



POLITECNICO DI TORINO

RELAZIONI DI LABORATORIO

# 01NVIOQ

## Sistemi di misura e sensori

*Alessio Berto*  
*Amedeo Bertone*  
*Davide Botteon*  
*Luciano Prono*

Anno 2016/2017



# Indice

<b>0</b>	<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
<b>I</b>	<b>Arduino e amici</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>ArduinoTemp</b>	<b>5</b>
1.1	Struttura . . . . .	5
1.1.1	Analogica . . . . .	6
1.1.2	Digitale . . . . .	7
1.1.3	Interfaccia utente . . . . .	7
1.2	Specifiche . . . . .	8
1.2.1	versione 1.0 . . . . .	8
1.2.2	versione 1.5 . . . . .	9
<b>2</b>	<b>Condensatori</b>	<b>11</b>
2.1	Struttura . . . . .	11
<b>A</b>	<b>Firmware Arduino per ArduinoTemp</b>	<b>13</b>
<b>B</b>	<b>Firmware Arduino per Condensatori</b>	<b>15</b>
	<b>Conclusioni</b>	<b>17</b>



## Introduzione

Sed ut perspiciatis unde omnis iste natus error sit voluptatem accusantium doloremque laudantium, totam rem aperiam eaque ipsa, quae ab illo inventore veritatis et quasi architecto beatae vitae dicta sunt, explicabo. Nemo enim ipsam voluptatem, quia voluptas sit, aspernatur aut odit aut fugit, sed quia consequuntur magni dolores eos, qui ratione voluptatem sequi nesciunt, neque porro quisquam est, qui dolorem ipsum, quia dolor sit, amet, consectetur, adipisci velit, sed quia non numquam eius modi tempora incidunt, ut labore et dolore magnam aliquam quaerat voluptatem. Ut enim ad minima veniam, quis nostrum exercitationem ullam corporis suscipit laboriosam, nisi ut aliquid ex ea commodi consequatur? Quis autem vel eum iure reprehenderit, qui in ea voluptate velit esse, quam nihil molestiae consequatur, vel illum, qui dolorem eum fugiat, quo voluptas nulla pariatur?<sup>1</sup> At vero eos et accusamus et iusto odio dignissimos ducimus, qui blanditiis praesentium voluptatum deleniti atque corrupti, quos dolores et quas molestias excepturi sint, obcaecati cupiditate non provident, similique sunt in culpa, qui officia deserunt mollitia animi, id est laborum et dolorum fuga. Et harum quidem rerum facilis est et expedita distinctio. Nam libero tempore, cum soluta nobis est eligendi optio, cumque nihil impedit, quo minus id, quod maxime placeat, facere possimus, omnis voluptas assumenda est, omnis dolor repellendus. Temporibus autem quibusdam et aut officiis debitis aut rerum necessitatibus saepe eveniet, ut et voluptates repudiandae sint et molestiae non recusandae. Itaque earum rerum hic tenetur a sapiente delectus, ut aut reiciendis voluptatibus maiores alias consequatur aut perferendis doloribus asperiores repellat.

---

<sup>1</sup>Sed ut perspiciatis unde omnis iste natus error sit voluptatem accusantium doloremque laudantium, totam rem aperiam eaque ipsa, quae ab illo inventore veritatis et quasi architecto beatae vitae dicta sunt, explicabo. Nemo enim ipsam voluptatem, quia voluptas sit, aspernatur aut odit aut fugit, sed quia consequuntur magni dolores eos, qui ratione voluptatem sequi nesciunt, neque porro quisquam est, qui dolorem ipsum,



## Parte I

# Arduino e amici





# Capitolo 1

## ArduinoTemp

### Indice

<b>1.1</b>	<b>Struttura</b>	<b>5</b>
1.1.1	Analogica	6
1.1.2	Digitale	7
1.1.3	Interfaccia utente	7
<b>1.2</b>	<b>Specifiche</b>	<b>8</b>
1.2.1	versione 1.0	8
1.2.2	versione 1.5	9

Sed ut perspiciatis unde omnis iste natus error sit voluptatem accusantium doloremque laudantium, totam rem aperiam eaque ipsa, quae ab illo inventore veritatis et quasi architecto beatae vitae dicta sunt, explicabo. Nemo enim ipsam voluptatem, quia voluptas sit, aspernatur aut odit aut fugit, sed quia consequuntur magni dolores eos, qui ratione voluptatem sequi nesciunt, neque porro quisquam est, qui dolorem ipsum, quia dolor sit, amet, consectetur, adipisci velit, sed quia non numquam eius modi tempora incidunt, ut labore et dolore magnam aliquam quaerat voluptatem. Ut enim ad minima veniam, quis nostrum exercitationem ullam corporis suscipit laboriosam, nisi ut aliquid ex ea commodi consequatur? Quis autem vel eum iure reprehenderit, qui in ea voluptate velit esse, quam nihil molestiae consequatur, vel illum, qui dolorem eum fugiat, quo voluptas nulla pariatur? [33] At vero eos et accusamus et

### 1.1 Struttura

Sed ut perspiciatis unde omnis iste natus error sit voluptatem accusantium doloremque laudantium, totam rem aperiam eaque ipsa, quae ab illo inventore veritatis et quasi architecto beatae vitae dicta sunt, explicabo. Nemo

enim ipsam voluptatem, quia voluptas sit, aspernatur aut odit aut fugit, sed quia consequuntur magni dolores eos, qui ratione voluptatem sequi nesciunt, neque porro quisquam est, qui dolorem ipsum, quia dolor sit, amet, consectetur, adipisci velit, sed quia non numquam eius modi tempora incidunt, ut labore et dolore magnam aliquam quaerat voluptatem. Ut enim ad minima veniam, quis nostrum exercitationem ullam corporis suscipit laboriosam, nisi ut aliquid ex ea commodi consequatur? Quis autem vel eum iure reprehenderit, qui in ea voluptate velit esse, quam nihil molestiae consequatur, vel illum, qui dolorem eum fugiat, quo voluptas nulla pariat? [33] At vero eos et accusamus et iusto odio dignissimos ducimus, qui blanditiis praesentium voluptatum deleniti atque corrupti, quos dolores et quas molestias excepturi sint, obcaecati cupiditate non provident, similique sunt in culpa, qui officia deserunt mollitia animi, id est laborum et dolorum fuga. Et harum quidem rerum facilis est et expedita distinctio. Nam libero tempore, cum soluta nobis est eligendi optio, cumque nihil impedit, quo minus id, quod maxime placeat, facere possimus, omnis voluptas assumenda est, omnis dolor repellendus. Temporibus autem quibusdam et aut officiis debitis aut rerum necessitatibus saepe eveniet, ut et voluptates repudiandae sint et molestiae non recusandae. Itaque earum rerum hic tenetur a sapiente delectus, ut aut reiciendis voluptatibus maiores alias consequatur aut perferendis doloribus asperiores repellat.

### 1.1.1 Analogica

Sed ut perspiciatis unde omnis iste natus error sit voluptatem accusantium doloremque laudantium, totam rem aperiam eaque ipsa, quae ab illo inventore veritatis et quasi architecto beatae vitae dicta sunt, explicabo. Nemo enim ipsam voluptatem, quia voluptas sit, aspernatur aut odit aut fugit, sed quia consequuntur magni dolores eos, qui ratione voluptatem sequi nesciunt, neque porro quisquam est, qui dolorem ipsum, quia dolor sit, amet, consectetur, adipisci velit, sed quia non numquam eius modi tempora incidunt, ut labore et dolore magnam aliquam quaerat voluptatem. Ut enim ad minima veniam, quis nostrum exercitationem ullam corporis suscipit laboriosam, nisi ut aliquid ex ea commodi consequatur? Quis autem vel eum iure reprehenderit, qui in ea voluptate velit esse, quam nihil molestiae consequatur, vel illum, qui dolorem eum fugiat, quo voluptas nulla pariat? [33] At vero eos et accusamus et iusto odio dignissimos ducimus, qui blanditiis praesentium voluptatum deleniti atque corrupti, quos dolores et quas molestias excepturi sint, obcaecati cupiditate non provident, similique sunt in culpa, qui officia deserunt mollitia animi, id est laborum et dolorum fuga. Et harum quidem rerum facilis est et expedita distinctio. Nam libero tempore, cum soluta nobis est eligendi optio, cumque nihil impedit, quo minus id, quod maxime placeat, facere possimus, omnis voluptas assumenda est, omnis dolor repellendus. Temporibus autem quibusdam et aut officiis debitis aut rerum

necessitatibus saepe eveniet, ut et voluptates repudiandae sint et molestiae non recusandae. Itaque earum rerum hic tenetur a sapiente delectus, ut aut reiciendis voluptatibus maiores alias consequatur aut perferendis doloribus asperiores repellat.

### 1.1.2 Digitale

Sed ut perspiciatis unde omnis iste natus error sit voluptatem accusantium doloremque laudantium, totam rem aperiam eaque ipsa, quae ab illo inventore veritatis et quasi architecto beatae vitae dicta sunt, explicabo. Nemo enim ipsam voluptatem, quia voluptas sit, aspernatur aut odit aut fugit, sed quia consequuntur magni dolores eos, qui ratione voluptatem sequi nesciunt, neque porro quisquam est, qui dolorem ipsum, quia dolor sit, amet, consectetur, adipisci velit, sed quia non numquam eius modi tempora incidunt, ut labore et dolore magnam aliquam quaerat voluptatem. Ut enim ad minima veniam, quis nostrum exercitationem ullam corporis suscipit laboriosam, nisi ut aliquid ex ea commodi consequatur? Quis autem vel eum iure reprehenderit, qui in ea voluptate velit esse, quam nihil molestiae consequatur, vel illum, qui dolorem eum fugiat, quo voluptas nulla pariatur? [33] At vero eos et accusamus et iusto odio dignissimos ducimus, qui blanditiis praesentium voluptatum deleniti atque corrupti, quos dolores et quas molestias excepturi sint, obcaecati cupiditate non provident, similique sunt in culpa, qui officia deserunt mollitia animi, id est laborum et dolorum fuga. Et harum quidem rerum facilis est et expedita distinctio. Nam libero tempore, cum soluta nobis est eligendi optio, cumque nihil impedit, quo minus id, quod maxime placeat, facere possimus, omnis voluptas assumenda est, omnis dolor repellendus. Temporibus autem quibusdam et aut officiis debitis aut rerum necessitatibus saepe eveniet, ut et voluptates repudiandae sint et molestiae non recusandae. Itaque earum rerum hic tenetur a sapiente delectus, ut aut reiciendis voluptatibus maiores alias consequatur aut perferendis doloribus asperiores repellat.

### 1.1.3 Interfaccia utente

Sed ut perspiciatis unde omnis iste natus error sit voluptatem accusantium doloremque laudantium, totam rem aperiam eaque ipsa, quae ab illo inventore veritatis et quasi architecto beatae vitae dicta sunt, explicabo. Nemo enim ipsam voluptatem, quia voluptas sit, aspernatur aut odit aut fugit, sed quia consequuntur magni dolores eos, qui ratione voluptatem sequi nesciunt, neque porro quisquam est, qui dolorem ipsum, quia dolor sit, amet, consectetur, adipisci velit, sed quia non numquam eius modi tempora incidunt, ut labore et dolore magnam aliquam quaerat voluptatem. Ut enim ad minima veniam, quis nostrum exercitationem ullam corporis suscipit laboriosam, nisi ut aliquid ex ea commodi consequatur? Quis autem vel eum iure repreh-

derit, qui in ea voluptate velit esse, quam nihil molestiae consequatur, vel illum, qui dolorem eum fugiat, quo voluptas nulla pariatur? [33] At vero eos et accusamus et iusto odio dignissimos ducimus, qui blanditiis praesentium voluptatum deleniti atque corrupti, quos dolores et quas molestias excepturi sint, obcaecati cupiditate non provident, similique sunt in culpa, qui officia deserunt mollitia animi, id est laborum et dolorum fuga. Et harum quidem rerum facilis est et expedita distinctio. Nam libero tempore, cum soluta nobis est eligendi optio, cumque nihil impedit, quo minus id, quod maxime placeat, facere possimus, omnis voluptas assumenda est, omnis dolor repellendus. Temporibus autem quibusdam et aut officiis debitis aut rerum necessitatibus saepe eveniet, ut et voluptates repudiandae sint et molestiae non recusandae. Itaque earum rerum hic tenetur a sapiente delectus, ut aut reiciendis voluptatibus maiores alias consequatur aut perferendis doloribus asperiores repellat.

## 1.2 Specifiche

### 1.2.1 versione 1.0

Una volta montato il sistema come descritto ed avviato il microcontrollore si è proceduto con la verifica di taratura del sistema nella sua interezza. In questa prima fase non è ancora stata implementata una procedura di messa appunto automatica del dispositivo per cui la funzione di taratura di quest'ultimo è una derivazione diretta delle varie funzioni di taratura dei componenti usati, come indicato dai loro stessi datasheet [1, 2]. In particolare la tensione destinata ad essere letta dall'ADC è  $V_i$ :

$$V_i = V_s \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (1.1)$$

A questo livello i contributi di incertezza sono quelli legati alla trasposizione da parte del sensore della temperatura rilevata in tensione e le incertezze delle resistenze usate per il partitore di corrente. A questi contributi vanno aggiunti anche quelli introdotti dall'ADC stesso nella lettura della tensione, tenendo conto in quest'ultima valutazione dell'incertezza del riferimento di tensione usato. L'effetto di carico all'entrata dell'ADC, la deriva termica dei vari componenti e non linearità della componentistica passiva vengono fin da subito ignorati in quanto in fase di costruzione si è prestata particolare attenzione alla riduzione di tali contributi.

Prima di proseguire con la valutazione dell'incertezza sulla misura ripetiamo la funzione di taratura con in evidenza i termini teorici per semplificare la comprensione dei passaggi successivi.

$$T = V_r \cdot \frac{V_{REF}}{1023} \cdot G_{sensor} - 273,15^\circ C \quad (1.2)$$

dove

$$V_r = V_s \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot \frac{1}{V_{REF}} \cdot 1023 \quad (1.3)$$

### metodo deterministico

Per stimare il valore dell'incertezza di misura tenendo conto dei contributi e della loro propagazione lungo il dispositivo si utilizza la formula canonica per il calcolo dell'incertezza con metodo deterministico:

$$\delta T = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\partial T(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_i} \right]_{x_1, x_2, \dots, x_n} \cdot \delta x_i \quad (1.4)$$

### metodo probabilistico

Utilizzando il metodo probabilistico si può innanzitutto analizzare la varianza delle letture per ricavarne da ciò l'incertezza tipo attraverso il metodo di categoria A<sup>1</sup>.

#### 1.2.2 versione 1.5

Sed ut perspicatis unde omnis iste natus error sit voluptatem accusantium doloremque laudantium, totam rem aperiam eaque ipsa, quae ab illo inventore veritatis et quasi architecto beatae vitae dicta sunt, explicabo. Nemo enim ipsam voluptatem, quia voluptas sit, aspernatur aut odit aut fugit, sed quia consequuntur magni dolores eos, qui ratione voluptatem sequi nesciunt, neque porro quisquam est, qui dolorem ipsum, quia dolor sit, amet, consectetur, adipisci velit, sed quia non numquam eius modi tempora incidunt, ut labore et dolore magnam aliquam quaerat voluptatem. Ut enim ad minima veniam, quis nostrum exercitationem ullam corporis suscipit laboriosam, nisi ut aliquid ex ea commodi consequatur? Quis autem vel eum iure reprehenderit, qui in ea voluptate velit esse, quam nihil molestiae consequatur, vel illum, qui dolorem eum fugiat, quo voluptas nulla pariatur? [33] At vero eos et accusamus et iusto odio dignissimos ducimus, qui blanditiis praesentium voluptatum deleniti atque corrupti, quos dolores et quas molestias excepturi sint, obcaecati cupiditate non provident, similique sunt in culpa, qui officia deserunt mollitia animi, id est laborum et dolorum fuga. Et harum quidem rerum facilis est et expedita distinctio. Nam libero tempore, cum soluta nobis est eligendi optio, cumque nihil impedit, quo minus id, quod maxime placeat, facere possimus, omnis voluptas assumenda est, omnis dolor repellendus. Temporibus autem quibusdam et aut officiis debitis aut rerum necessitatibus saepe eveniet, ut et voluptates repudiandae sint et molestiae non recusandae. Itaque earum rerum hic tenetur a sapiente delectus, ut aut

---

<sup>1</sup>Si suppose la totale indipendenza statistica dei dati in quanto...

reiciendis voluptatibus maiores alias consequatur aut perferendis doloribus asperiores repellat.

## Capitolo 2

# Condensatori

## 2.1 Struttura

Sed ut perspiciatis unde omnis iste natus error sit voluptatem accusantium doloremque laudantium, totam rem aperiam eaque ipsa, quae ab illo inventore veritatis et quasi architecto beatae vitae dicta sunt, explicabo. Nemo enim ipsam voluptatem, quia voluptas sit, aspernatur aut odit aut fugit, sed quia consequuntur magni dolores eos, qui ratione voluptatem sequi nesciunt, neque porro quisquam est, qui dolorem ipsum, quia dolor sit, amet, consectetur, adipisci velit, sed quia non numquam eius modi tempora incidunt, ut labore et dolore magnam aliquam quaerat voluptatem. Ut enim ad minima veniam, quis nostrum exercitationem ullam corporis suscipit laboriosam, nisi ut aliquid ex ea commodi consequatur? Quis autem vel eum iure reprehenderit, qui in ea voluptate velit esse, quam nihil molestiae consequatur, vel illum, qui dolorem eum fugiat, quo voluptas nulla pariatur? [33] At vero eos et accusamus et iusto odio dignissimos ducimus, qui blanditiis praesentium voluptatum deleniti atque corrupti, quos dolores et quas molestias excepturi sint, obcaecati cupiditate non provident, similique sunt in culpa, qui officia deserunt mollitia animi, id est laborum et dolorum fuga. Et harum quidem rerum facilis est et expedita distinctio. Nam libero tempore, cum soluta nobis est eligendi optio, cumque nihil impedit, quo minus id, quod maxime placeat, facere possimus, omnis voluptas assumenda est, omnis dolor repellendus. Temporibus autem quibusdam et aut officiis debitis aut rerum necessitatibus saepe eveniet, ut et voluptates repudiandae sint et molestiae non recusandae. Itaque earum rerum hic tenetur a sapiente delectus, ut aut reiciendis voluptatibus maiores alias consequatur aut perferendis doloribus asperiores repellat.





# Appendice **A**

## Firmware Arduino per ArduinoTemp

```
String inputString="";
boolean stringComplete=false;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Starting_sensor...");

  ADMUX = 0xC0; /*select internal 1.1V source and channel0*/
  ADCSRA = 0x07; /*prescaler a 128*/
  ADCSRA |= 1 << ADEN; /*activate ADC*/
  /*enable interrupt*/
  SREG |= 0X80;
  ADCSRA |= 1 << ADIF; /*reset flag*/
  ADCSRA |= 1 << ADIE;
}

void loop() {
  if(stringComplete&inputString=="Measure\n"){
    inputString="";
    stringComplete=false;

    /*Serial.println(analogRead(A0));*/
    ADCSRA |= 1 << ADSC; /*start conversion*/
  }
}

void serialEvent(){
```

```
while (Serial.available()) {  
    char inChar=(char)Serial.read();  
    inputString+=inChar;  
    if (inChar=='\n') {  
        stringComplete=true;  
    }  
}  
  
ISR(ADC_vect){  
    Serial.println(ADC);  
} /*Botteon Bertone Berto Prono*/
```

# Appendice **B**

## Firmware Arduino per Condensatori

```
String inputString="";
boolean stringComplete=false;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Starting_sensor...");

  ADMUX = 0xC0; /*select internal 1.1V source and channel0*/
  ADCSRA = 0x07; /*prescaler a 128*/
  ADCSRA |= 1 << ADEN; /*activate ADC*/
  /*enable interrupt*/
  SREG |= 0X80;
  ADCSRA |= 1 << ADIF; /*reset flag*/
  ADCSRA |= 1 << ADIE;
}

void loop() {
  if(stringComplete&inputString=="Measure\n"){
    inputString="";
    stringComplete=false;

    /*Serial.println(analogRead(A0));*/
    ADCSRA |= 1 << ADSC; /*start conversion*/
  }
}

void serialEvent(){
  while(Serial.available()){
    char inChar=(char)Serial.read();
```

```
        inputString+=inChar;
        if(inChar=='\n'){
            stringComplete=true;
        }
    }
}

ISR(ADC_vect){
    Serial.println(ADC);
} /*Botteon Bertone Berto Prono*/
```

## Conclusioni

Sed ut perspiciatis unde omnis iste natus error sit voluptatem accusantium doloremque laudantium, totam rem aperiam eaque ipsa, quae ab illo inventore veritatis et quasi architecto beatae vitae dicta sunt, explicabo. Nemo enim ipsam voluptatem, quia voluptas sit, aspernatur aut odit aut fugit, sed quia consequuntur magni dolores eos, qui ratione voluptatem sequi nesciunt, neque porro quisquam est, qui dolorem ipsum, quia dolor sit, amet, consectetur, adipisci velit, sed quia non numquam eius modi tempora incidunt, ut labore et dolore magnam aliquam quaerat voluptatem. Ut enim ad minima veniam, quis nostrum exercitationem ullam corporis suscipit laboriosam, nisi ut aliquid ex ea commodi consequatur? Quis autem vel eum iure reprehenderit, qui in ea voluptate velit esse, quam nihil molestiae consequatur, vel illum, qui dolorem eum fugiat, quo voluptas nulla pariatur? [33] At vero eos et accusamus et iusto odio dignissimos ducimus, qui blanditiis praesentium voluptatum deleniti atque corrupti, quos dolores et quas molestias excepturi sint, obcaecati cupiditate non provident, similique sunt in culpa, qui officia deserunt mollitia animi, id est laborum et dolorum fuga. Et harum quidem rerum facilis est et expedita distinctio. Nam libero tempore, cum soluta nobis est eligendi optio, cumque nihil impedit, quo minus id, quod maxime placeat, facere possimus, omnis voluptas assumenda est, omnis dolor repellendus. Temporibus autem quibusdam et aut officiis debitis aut rerum necessitatibus saepe eveniet, ut et voluptates repudiandae sint et molestiae non recusandae. Itaque earum rerum hic tenetur a sapiente delectus, ut aut reiciendis voluptatibus maiores alias consequatur aut perferendis doloribus asperiores repellat.



# Bibliografia

- [1] *ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P datasheet*, Atmel, NOVEMBER 2015.
- [2] *LM135, LM135A, LM235, LM235A, LM335, LM335A datasheet*, Texas Instruments, MAY 1999–REVISED FEBRUARY 2015.