

Progetto Sensori E Trasduttori

Cheikh Cisse

s1114086

Il progetto richiede l'utilizzo di due sensori "rain" o "water" resistivi, da usare singolarmente ed insieme in varie modalità di esecuzione di prove e misure. Le misure vengono fatte grazie all'uso di un microcontrollore, in particolare sarà usato l'Arduino Uno.

1 Sensori

Per la realizzazione del progetto sono stati utilizzati due sensori di tipo resistivo, ovvero sensori in cui una grandezza fisica, che si deve misurare, è in grado di modificare la resistenza di un materiale. Perciò questi dispositivi convertono una variazione della grandezza da misurare in una variazione di resistenza. In particolare, per i sensori in mio possesso, la presenza o meno di acqua nella pista resistiva fa variare la sua resistenza e di conseguenza la tensione che viene letta dal microcontrollore.

Di seguito si mostrano i due sensori utilizzati per la realizzazione del progetto, per semplicità di notazione saranno etichettati come sensore 1 e sensore 2:

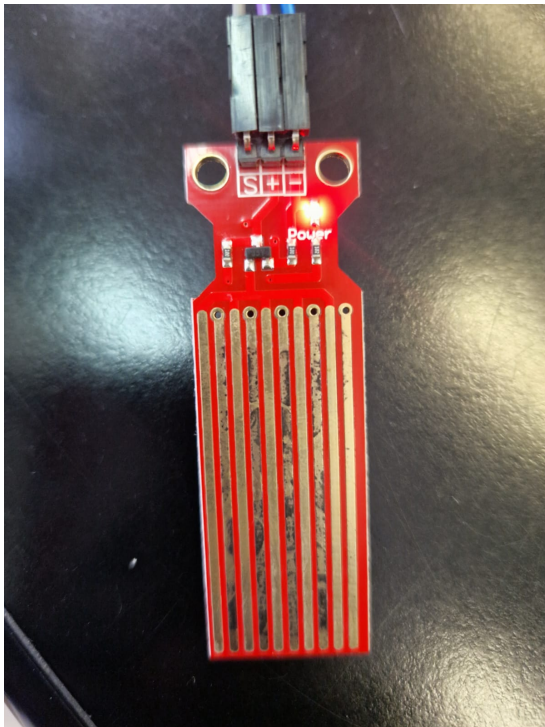


Figure 1: Sensore 1

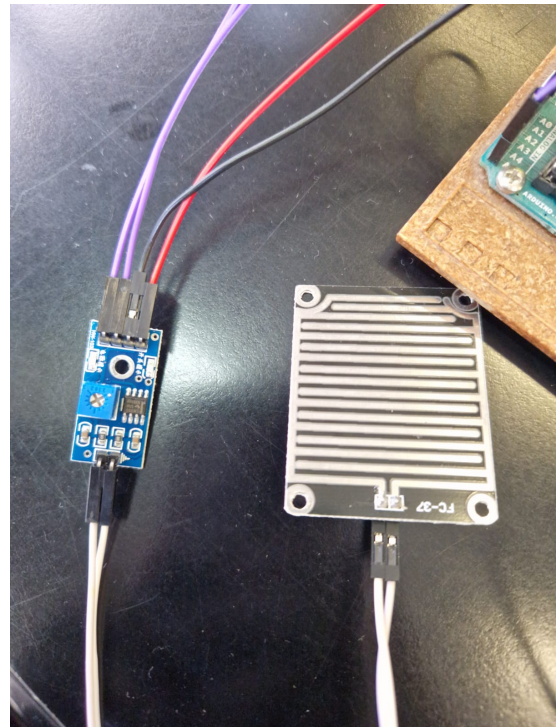


Figure 2: Sensore 2

Il primo sensore ha 3 pin che servono per l'alimentazione, la massa e il segnale che in questo caso è analogico essendo un sensore, appunto, analogico. Si nota come il condizionamento del

segnale sia eseguito dal sensore stesso.

Per quanto riguarda il secondo sensore, esso risulta un po' più complesso rispetto al primo, infatti il condizionamento del segnale è fatto da una piccola scheda collegata all'elemento di sensing, si nota in particolare la presenza di un trimmer per la modifica della sensibilità, a seconda di come si gira l'albero del potenziometro si ha maggiore o minore sensibilità. Quindi il collegamento dell'elemento di sensing alla scheda passa attraverso la scheda che effettua il condizionamento del segnale, tramite due fili che si notano anche in foto che sono tra l'altro scambiabili. Dalla scheda di condizionamento partono 4 fili che vanno collegati all'Arduino, i fili sono per l'alimentazione, la massa, il segnale analogico e il segnale digitale. Quindi nel secondo sensore si ha un filo in più ovvero quello che porta l'informazione digitale, tale segnale ci dice se nell'elemento di sensing è presente o meno dell'acqua.

2 Scheda

I segnali che provengono dai vari sensori sono stati processati da una scheda Arduino Uno, la scheda è la seguente:



Figure 3: Scheda Arduino Uno

La scheda dispone di 5 ingressi analogici, 11 pin digitali che possono essere settati, via codice, come ingressi o come uscite. Vista la moltitudine di morsetti tra ingressi e uscite è possibile collegare i due sensori insieme per fare delle misure simultanee. L'alimentazione della scheda è da 5V o da 3.3V a seconda di quanto ha bisogno il sensore, controllabili se si alimentano i sensori dai pin digitali invece che dal morsetto della potenza. La scheda lavora in digitale quindi ha un ADC interno con il quale trasforma il valore di tensione analogico letto in un valore digitale da 1 a 1023, quindi il convertitore è a 10 bit di risoluzione. Sarà usato il valore quantizzato per le considerazioni riguardo il progetto, in particolare i parametri statistici che andremo a calcolare.

3 Realizzazione

Di seguito si farà una descrizione della realizzazione del progetto, illustrando il codice utilizzato, il collegamento dei sensori alla scheda, le rilevazioni del sensore e la discussione dei risultati.

3.1 Collegamento

Per prima cosa si è fatto il collegamento dei sensori alla scheda Arduino, scegliendo i pin da utilizzare che saranno poi gestiti dalla scheda.

Le rilevazioni sono state fatte con l'aiuto di un bicchiere per poter fare delle misure con la stessa quantità di acqua, il bicchiere è stato messo in un mosto in cui vento o movimenti del piano in cui poggia non potessero creare situazioni differenti nelle misure. La scelta del bicchiere è dovuta al fatto che in questo modo la quantità di acqua che bagna la pista resistiva è sempre la stessa, cosa che non succede se lascio il sensore in piano perché la quantità di acqua sul sensore, anche se di poco, si sposta bagnando più pista resistiva (sarà fatta anche questa tipologia di misura). Quindi quella del bicchiere è stata ritenuta la condizione più statica possibile. Di seguito le immagini del collegamento per una chiara visione di ciò che è stato spiegato prima:

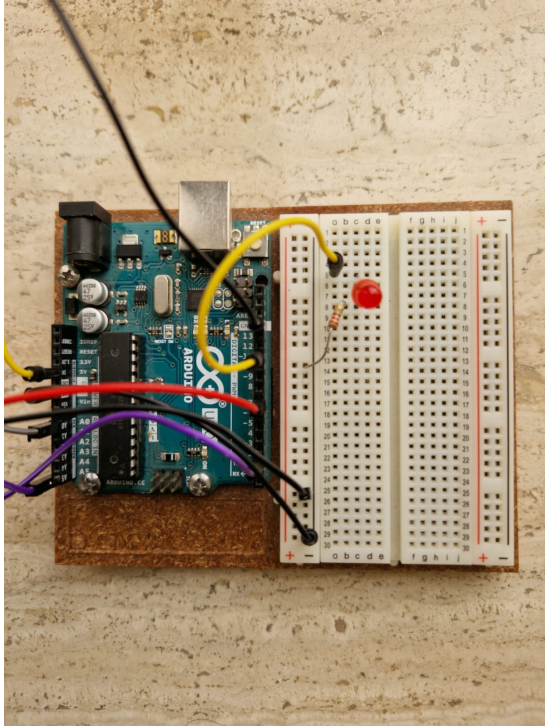


Figure 4: Vista scheda e breadboard



Figure 5: Vista sensori

Si nota la presenza di un LED nella Figura 4, è stato usato come segnale visivo che indica la fine delle acquisizioni.

3.2 Codice Arduino

Ora si mostra e si discute in modo qualitativo il codice utilizzato per la realizzazione del progetto, l'ambiente di sviluppo del codice è l'Arduino Uno IDE, il codice scritto è molto semplice.

Si definiscono i pin utilizzati e le variabili di cui si avranno bisogno nel void loop. Nel setup, invece, si definiscono quali di questi pin sono da considerare come input o come output, ciò non vale per i pin analogici che sono solo ingressi, inoltre in questa parte di codice si inizializza il monitor seriale. Infine c'è il void loop, è qui che si manipolano i segnali forniti dai sensori per poterli visualizzare tramite monitor seriale, incluso il blink del LED usato per segnale visivo di fine acquisizioni. Si nota, da codice, che sono state fatte 10000 acquisizioni, ritenute abbastanza per riuscire a fare una valutazione statistica attendibile.

E' stato scritto un codice unico per i due sensori in modo da poterli utilizzare insieme e fare delle acquisizioni contemporaneamente. La moltitudine di pin forniti dalla scheda Arduino Uno permette di utilizzare assieme i due sensori. Per le acquisizioni singole sono stati scritti due codici diversi, non si riporteranno i due codici in quanto sono molto simili al codice totale,

infatti quello che sarà riportato di sotto è di fatto un'operazione di merging tra i due codici. Il codice utilizzato per i sensori è il seguente:

```
1  #define DIGITAL_PIN 3
2  #define ANALOG_PIN_1 0
3  #define ANALOG_PIN_2 5
4  #define SENSOR_POWER 2
5  #define LED 11
6
7  char printBuffer[128];
8  boolean isRaining = false;
9  String raining;
10 short input_adc_1;
11 short input_adc_2;
12 short count = 1;
13
14 void setup() {
15     // put your setup code here, to run once:
16     Serial.begin(9600);
17     pinMode(DIGITAL_PIN, INPUT);
18     pinMode(SENSOR_POWER, OUTPUT);
19     pinMode(LED, OUTPUT);
20     digitalWrite(SENSOR_POWER, LOW);
21 }
```

Figure 6: Parte 1

```
23 void loop() {
24     // put your main code here, to run repeatedly:
25     while(count <= 10000){
26         input_adc_1 = analogRead(ANALOG_PIN_1);
27         digitalWrite(SENSOR_POWER, HIGH);
28         input_adc_2 = analogRead(ANALOG_PIN_2);
29         sprintf(printBuffer, "1: %d 2: %d", input_adc_1, input_adc_2);
30         Serial.println(printBuffer);
31         isRaining = digitalRead(DIGITAL_PIN);
32         if(isRaining){
33             raining = "Si";
34         }
35         else{
36             raining = "No";
37         }
38         digitalWrite(SENSOR_POWER, LOW);
39         count++;
40     }
41     digitalWrite(LED, !digitalRead(LED));
42     delay(100);
43 }
```

Figure 7: Parte 2

3.3 Rilevazioni

Sono state fatte rilevazioni per il sensore 1 e il sensore 2, prima singolarmente e poi insieme. Ad ogni set di rilevazioni sono stati calcolati i seguenti parametri:

- il valore medio della misura
- la deviazione standard della misura
- l'incertezza complessiva di tipo A (quindi basandosi solo sulle rilevazioni, valutazione oggettiva)
- l'istogramma dei valori rilevati.

Tali parametri sono stati calcolati tramite Matlab, il codice è molto semplice grazie all'ausilio delle funzioni presenti nel programma. Di seguito si riporta il codice:

```
valori_statistici.m x +
1     close all;
2     clc;
3
4     num_rilevazioni = 10000;
5
6     media_valori = mean(rilevazione);
7     dev_standard = std(rilevazione);
8     inc_tipo_A = dev_standard/(sqrt(num_rilevazioni));
9
10    figure;
11    title("Istogramma valori");
12    hold on;
13    xlabel("Valori assunti");
14    ylabel("Frequenza valori");
15    istogramma = histogram(rilevazione);
16
```

Figure 8: Codice Matlab

Sono state fatte delle misure a vuoto (senza acqua) per entrambi i sensori; per il sensore 2, dotato di potenziometro per il controllo della sensibilità, sono state fatte delle misure con la massima sensibilità, con la minima sensibilità e con l'albero del trimmer portato a "metà". Dopodiché sono state fatte delle misure con la stessa quantità di acqua sui sensori, sia singolarmente che insieme.

Si è scelto di fare 3 rilevazioni per ogni condizione operativa, come detto prima ogni rilevazione contiene un set di 10000 acquisizioni.

3.3.1 Misure singole

Sensore 1 Il sensore 1 è privo di controllo di sensibilità, quindi sono state fatte misure 3 misure senza acqua e 3 misure con acqua, però si mostrano i risultati di solo due rilevazioni, una senza acqua e l'altra con la presenza di acqua. Di seguito le tabelle dei valori statistici ottenuti nelle misure:

Valore medio	Deviazione standard	Incertezza tipo A
1.3589000000000000	0.971486061926191	0.009714860619262

Table 1: Rilevazione senza acqua

Valore medio	Deviazione standard	Incertezza tipo A
3.0386820000000000e+02	0.748388113532583	0.007483881135326

Table 2: Rilevazione con acqua

Di seguito si mostrano gli istogrammi ottenuti per le rilevazioni:

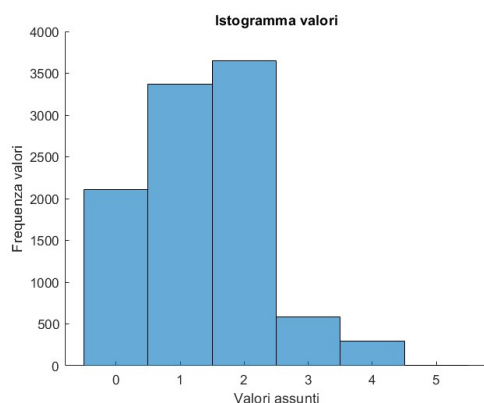


Figure 9: Istogramma senza acqua

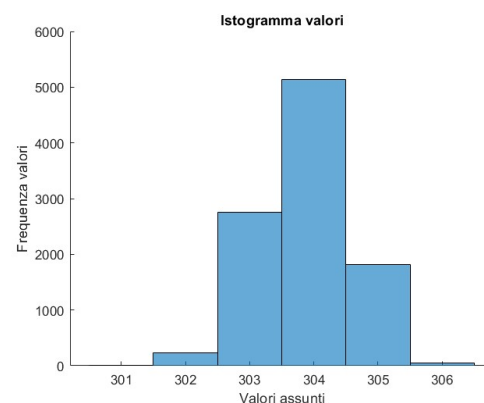


Figure 10: Istogramma con acqua

Sensore 2 Il sensore 2 ha il controllo sulla sensibilità, permesso dal potenziometro integrato ad esso. Si faranno delle misure con il massimo e minimo della sensibilità. Si mostreranno solo 2 tabelle per i valori statistici delle 6 rilevazioni fatte e i relativi istogrammi.

Di seguito i valori ricavati senza acqua prima e con acqua dopo, questo con la minima sensibilità:

Valore medio	Deviazione standard	Incertezza tipo A
2.5359510000000000e+02	0.950287479991957	0.009502874799920

Table 3: Rilevazione senza acqua

Valore medio	Deviazione standard	Incertezza tipo A
2.2929440000000000e+02	1.829826075436319	0.018298260754363

Table 4: Rilevazione con acqua

Si nota un chiaro peggioramento dei valori statistici (deviazione standard e incertezza di tipo A) dalla presenza o meno di acqua nel sensore, ora si mostrano gli istogrammi relativi:

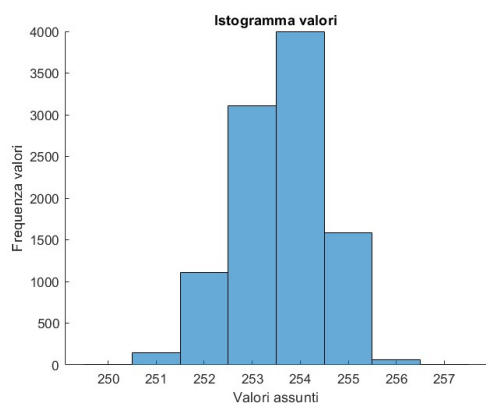


Figure 11: Istogramma senza acqua

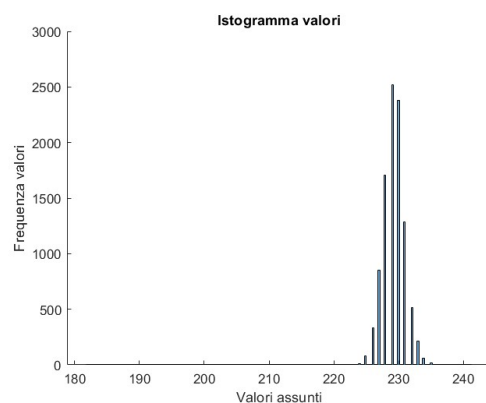


Figure 12: Istogramma con acqua

3.4 Misure in contemporanea

In questo caso i sensori sono stati messi insieme nel bicchiere, poi è stata aggiunta l'acqua, le condizioni di misura sono le medesime delle misure singole. Di seguito le tabelle per il sensore 1 e il sensore 2 nella condizione di massima sensibilità del secondo:

Valore medio	Deviazione standard	Incertezza tipo A
2.4016330000000000e+02	1.342986772588270	0.013429867725883

Table 5: Rilevazione sensore 1

Valore medio	Deviazione standard	Incertezza tipo A
2.9345980000000000e+02	3.261111381836659	0.032611113818367

Table 6: Rilevazione sensore 2

Il sensore 1 sembra comportarsi meglio rispetto al secondo per quanto riguarda la deviazione standard e l'incertezza di misura, ora si mostrano gli istogrammi:

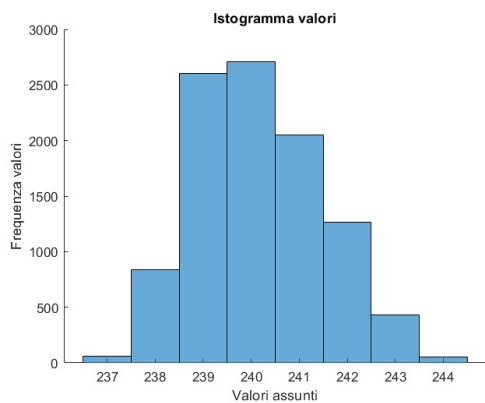


Figure 13: Istogramma sensore 1

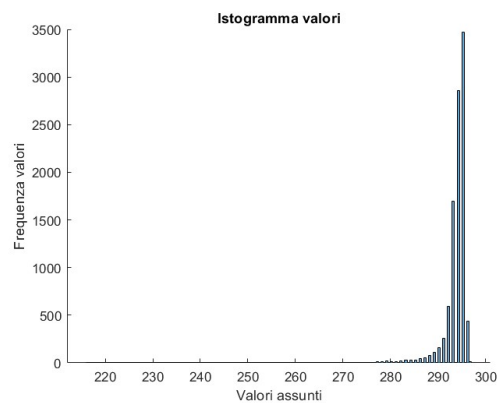


Figure 14: Istogramma sensore 2

Nella condizione di minima sensibilità del secondo sensore, si ha:

Valore medio	Deviazione standard	Incertezza tipo A
2.3417420000000000e+02	0.982828039432888	0.009828280394329

Table 7: Rilevazione sensore 1

Valore medio	Deviazione standard	Incertezza tipo A
2.7007600000000000e+02	3.307675629775093	0.033076756297751

Table 8: Rilevazione sensore 2

Anche in questo caso il sensore 1 sembra comportarsi meglio rispetto al sensore 2. In particolare il secondo non ha mostrato alcun miglioramento o peggioramento con una minore sensibilità. Gli istogrammi sono i seguenti:

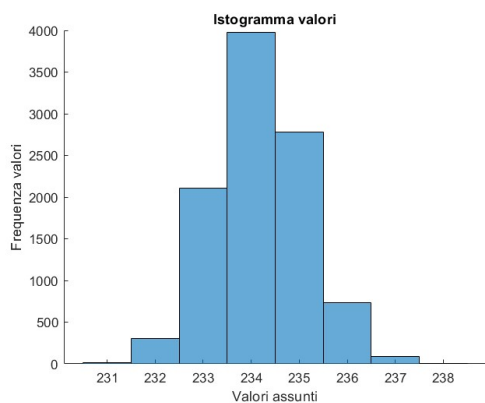


Figure 15: Istogramma sensore 1

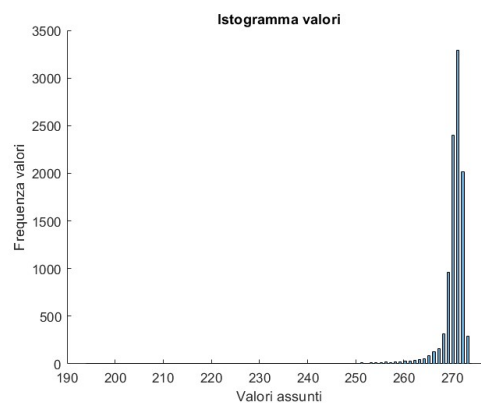


Figure 16: Istogramma sensore 2

Ora si aumenta la quantità di acqua presente nei sensori, si riportano di seguito i risultati:

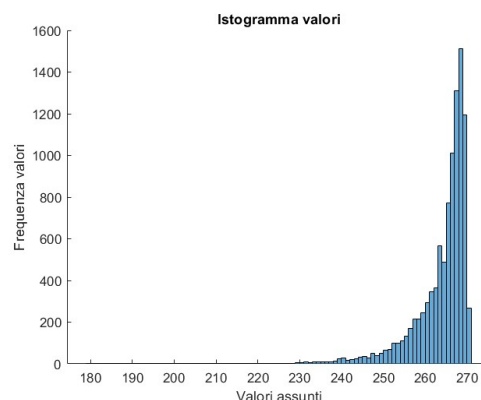
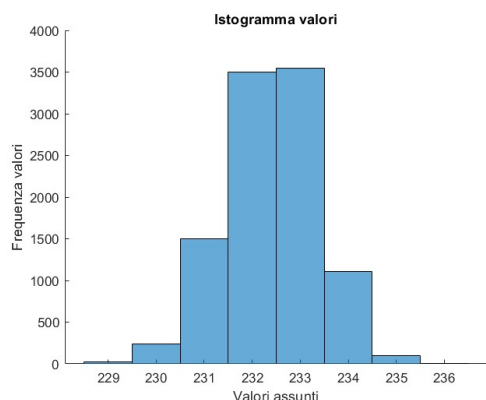
Valore medio	Deviazione standard	Incertezza tipo A
2.3204870000000000e+02	0.993302987553392	0.009933029875534

Table 9: Rilevazione sensore 1

Valore medio	Deviazione standard	Incertezza tipo A
2.6346410000000000e+02	6.859870040437921	0.068598700404379

Table 10: Rilevazione sensore 2

L'incertezza è peggiorata per entrambi i sensori, ma nel secondo è più evidente. Si caricano anche gli istogrammi relativi:



Per quanto riguarda i valori statistici delle misure, il sensore 1 si è comportato "meglio" in tutte le condizioni operative. L'incertezza di misura è sempre stata più bassa anche la deviazione standard, sia nelle prove senza acqua che in quelle con acqua. Ciò può essere dovuto alla maggiore sensibilità del secondo sensore (che potrebbe essere superiore a quella del primo sensore anche quando la setto al minimo), infatti esso sicuramente risente di più delle grandezze di influenza. Oppure il primo sensore ha una accuratezza migliore, i datasheet in questo caso non ci aiutano perché non ci forniscono il valore di accuratezza dei sensori.

Si mostrano ora i risultati di altre rilevazioni, in cui si è cambiata la porzione di pista resistiva bagnata dall'acqua. Si è usato il conta gocce per decidere quale parte della pista bagnare, quindi non si usa più il bicchiere. Nelle prime due tabelle che mostreremo l'acqua è stata messa al centro della pista resistiva, per quanto riguarda il sensore 2 il potenziometro è stato settato a mezza corsa in modo da valutare i risultati a metà sensibilità. Ecco i risultati:

Valore medio	Deviazione standard	Incertezza tipo A
3.3597830000000000e+02	3.480724156560719	0.034807241565607

Table 11: Rilevazione sensore 1

Valore medio	Deviazione standard	Incertezza tipo A
2.1976890000000000e+02	3.865719489140089	0.038657194891401

Table 12: Rilevazione sensore 2

Gli istogrammi sono i seguenti:

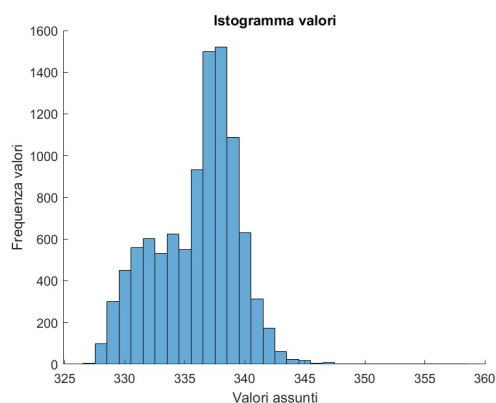


Figure 19: Istogramma sensore 1

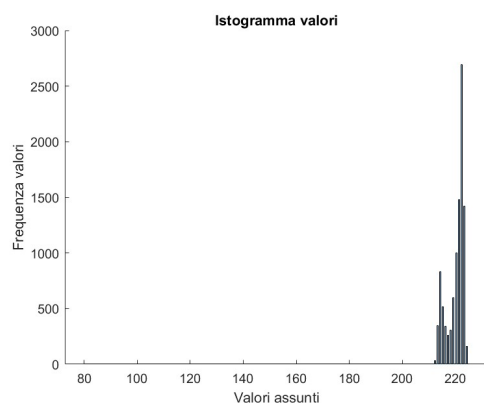


Figure 20: Istogramma sensore 2

Si nota molta dispersione dei valori nei due istogrammi, l'accuratezza del primo sensore è sempre migliore rispetto al secondo anche se non di molto. Si nota comunque un peggioramento nei risultati ottenuti dal sensore 1 rispetto alle misure precedenti. Ora i risultati quando l'acqua è stata messa nei bordi dei sensori:

Valore medio	Deviazione standard	Incertezza tipo A
3.2557720000000000e+02	3.036340247108287	0.030363402471083

Table 13: Rilevazione sensore 1

Valore medio	Deviazione standard	Incertezza tipo A
1.9770070000000000e+02	3.695116357909394	0.036951163579094

Table 14: Rilevazione sensore 1

Gli istogrammi sono i seguenti:

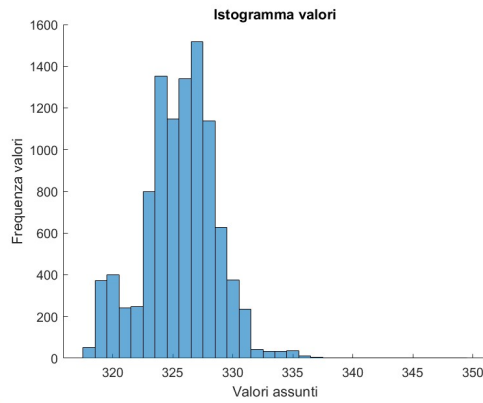


Figure 21: Istogramma sensore 1

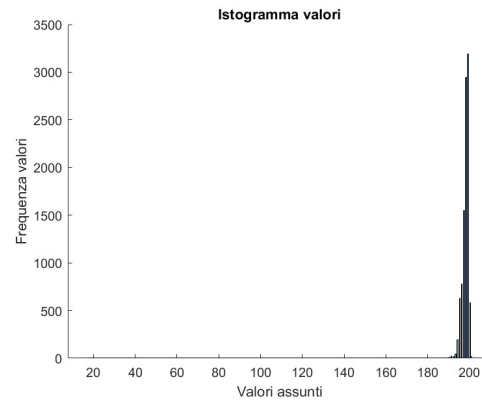


Figure 22: Istogramma sensore 2

Anche in questo caso il sensore 1 si è comportato meglio rispetto al sensore 2, però rispetto alle misure precedenti non c'è un evidente cambiamento per quanto riguarda l'incertezza di misura. Questo ci fa dedurre che la porzione di pista che viene bagnata dall'acqua non condiziona la misura fatta.

3.5 Risultati

I sensori si sono comportati più o meno nello stesso modo durante tutte le misure. Per il sensore 1 c'è stato un peggioramento nelle misure senza il bicchiere (condizioni di misura meno stabili, per il movimento anche se piccolo dell'acqua durante la misura bagnando più pista resistiva). Mentre per il sensore 2 c'è stato un miglioramento, nelle misure senza bicchiere, dei parametri statistici della misura. Si deduce che tale miglioramento sia dovuto alle misure fatte con la sensibilità del sensore fissato "più o meno" a metà, ruotando quindi l'albero del potenziometro per passare dalla posizione minima a quella massima e poi fermandosi a metà.

Inoltre, per quanto riguarda il sensore 1 si è notato nelle misure un offset della tensione rilevata quando non c'è acqua nella pista resistiva. Infatti durante la prima misura fatta per verificare il corretto funzionamento del sensore il valore, a vuoto, oscillava tra 0 e 1 ed era molto più vero lo zero, mentre nell'ultima misura fatta il valore oscillava tra 13 e 14. Questo sensore quindi mostra che le misure antecedenti hanno condizionato il suo funzionamento, potremmo definirla "isteresi". Lo stesso comportamento non è stato notato dal sensore 2, quindi a lungo andare questo potrebbe essere meglio del primo.