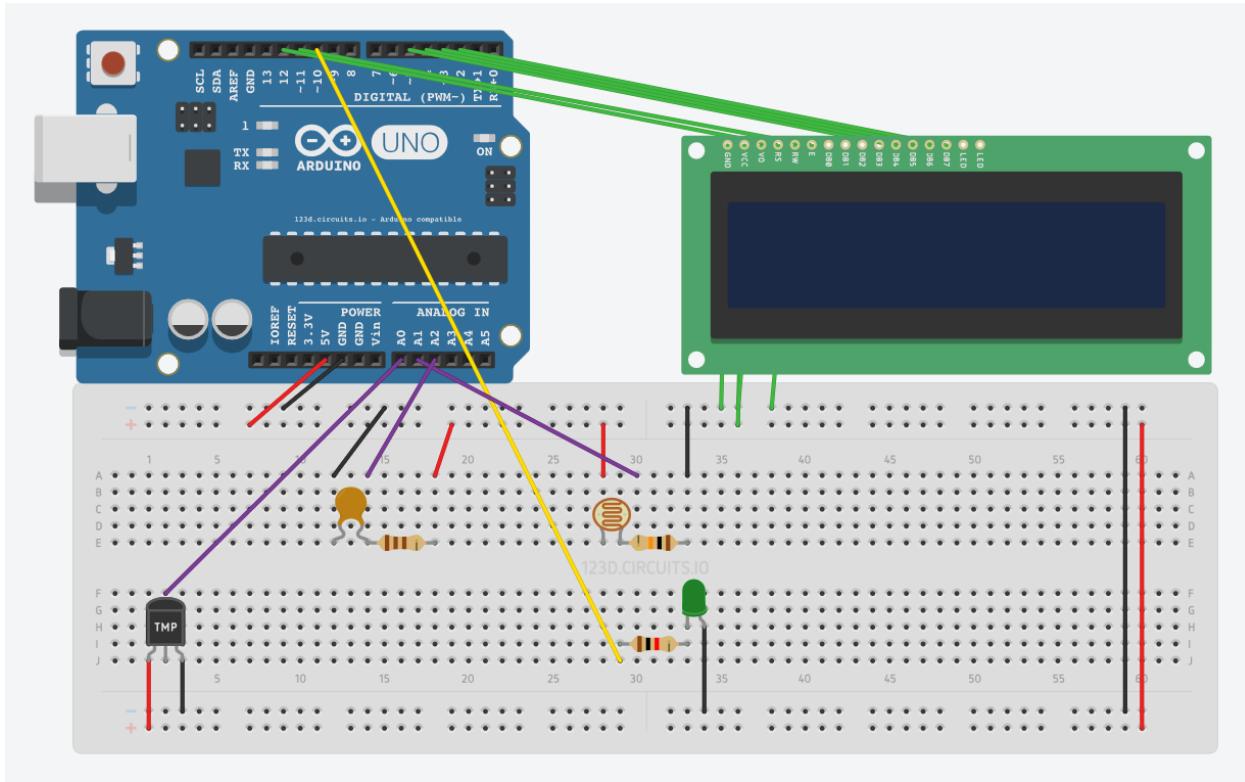


Figura 1: Esquema global

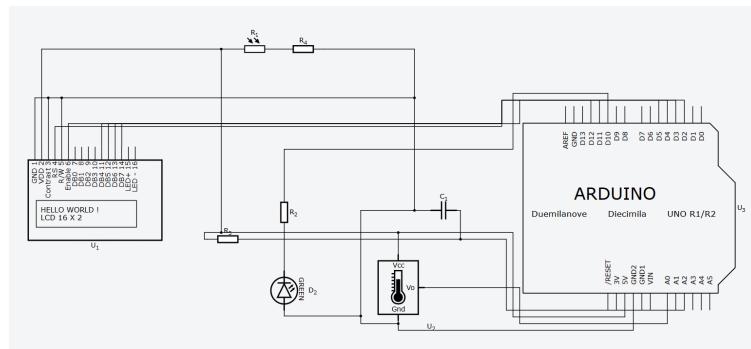


Figura 2: Esquema global

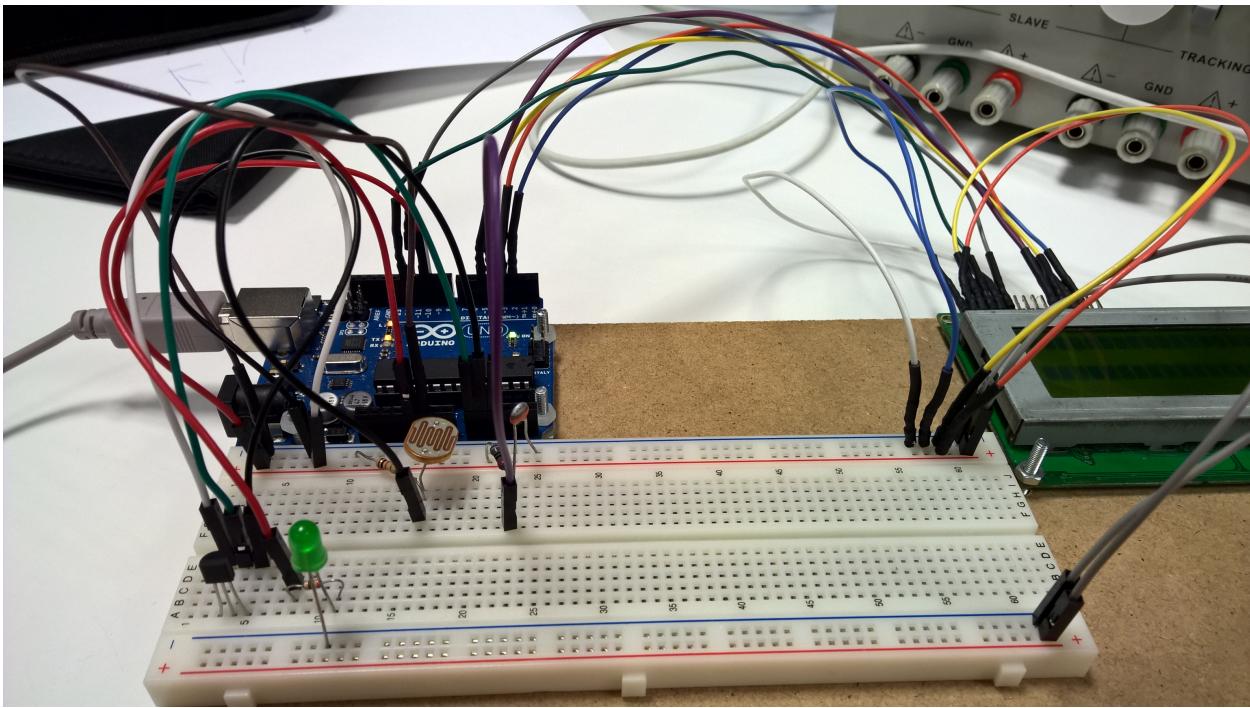


Figura 3: Conexiones en Arduino UNO

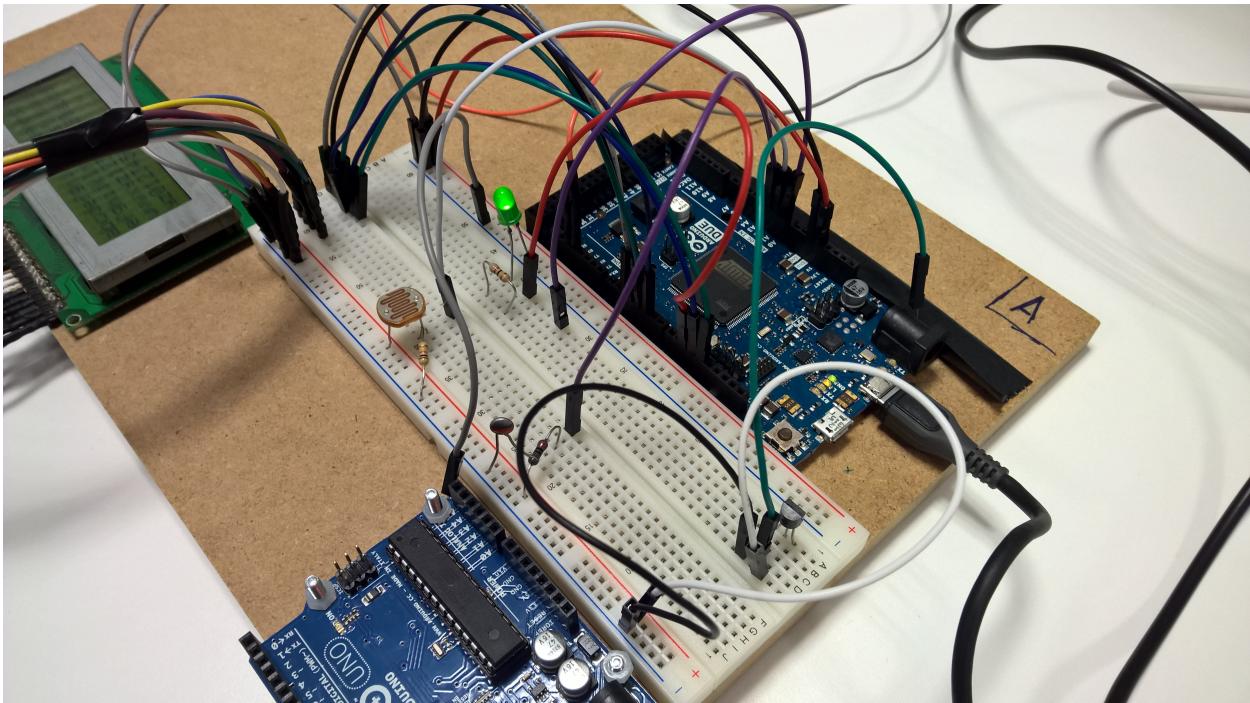


Figura 4: Conexiones en Arduino DUE

1.1. Led

1.2. Sensor de luz

1.3. NTC

1.4. LDR

1.5. LCD

1.6. Generador señal tipo GPS

Programamos el Arduino UNO para que genere una señal PN semejante a los códigos C/A de los GPS. Para ello nos basamos en el esquema de la ?? y programamos el código en arduino, llegando a hacer operaciones a nivel de bits para conseguir la mayor eficiencia y la mayor velocidad posibles. En el código más abajo está comentado la impresión por pantalla del código, para comprobar que es correcto, y se emite por el pin 9, el cual conectamos al osciloscopio y conseguimos entre 45kHz y 66KHz.

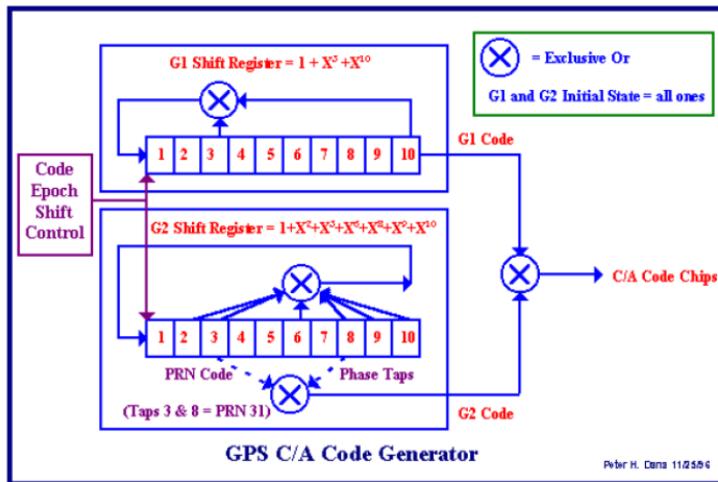


Figura 3.- generador códigos GPS

Figura 5: Esquema generador códigos gps

Código Arduino UNO:

```
1 #include <stdbool.h>
2 #include <LiquidCrystal.h>
3
4 // initialize the library with the numbers of the interface pins
5 LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
6
7 unsigned short r1 = 2047;
8 unsigned short r2 = 2047;
9
10 #define B11 0x01
11 #define B10 0x02
12 #define B9 0x04
13 #define B8 0x08
14 #define B7 0x010
15 #define B6 0x020
16 #define B5 0x040
17 #define B4 0x080
18 #define B3 0x0100
```

```

19 #define B2 0x0200
20 #define B1 0x0400
21
22 unsigned short G1() {
23     r1 >>= 1;
24     r1 |= (((r1&B4) >> 7) ^ (r1&B11) ? B1 : 0);
25     return r1&B11;
26 }
27
28 unsigned short G2() {
29     r2 >>= 1;
30     r2 |= (((r2 & B3) >> 8) ^ ((r2 & B4) >> 7) ^ ((r2 & B7) >> 4) ^ ((r2 & B9) >> 2) ^ ((r2 &
31         B10) >> 1) ^ (r2 & B11) ? B1 : 0);
32     return (((r2&B4) >> 5)) ^ (r2&B9)) >> 2;
33 }
34 void setup() {
35     // put your setup code here, to run once:
36     lcd.begin(16, 4);
37     pinMode(9, OUTPUT);
38 }
39
40 void loop() {
41     // put your main code here, to run repeatedly:
42     //lcd.setCursor(0,0);
43     //lcd.print(G1()^G2());
44     digitalWrite(9, G1()^G2());
45     //delay(500);
46 }

```

senialGPS.ino

Muestras de osciloscopio por el pin 9:

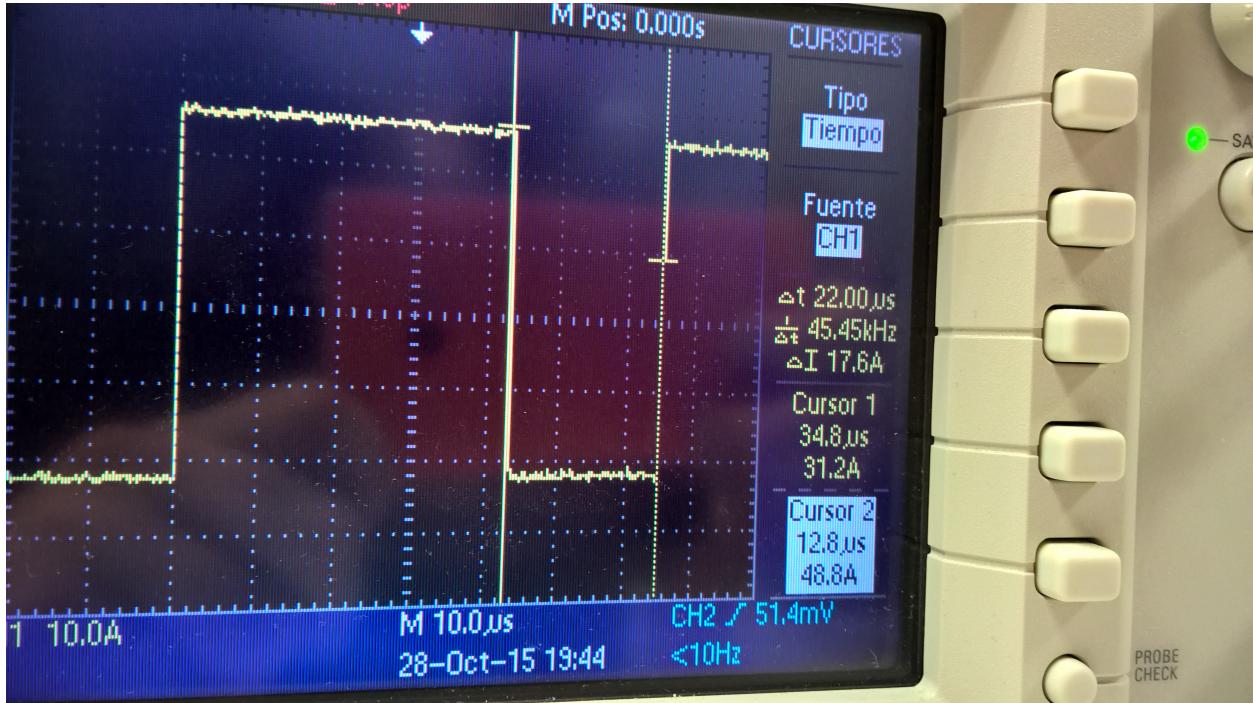


Figura 6: 45.45kHz

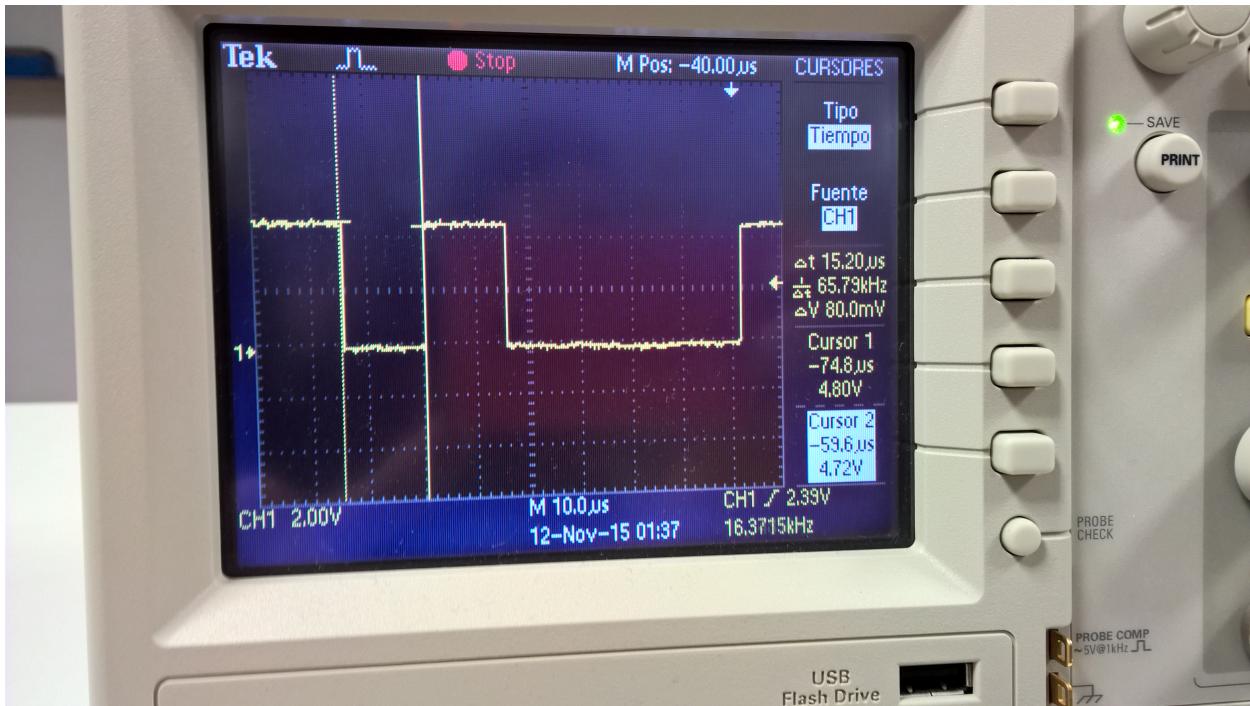


Figura 7: 65.79kHz

Para la emisión por el módulo de radio frecuencia, como sólo acepta hasta un máximo de frecuencia, habría que reducirla con el uso de la orden *delay()* en Arduino.

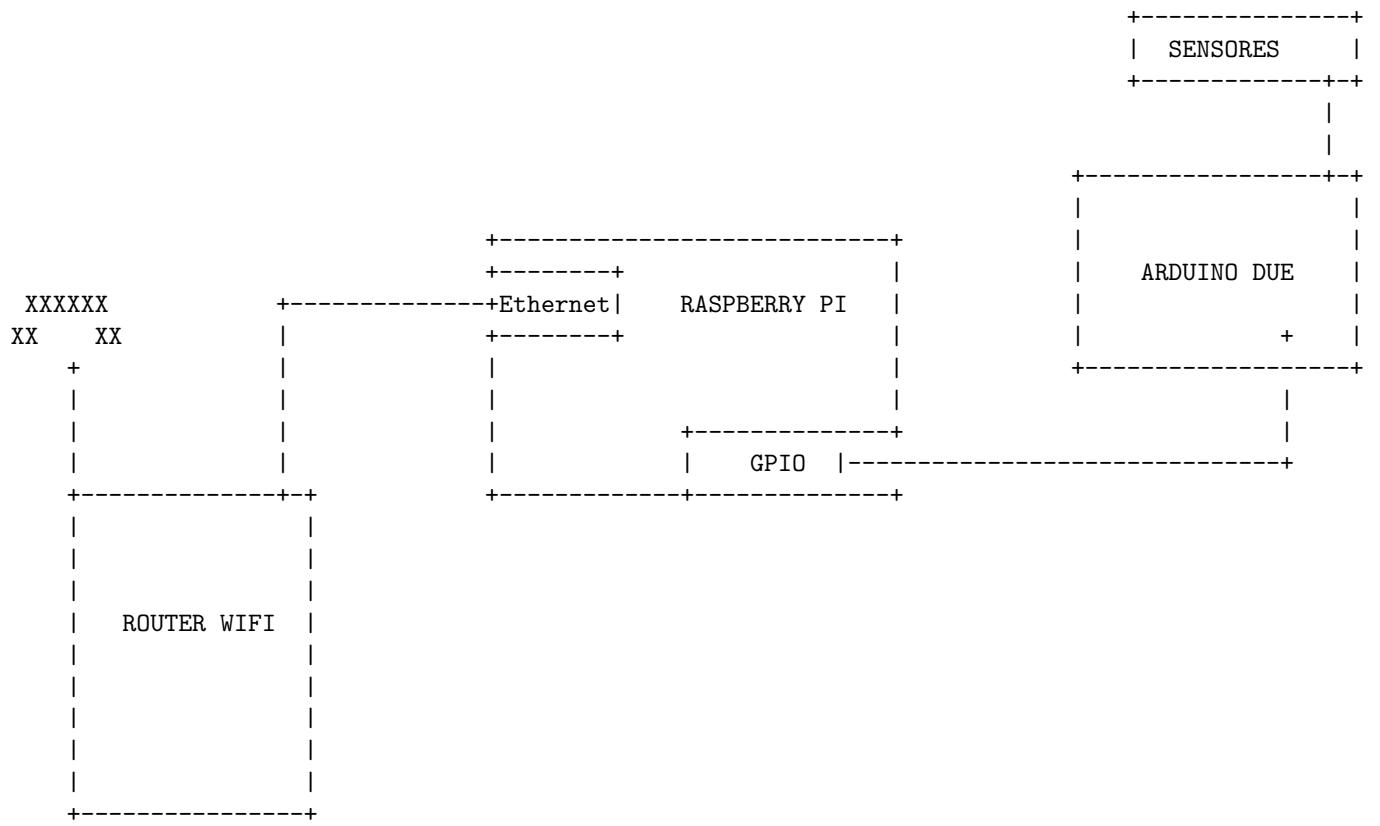
2. Práctica 2. Montaje de un servidor web de monitorización. Descripción del software

En la segunda parte de la práctica hemos puesto como objetivo desarrollar algo en el ámbito de internet de las cosas. Básicamente nuestro reto ha sido poner en internet (en nuestro caso usando HTTP y servicios Web) los distintos sensores y el monitor LCD utilizados en la práctica anterior.

Para ello nos hemos servido de un Arduino Due (ya que el voltaje de sus pines es compatible con la Raspberry Pi), de una Raspberry Pi y de un router Wifi que hace de punto de acceso entre la Raspberry Pi e internet.

2.1. Montaje de red

La Raspberry Pi, por su gran capacidad de cómputo, hace de centro de datos. Recibe información del Arduino Due a través de el puerto serie, y lo pone en internet a través de un puerto Ethernet.



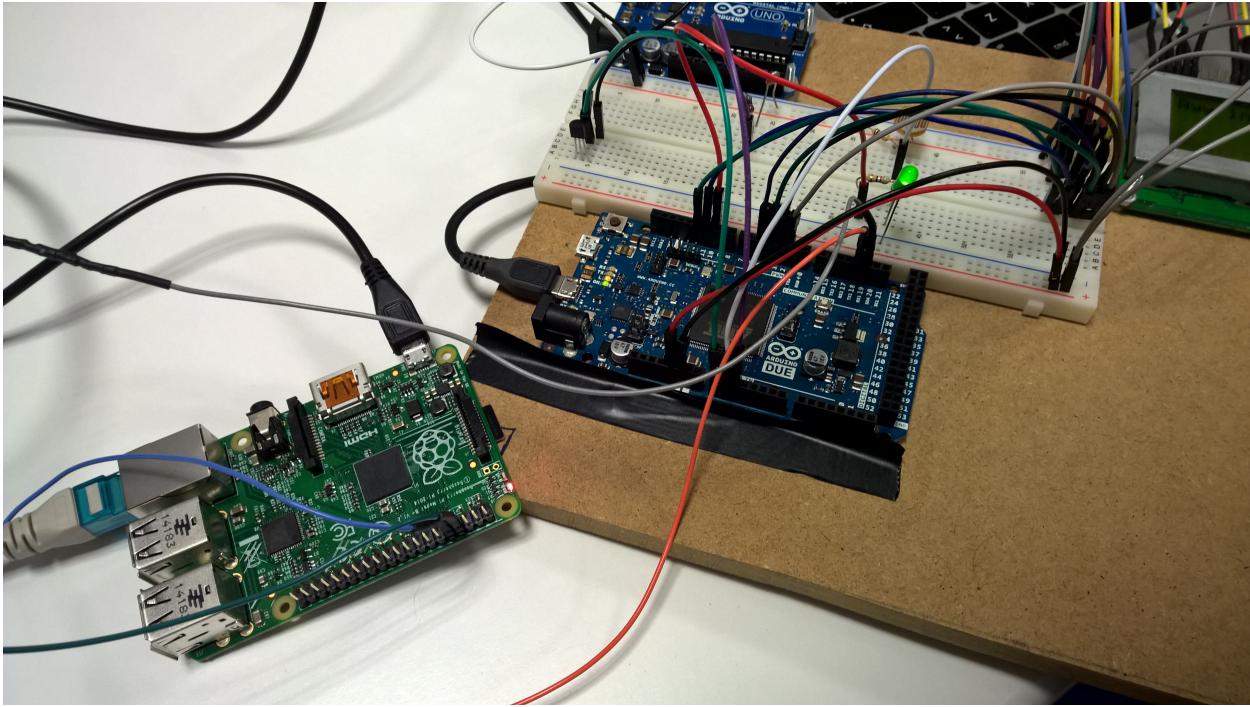


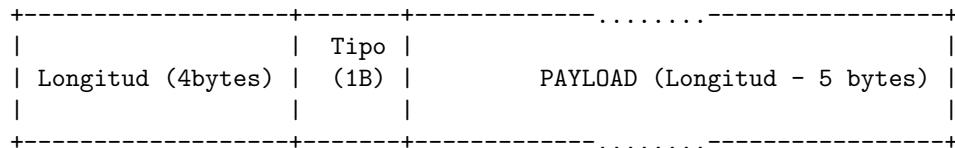
Figura 8: Conexión Raspberry Pi

2.2. Protocolo serie

El protocolo serie es muy simple, y se basa en transmitir unas tramas con la siguiente información (en ese orden):

- 1 byte nulo (valor 0) que indica inicio de la trama. Se utiliza para sincronizar en caso de error.
- 4 bytes que codifican en ASCII hexadecimal el tamaño de la trama.
- 1 byte que codifica en ASCII el tipo del paquete.
 - L: Valor de intensidad para el Led.
 - D: Texto para mostrar en el LCD Display.
 - l: Información del sensor de luz.
 - t: Información del sensor de temperatura.
- Varios bytes con el payload de la trama, en ASCII.

1 byte de sincronización + Paquete protocolo serie:



2.3. Código arduino

Lo primero que hemos hecho ha sido reutilizar parte del código de la primera práctica. En un bucle continuo, leemos los sensores de temperatura y luz y con la información obtenida mandamos frames por el protocolo serie a la Raspberry Pi.

Por otro lado, también nos encargamos de leer frames que puedan venir de la Rapsberry Pi. Si llega un frame de tipo 'L', le cambiamos el valor al *analog output* del led, haciendo que ilumine más o menos. O por si llega un frame de tipo 'D', en cuyo caso limpiamos el display y ponemos el nuevo texto en la pantalla.

2.4. Servicio web

El servicio web tiene dos partes, un código escrito en python que corre en la Rapsberry PI y otro código escrito en javascript que se ejecuta en un teléfono móvil, o un pc.

2.4.1. Parte servidor de python

En esta parte, se espera a que un navegador web estándar haga una petición de tipo GET para obtener el documento index.html. Además, está a la espera de recibir peticiones GET al documento 'luz' o al documento 'tmp'.

Cada vez que recibe una petición al documento luz, lee las tramas a través del puerto serie para obtener del Arduino la última lectura del sensor de luz. Después, contesta la petición con el valor del sensor. Lo mismo sucede si se recibe una petición al documento tmp, solo que se devuelve la temperatura.

Por otro lado, el servidor de python también está a la espera de las peticiones PUT 'led' y 'display'. En este caso, en vez de devolver un valor leyendo por el puerto serie, lo que hace es escribir en el puerto serie una trama de tipo 'L' (si led) o de tipo 'D' (si display) para alterar el brillo del led o el texto del monitor LCD.

2.4.2. Parte cliente de javascript

En el explorador web, se ejecuta continuamente una petición de tipo GET 'luz' y GET 'tmp', para actualizar en tiempo real la oscuridad del fondo (dependiendo del nivel de luz), o el valor de un número dependiendo de la temperatura.

También se pone una barra de desplazamiento para modificar el brillo del led, y una barra de texto para cambiar el mensaje del display. Cuando se mueve la barra de desplazamiento se ejecuta un PUT 'led', y cuando se cambia el texto en la barra se ejecuta un PUT 'display', que llegan al servidor web de python.

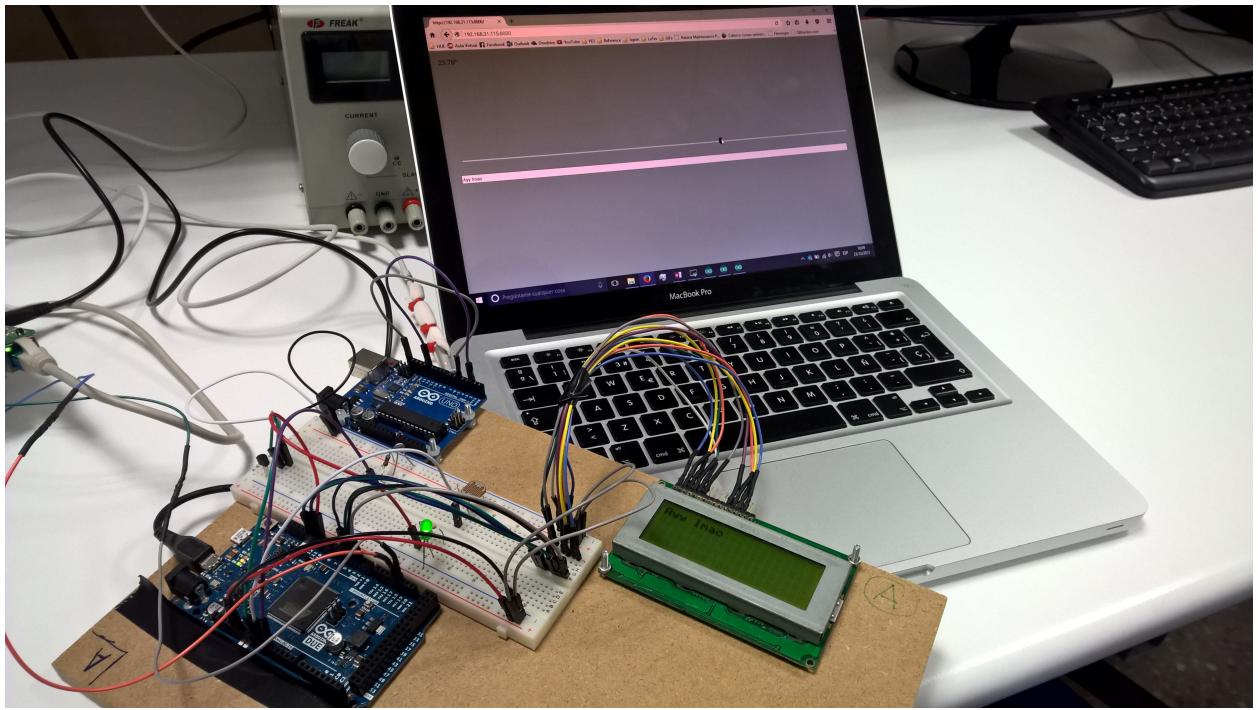


Figura 9: Test 1: Slider intensidad Led. Temperatura ambiente. Luz ambiente. Mensaje en LCD.

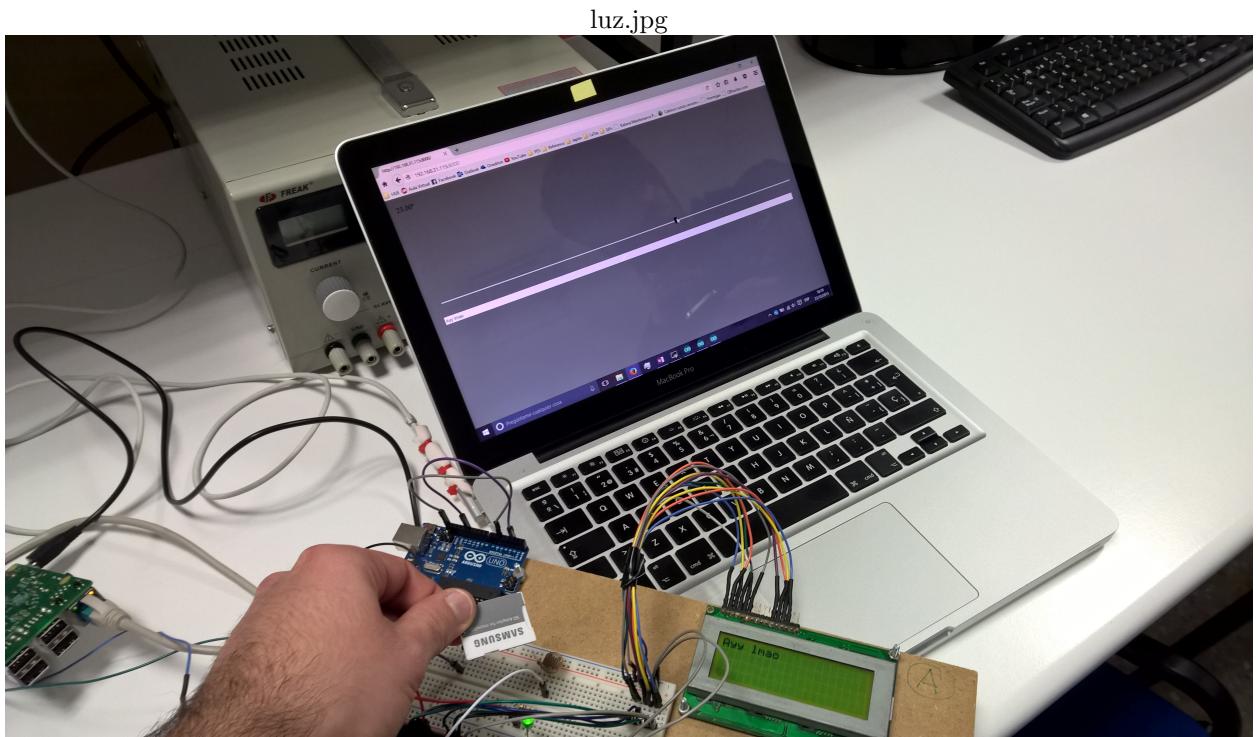


Figura 10: Test 2: Sombra en sensor de luz → fondo de la web más oscuro.

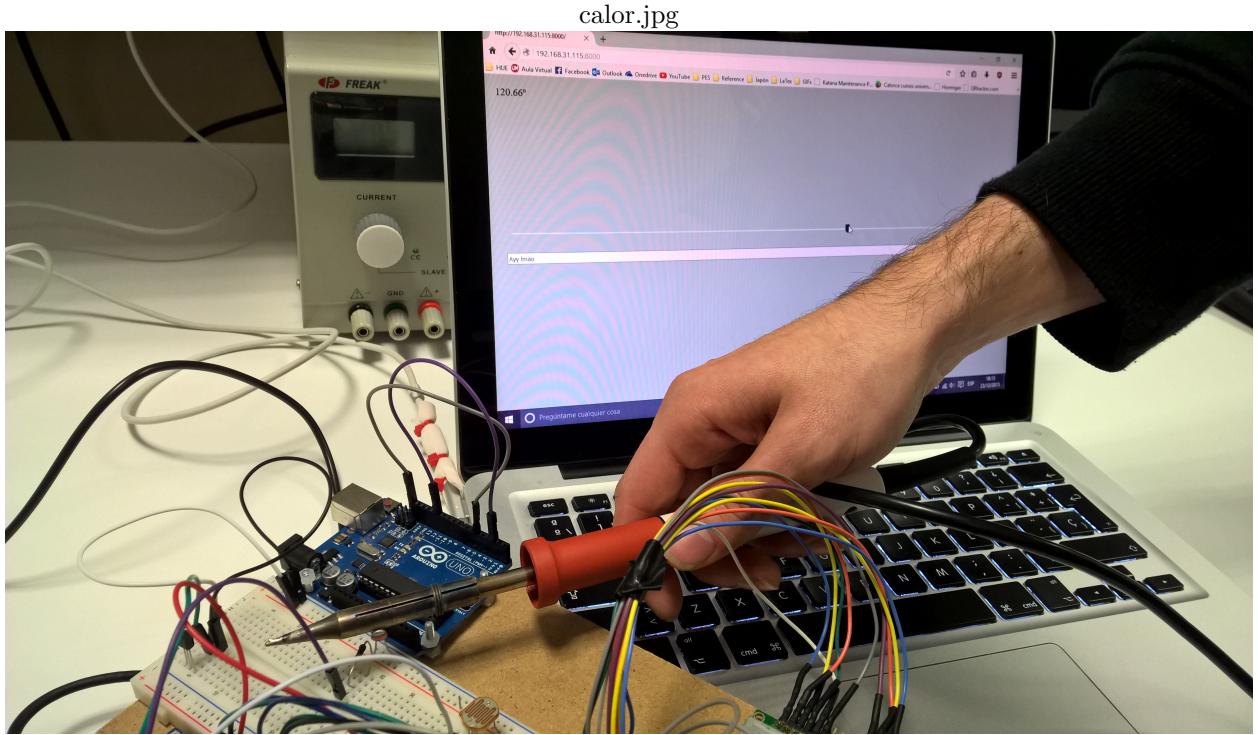


Figura 11: Test 3: Temperatura de 120.66°C por soldador.

3. Notas adicionales

3.1. Aproximación a la temperatura real

Siguiendo las indicaciones de los fabricantes de los sensores de temperatura hemos llegado a lecturas que no pueden corresponderse con la realidad (porque aparecían disparates), así que hemos tenido que aproximar la temperatura con la experimentación.

3.2. Lector de pulsaciones

Al final del cuatrimestre pudimos experimentar con un sensor de pulsaciones del corazón. El sensor es muy sencillo de utilizar: la cara con circuitería se protege con plástico o tela para que no toque la piel, pues las indicaciones avisan del impacto negativo de la grasa sobre el circuito, la otra cada se toca con la punta del dedo y se puede sujetar con un anillo de velcro; las conexiones son 3, tierra, voltaje, que soporta tanto 3.3v como 5v para poder usarlo en cualquier versión de Arduino, y el cable que se conecta a la entrada analógica para lectura.

Usando el osciloscopio pudimos averiguar que una vez está en contacto con el dedo, el sensor mantiene dos niveles de señal: aproximadamente 2v cuando no hay pulso, sólo contacto; 3.3v cuando se detecta un pulso.

De este modo, aunque no nos dio tiempo, la incorporación del sensor de pulsaciones a arduino sería hacer una lectura del sensor periódica y detectar los picos de tensión sobre los 3v, para dar margen de error al teórico 3.3v.

4. Código

4.1. Código Arduino

Dos ficheros, uno con el código de los sensores de la primera parte, usando el Arduino UNO, y el segundo el código de Arduino DUE con el protocolo de comunicación y lectura de sensores.

Código sensores Arduino UNO:

```
1 #define pinLed 10
2 #define tempResN A2
3 #define tempResP A0
4 #define luzRes A1
5 #include <LiquidCrystal.h>
6
7 LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
8
9 void setup() {
10     // Led:
11     pinMode(pinLed, OUTPUT);
12
13     // Debug
14     Serial.begin(9600);
15
16     // LCD
17     lcd.begin(16, 2);
18 }
19
20 void loop() {
21     delay(20);
22
23     // Temperaturas:
24     Serial.println("Resistencia positiva:");
25     int res = analogRead(tempResP);
26     double temp = (4.88*res - 400)/19.5 - 10.0;
27     Serial.println(temp);
28
29     Serial.println("Resistencia negativa:");
30     res = analogRead(tempResN);
31     Serial.println((1.-res/1024.)*100.-25.);
32
33     // Luz:
34     Serial.println("Resistencia de luz:");
35     res = analogRead(luzRes);
36     Serial.println(128-(unsigned char)(res/4));
37
38     // Led:
39     res = res/4 > 127 ? 127 : res/4;
40     analogWrite(pinLed, (128-res)*2-1);
41
42     // LCD:
43     lcd.setCursor(0,0);
44     lcd.print("Temp = ");
45     lcd.print(temp);
46 }
```

codigoSensoresArduinoUNO.ino

Código Arduino DUE:

```
1 #define LED_PIN 10
2 #define luzRes A1
3 #define tempResN A2
4 #include <Streaming.h>
```

```

5 #include <LiquidCrystal.h>
6
7 struct paquete {
8     paquete() {
9         this->reserved = 0;
10    }
11
12    char longitud[4];
13    char tipo;
14    char payload[555];
15    char reserved;
16    void leer() {
17        char test;
18        Serial1.readBytes(&test, 1);
19        while (test != '\255')
20            Serial1.readBytes(&test, 1);
21        Serial1.readBytes(longitud, 4);
22        l = hex2int(longitud, 4);
23        Serial1.readBytes(&tipo, 1);
24        Serial1.readBytes(payload, l-5);
25        if (l-5 < 555)
26            payload[l-5] = 0;
27    }
28
29    void enviar() {
30        if (tipo == 'l' || tipo == 'L' || tipo == 't')
31            this->enviar(7);
32    }
33
34    void enviar(int longitud) {
35        Serial1.write("\255", 1);
36        Serial1.write(this->longitud, 4);
37        Serial1.write(&tipo, 1);
38        Serial1.write(payload, longitud - 5);
39    }
40
41    long length() {
42        return l;
43    }
44 private:
45     long l;
46 };
47
48 unsigned long hex2int(char *a, unsigned int len)
49 {
50     unsigned int i;
51     unsigned long val = 0;
52
53     for (i=0;i<len;i++)
54         if (a[i] <= 57)
55             val += (a[i]-48)*(1<<(4*(len-1-i)));
56         else
57             val += (a[i]-87)*(1<<(4*(len-1-i)));
58     return val;
59 }
60
61 void int2hex(char * a, unsigned int n) {
62     char x1 = n%16;
63     char x2 = (n>>4)%16;
64     a[1] = x1+'0';
65     a[0] = x2+'0';
66
67     if (x1 >= 10)
68         a[1] = (x1-10)+'A';
69     if (x2 >= 10)

```

```

70     a[0] = (x2-10) + 'A';
71 }
72
73 struct paquete luz;
74 struct paquete tmp;
75 LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
76
77 void setup() {
78     strcpy(luz.longitud, "000");
79     luz.longitud[3] = '7';
80     luz.tipo = '1';
81
82     strcpy(tmp.longitud, "000");
83     tmp.longitud[3] = '7';
84     tmp.tipo = 't';
85
86     // set the data rate for the SoftwareSerial port
87     Serial1.begin(4800);
88     Serial.begin(9600);
89     //Serial1.println("");
90     pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
91     analogWrite(LED_PIN, 255);
92
93     lcd.begin(20, 4);
94     lcd.setCursor(0,0);
95     lcd.print("abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890abcdefghijklmnopqrstuvwxyz0123456789");
96 }
97
98 void loop() { // run over and over
99     struct paquete p;
100    if (Serial1.available()) {
101        p.leer();
102        if (p.tipo == 'L') {
103            Serial.write(p.payload, 2);
104            Serial.write("\n", 1);
105            long intensidad = hex2int(p.payload, 2);
106            Serial.println(intensidad);
107            analogWrite(LED_PIN, intensidad);
108        } else if (p.tipo == 'D') {
109            Serial.println(p.payload);
110            lcd.setCursor(0,0);
111            lcd.print(p.payload);
112        }
113    } else {
114        int res = analogRead(luzRes);
115        res = (unsigned char)(res/4);
116        int2hex(luz.payload, res);
117        luz.enviar();
118
119        res = analogRead(tempResN);
120        int2hex(tmp.payload, res/4);
121        tmp.enviar();
122
123        delay(50);
124    }
125 }

```

pser.ino

4.2. Código Raspberry Pi

Dos ficheros, el servidor web escrito en Python, implementando el protocolo de comunicación con Arduino DUE, y el fichero *index.html* de la página web que muestran la información de los sensores o entrada de

datos para pantalla y led.

Código servidor Python:

```
1 import sys
2 import BaseHTTPServer
3 from SimpleHTTPServer import SimpleHTTPRequestHandler
4 import RPi.GPIO as GPIO
5 import time
6 import serial
7 GPIO.cleanup() ## Hago una limpieza de los GPIO
8 GPIO.setmode(GPIO.BCM)
9 #GPIO.setup(21, GPIO.OUT) ## GPIO 17 como salida
10
11 port = serial.Serial("/dev/ttyAMA0", baudrate=4800, timeout=3.0)
12
13 class paquete:
14     puerto = None
15     def __init__(self, s):
16         self.puerto = s
17
18     def enviar(self):
19         bytes = self.long + self.tipo + self.payload
20         length = int(self.long)
21         if (length > len(bytes)):
22             bytes += "0"*(length - len(bytes))
23         self.puerto.write("\255"+bytes)
24
25     def leer(self):
26         print self.long + self.tipo + self.payload
27         sync = self.puerto.read(1)
28         while sync != "\255":
29             sync = self.puerto.read(1)
30         self.long = self.puerto.read(4)
31         self.tipo = self.puerto.read(1)
32         self.payload = self.puerto.read(int(self.long),16)-5
33
34         long = "0007"
35         tipo = "L"
36         payload = "0"
37
38
39
40 luz = 0
41 tmp = 0
42 class PUTHandler(SimpleHTTPRequestHandler):
43     p = paquete(port)
44     def doPUT(self):
45         if self.path == "/led":
46             length = int(self.headers['Content-Length'])
47             content = self.rfile.read(length)
48             self.send_response(200)
49             x = int(content)%256
50             self.p.tipo = "L"
51             self.p.payload = hex(x)[2:]
52             self.p.payload = (2-len(self.p.payload))*"0"+self.p.payload
53             self.p.enviar()
54         elif self.path == "/display":
55             length = int(self.headers['Content-Length'])
56             content = self.rfile.read(length)
57             content = content[0:min(length,80)]
58             if length < 80:
59                 content = content + " "* (80 - len(content))
60             print content
61             content = content[0:20]+content[40:60]+content[20:40]+content[60:80]
62             print len(content)
```

```

63     self.send_response(200)
64     self.p.long = "0055"
65     self.p.tipo = "D"
66     self.p.payload = content
67     self.p.enviar()
68
69
70     def do_GET(self):
71         global luz
72         global tmp
73         if self.path in ["/luz", "/tmp"]:
74             while self.p.puerto.inWaiting() > 0:
75                 self.p.leer()
76                 if (self.p.tipo == "1"):
77                     luz = self.p.payload
78                 elif (self.p.tipo == "t"):
79                     tmp = self.p.payload
80             self.send_response(200)
81             self.send_header("Content-type", "text/plain")
82             self.end_headers()
83             self.wfile.write([luz,(1.-int(tmp,16)/256.)*200.-2.][self.path == "/tmp"])
84         return
85     return SimpleHTTPRequestHandler.do_GET(self)
86
87
88 HandlerClass = PUTHandler
89 ServerClass = BaseHTTPServer.HTTPServer
90 Protocol = "HTTP/1.0"
91
92 if sys.argv[1:]:
93     port = int(sys.argv[1])
94 else:
95     port = 8000
96 server_address = ('', port)
97
98 HandlerClass.protocol_version = Protocol
99 httpd = ServerClass(server_address, HandlerClass)
100
101 sa = httpd.socket.getsockname()
102 print "Serving HTTP on", sa[0], "port", sa[1], "..."
103 try:
104     httpd.serve_forever()
105 except:
106     GPIO.cleanup()
107     print "limpiando"

```

restserver.py

Código página web:

```

1<html>
2
3<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
4<meta charset="UTF-8">
5
6<script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/2.1.3/jquery.min.js"></script>
7<body>
8<div class="temperatura" id="tmp">25</div>
9<div class="centro">
10<input min="0" max="255" type="range" id="myRange" value="100" oninput="change(this.value)"
11    onchange="change(this.value);">
11<input type="text" value="Ayy lmao" onkeyup="display(this.value);">
12</div>
13</body>
14

```

```

15<style>
16body, html {
17    padding: 0;
18    margin: 0;
19    width: 100vw;
20}
21
22.centro {
23    position: relative;
24    display: flex;
25    display: -webkit-flex;
26
27    flex-flow: column;
28    -webkit-flex-flow: column;
29    position: fixed;
30    width: 95vw;
31    height: 20vh;
32    left: 2.5vw;
33    top: 40vh;
34}
35
36.centro > * {
37    width: 100%;
38    margin-top: 30px;
39}
40
41.temperatura {
42    font-size: 20px;
43    position: fixed;
44    left: 20px;
45    top: 20px;
46}
47
48</style>
49
50<script>
51function change(e) {
52    console.log(e);
53    $.ajax({
54        url: '/led',
55        type: 'PUT',
56        data: e,
57        success: function(result) {
58            console.log(result);
59        }
60    });
61}
62
63function display(e) {
64    console.log(e);
65    $.ajax({
66        url: '/display',
67        type: 'PUT',
68        data: e,
69        success: function(result) {
70            console.log(result);
71        }
72    });
73}
74
75setInterval(function () {
76    //console.log("lmao");
77    $.ajax({
78        url: "/luz",
79        type: "GET",

```

```
80     success: function(result) {
81         result = ""+result;
82         //console.log(result+result+result);
83         if (result.length < 2)
84             result = "0"+result;
85         $("body").css({"background-color": "#"+result+result+result});
86     }
87 });
88 $.ajax({
89     url: "/tmp",
90     type: "GET",
91     success: function(result) {
92         result = ""+result;
93         //console.log(result+result+result);
94         result = parseFloat(result);
95         $("#tmp").get(0).innerHTML = result.toFixed(2)+" C";
96     }
97 }, 50);
98 },
99
100</script>
101</html>
```

index.html