

MQ-3

# Smart Ethylometer

*Progetto e Costruzione*

Pietro Pennestri ...

# Indice

<b>1 L’Alcohol Etilico</b>	<b>5</b>
1.1 Formula e Proprietà del Composto . . . . .	5
1.2 Il Consumo di Alcohol . . . . .	6
1.3 Metabolismo dell’Alcohol . . . . .	7
1.4 Danni sull’Organismo a Breve e a Lungo Termine . . . . .	11
<b>2 Principi di Funzionamento del Sensore MQ3</b>	<b>14</b>
2.1 Che cos’è un sensore . . . . .	14
2.2 Struttura del Circuito Elettrico di Misura . . . . .	17
2.3 Principi Chimici . . . . .	22
<b>3 Descrizione dell’hardware</b>	<b>24</b>
3.1 Scheda Arduino . . . . .	25
3.2 Sensore MQ-3 . . . . .	26
3.3 La scheda 1Sheeld . . . . .	27
3.4 Schermo LCD . . . . .	28
3.5 Sensore di Temperatura LM 35 . . . . .	28
3.6 Smart Ethilometer PCB . . . . .	29
<b>4 Taratura dello strumento</b>	<b>30</b>
4.1 Introduzione . . . . .	30
4.2 Procedura di Acquisizione dei Dati . . . . .	30
4.3 Elaborazione dei dati sperimentali . . . . .	39
4.4 Regressione Lineare . . . . .	41
4.5 Applicazione Numerica . . . . .	43
<b>5 Programmi Sviluppati</b>	<b>45</b>
5.1 Codice Arduino per Calibrazione del Sensore . . . . .	45

---

5.2	Acquisizione Dati Attraverso Porta Seriale . . . . .	47
5.3	Curva di Calibrazione . . . . .	49
5.4	Regressione Lineare . . . . .	51
5.5	Codice Arduino <b>Smart Ethilometer</b> . . . . .	54
<b>6</b>	<b>Costi</b>	<b>57</b>

## Motivazioni

Dalle recenti statistiche si rileva che:

- Nel mondo sono **3.3 milioni** all'anno i **decessi** causati dall'abuso di alcol;
- la fascia dei giovani dagli 11 ai 24 anni è quella **più a rischio** per abuso di sostanze alcoliche;
- circa il 30 % degli incidenti stradali in Italia sono correlati all'abuso di alcol;
- **è in aumento** il numero di persone che responsabilmente scelgono di limitare il consumo di alcol in funzione della sicurezza alla guida.

Il progetto vuole essere un contributo alla sensibilizzazione dei giovani sui pericoli legati al **consumo di bevande alcoliche** e alla **sicurezza stradale**.

Poiché dall'accuracy della misura del tasso alcolemico, dipendono **vite umane** o l'accertamento di **responsabilità civili e penali**, l'affidabilità dello strumento è una caratteristica imprescindibile, è stato da me progettato e realizzato lo **Smart Ethilometer**, un dispositivo basato sull'uso del sensore **MQ-3**.

In caso di tasso alcolemico rilevato sia superiore a 0.5 g/l, **a differenza di un etilometro commerciale**, lo **Smart Ethilometer** si collega automaticamente ad uno smartphone via **bluetooth** e invia dati attraverso degli **sms** grazie ai quali:

- una o più persone selezionate in precedenza dall'utente vengono avvertite della situazione di potenziale pericolo;
- attraverso coordinate **GPS**, l'utente viene geo-localizzato e la posizione dell'utente resa nota alle suddette persone per gli opportuni interventi.

Le funzioni principali dello **Smart Ethilometer** sono illustrate in Figura 1.

Il presente report, descritti i principi fisico-chimici alla base del funzionamento dell'etilometro, espone le fasi del progetto, della realizzazione e dei test di un dispositivo elettronico, realizzato con Arduino e sensore **MQ-3** per la misura del tasso alcolemico.

Viene inoltre descritta la procedura di calibrazione attraverso l'elaborazione matematica dei dati raccolti durante le prove.

Al fine di consentire ad altre persone di replicare il mio lavoro, tutte le fasi del progetto e la componentistica utilizzata sono state anche documentate condivise alle seguenti pagine web:

<http://pennestri.me/mq3> , <https://github.com/pennestri/mq3>

# Smart Ethylometer

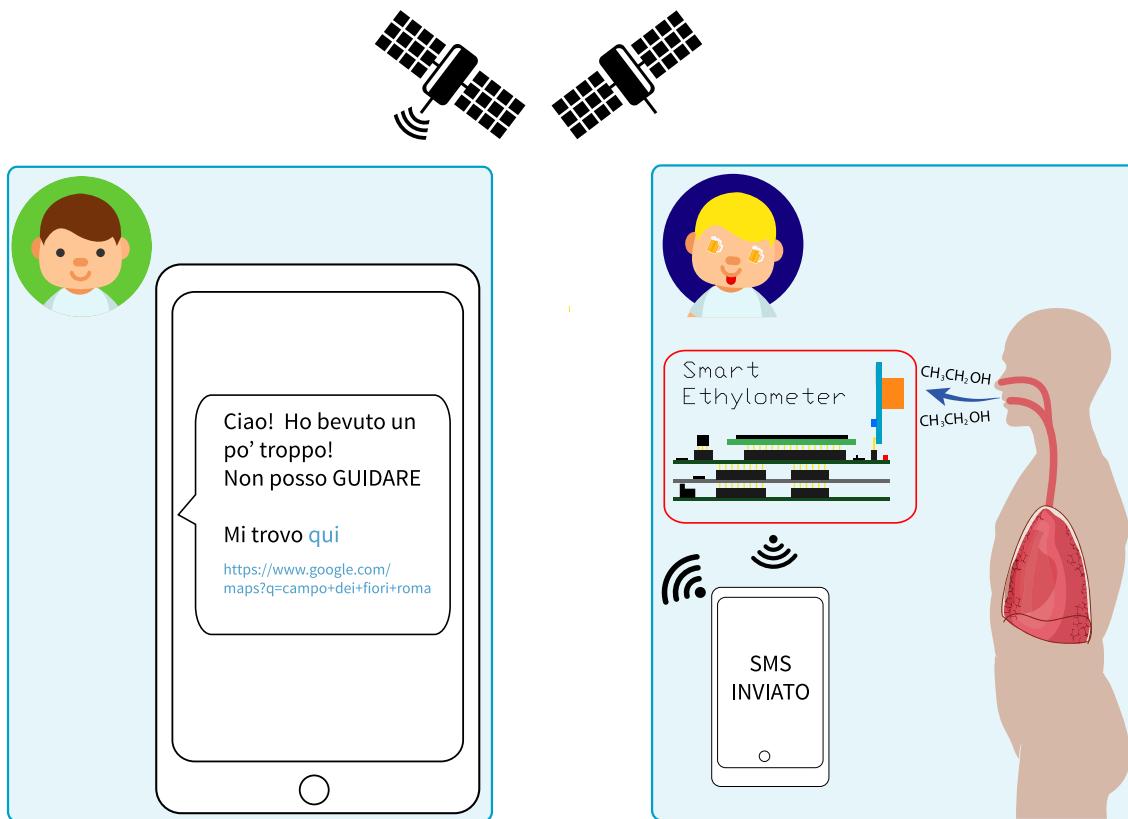


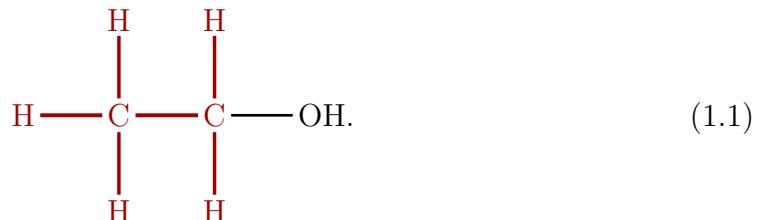
Figura 1: Funzioni del Smart Ethylometer

# Capitolo 1

## L’Alcohol Etilico

### 1.1 Formula e Proprietà del Composto

L’etanolo è un alcole, ovvero una sostanza organica che deriva da un alcano a cui è stato sostituito un atomo di idrogeno *H*, con un gruppo ossidrile *OH*. In particolare, l’etanolo deriva dall’etano, presenta la seguente struttura



La molecola, come è possibile osservare dalla sua struttura, presenta una parte polare, rappresentata in nero, e una apolare in rosso. È una sostanza tendenzialmente volatile ed infiammabile. La presenza di legami a idrogeno intermolecolari, favoriscono l’alta solubilità in acqua e un punto ebollizione (circa 78,37 °C) alto rispetto al corrispettivo idrocarburo, etano (circa -183 °C).

L’etanolo è il principale costituente delle bevande alcoliche, caratterizzate da lavorazioni gusti e caratteristiche differenti. In particolare, possiamo affermare che l’etanolo a temperatura ambiente si presenta con le seguenti **proprietà organolettiche**:

- è un liquido incolore;
- ha un odore caratteristico e pungente;
- ha un gusto dolce.

## 1.2 Il Consumo di Alcohol

L'alcool è una sostanza psicoattiva, largamente utilizzata nei secoli ed in molte culture, che può produrre dipendenza, patologie e dannosi effetti economici e sociali [1].

Una statistica del 2010 stima che il consumo annuale di alcohol pro capite, per persone di età superiore ai 15 anni, sia pari a 6.2 litri di alcohol puro, ovvero 13.5 grammi di alcohol puro al giorno.

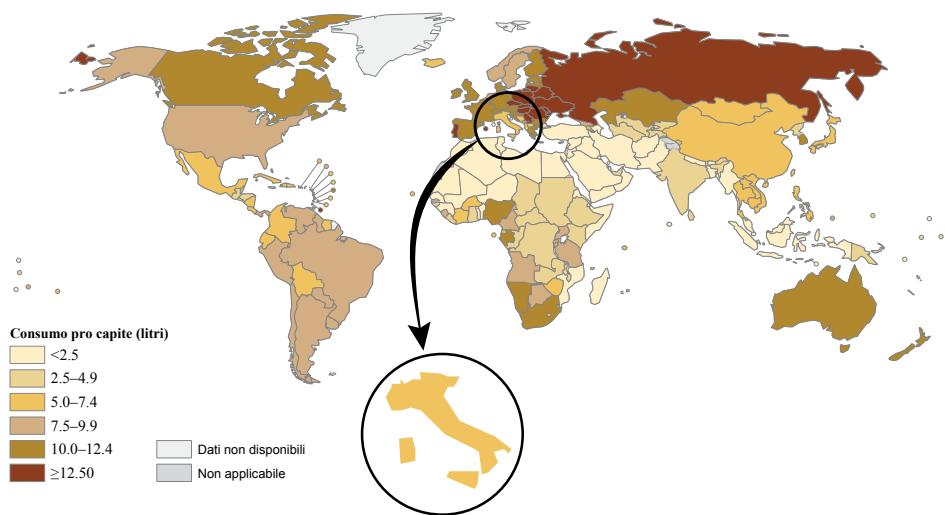


Figura 1.1: Distribuzione Geografica del Consumo di Alcohol (adattata da [1])

Inoltre, nella fascia di età a partire dai 15 anni, si stima che il 16 % dei consumatori abbia episodi di consumo **elevato di alcohol**. Tali situazioni sono spesso facilitate da perverse dinamiche di gruppo che usano l'alcool come sostanza disinibitoria.

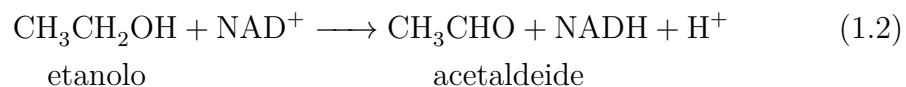
La Figura 1.1, con riferimento al 2010, riassume la distribuzione del consumo pro capite di alcol nel mondo.

## 1.3 Metabolismo dell'Alcohol

### Vie Ossidative

Dopo aver ingerito una bevanda alcolica dal 90 % al 95 % dell'alcol viene metabolizzato a livello epatico, mentre una piccola aliquota, variabile dal 5 al 15 %, viene eliminata con il respiro e le urine. Arrivato nello stomaco inizia ad agire l'enzima alcol deidrogenasi, presente sulla superficie della mucosa del tratto gastroenterico, che costituisce un primo ostacolo all'assorbimento, riducendo la quantità che entra in circolo. La presenza di tale enzima permette al nostro organismo la catabolizzazione dell'alcol. Si osserva che la presenza dell'alcol deidrogenasi nella donna è circa la metà rispetto all'uomo. Per questo motivo le donne possono assumere una quantità di alcol inferiore rispetto all'uomo. La quantità di alcol assorbita passa quindi al fegato per essere metabolizzata da tre sistemi enzimatici differenti:

- Il primo sistema, situato nel citosol, coinvolge l'enzima alcol deidrogenasi e metabolizza in un soggetto non affetto dall'alcolismo circa il 90 % dell'alcol presente nel fegato. In un alcolista, tale quota scende ad appena il 45 %. Nella fase descritta si realizza la seguente reazione



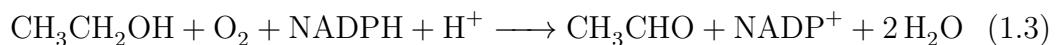
Le reazioni 1.2 porta all'interno della cellula uno sbilancio tra  $\text{NAD}^+$  e  $\text{NADH}$  ed un eccesso degli ioni  $\text{H}^+$ , che causano un aumento di acidità all'interno della cellula. Questi cambiamenti per dosi elevate di alcol possono portare a conseguenze patologiche come ad esempio l'ipoglicemia.

- Il secondo, indicato con l'acronimo MEOS (*microsomal ethanol oxidizing system*), è il sistema microsomiale di ossidazione dell'etanolo che, come ben esprime la denominazione, avviene nei microsomi e richiede, al fine di ossidare l'etanolo, l'enzima CYP2E1 facente parte della famiglia degli enzimi del citocromo P450. Si osserva infatti che tale enzima ha una maggiore affinità con l'alcol rispetto all'alcol deidrogenasi.

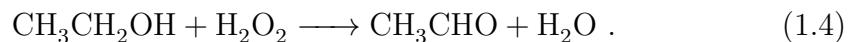
Sebbene il MEOS normalmente non giochi un ruolo di primaria importanza, negli individui affetti da alcolismo, la sua funzione aumenta in maniera significativa per eliminare tutto l'alcol presente.

Nella reazione 1.3, l'etanolo è ossidato e perde due atomi di idrogeno, mentre l'ossigeno accettandoli è ridotto e forma acqua, si ottiene infine come prodotto

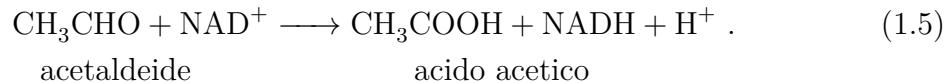
acetaldeide e acqua.



- Il terzo sistema, la catalasi, avviene nei perossisoma <sup>1</sup> ha un ruolo del tutto marginale e ossida l'etanolo ad acetaldeide a secondo la reazione 1.4



L'alcolol una volta ossidato ad acetaldeide, viene a sua volta ossidato ad acetato secondo la reazione 1.5. Si osserva che quando l'alcolol è stato ingerito in dosi massicce, l'organismo non riesce ad ossidare tutto acetaldeide, che ricordiamo essere una sostanza pericolosa per l'organismo.



Acido acetico, così prodotto verrà, ancora una volta ossidato per ottenere CO<sub>2</sub>. I processi sopra descritti sono riassunti dalla Figura 1.2.

---

<sup>1</sup>Il perossisoma è un organello cellulare vescicolare di circa 0,5 – 1 µm di diametro, ubiquitario negli eucarioti (ad eccezione degli eritrociti), separato dal citoplasma da una membrana che contiene almeno 50 enzimi ossidativi.

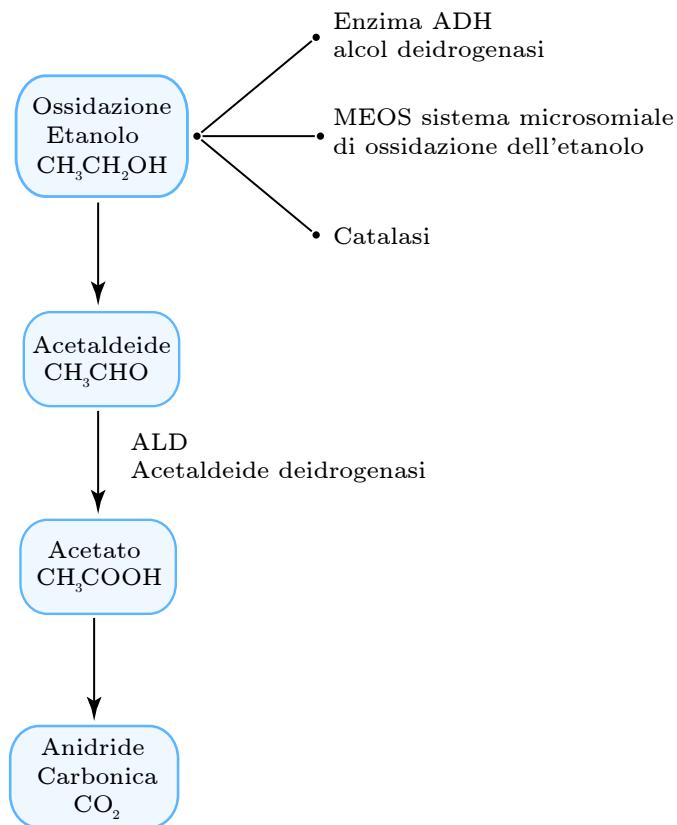


Figura 1.2: Metabolismo dell'Alcool - Via Ossidativa

## Vie Non Ossidative

Le vie non ossidative del metabolismo sebbene siano usate in minima parte, i loro prodotti possono causare sull'organismo gravi effetti. Una delle principali vie non ossidative è l'alcolisi dei trigliceridi, che porta alla formazione di esteri etilici degli acidi grassi (FAEE), tuttavia i meccanismi di tale reazione costituiscono ancora un campo di ricerca. Si ipotizza che i FAEE, se in concentrazione elevata, possono costituire un danno per il pancreas e il fegato.

## Scambi Gassosi

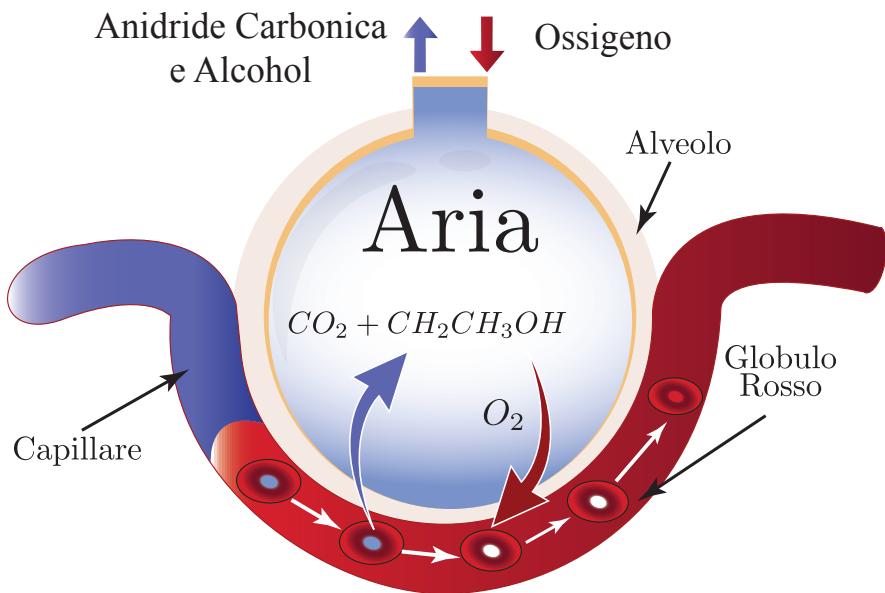


Figura 1.3: Rappresentazione degli scambi gassosi negli alveoli

Come già affermato non tutto l'alcool attraversa le vie metaboliche. Infatti una piccola percentuale riesce a passare nel flusso sanguigno dove non viene metabolizzato e rimane un composto separato. In particolare, l'alcool entra in contatto con il sangue venoso diretto ai polmoni per essere purificato. Il processo di diffusione governa lo scambio tra il sangue e l'aria degli alveoli. Se è presente dell'alcool nel sangue, per la sua volatilità, sarà esalato insieme alla  $CO_2$ . Il rapporto tra alcohol nell'aria e alcohol nel sangue, calcolato sperimentalmente, è di circa 2100:1, ovvero 2100 ml di aria alveolare contengono circa la stessa quantità di alcohol di 1 ml di sangue. Tale rapporto è stato calcolato tramite la **legge di Henry** secondo cui:

A temperatura costante la quantità di un gas poco solubile disciolta in un dato volume di liquido è proporzionale alla pressione  $p$  del gas nella fase gassosa sovrastante la soluzione.

Pertanto

$$c = kp \quad (1.6)$$

dove  $c$  è la concentrazione del gas nella soluzione e  $p$  la sua pressione nella fase gassosa sovrastante.

## 1.4 Danni sull'Organismo a Breve e a Lungo Termino

Si può mettere in relazione, come causa principale, l'alcool in più di 200 patologie differenti, alcune delle quali sono riassunte nella Figura 1.4.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità stima che nel 2012:

- il 5.9 % dei decessi (**3.3 milioni di morti**), viene fatto risalire al consumo di alcool;
- le percentuali di decessi è del 7.6%, negli uomini, e del 4.0% nelle donne;
- il 5.1 % delle malattie e degli infortuni nel mondo sono stati causati dall'alcool.

È stato inoltre evidenziato che i giovani, come gli anziani, sono fasce di età cui corrispondono i maggiori danni causati consumo d'alcool. In particolare, per quanto riguarda gli adolescenti, si osserva che l'assunzione di bevande alcoliche, è spesso legata ad episodi in cui i ragazzi abusano di tale sostanza provocando oltre danni immediati, come gli incidenti stradali, anche danni alla propria salute con conseguenze prolungate.

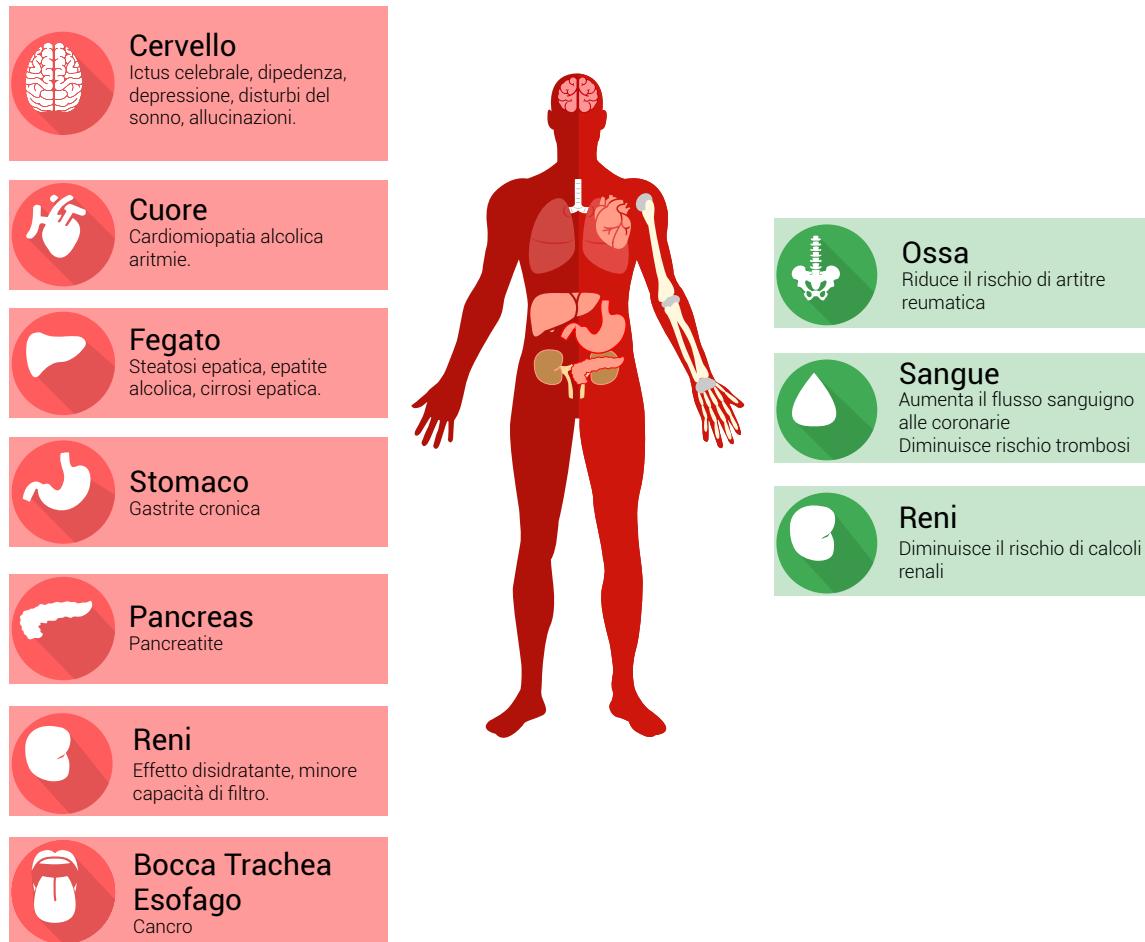


Figura 1.4: Danni dell'alcool alla salute

Tabella 1.1: Effetti del tasso alcolico sull'uomo

<b>Alcolemia (g/l)</b>	<b>Effetti (indicativi)</b>
0,2-0,4	Lieve euforia, loquacità, lieve incordinamento motorio ed eventuale moderata riduzione della capacità di giudizio e dell'attenzione.
0,5-0,8	Aggravamento dell'incordinamento motorio, riduzione della capacità percettiva, ulteriore riduzione della capacità di giudizio, tendenza alla guida pericolosa.
0,8-1,0	Sopravvalutazione della propria abilità alla guida, tendenza a guidare al centro della strada, ritardo evidente nei tempi di reazione.
1,0-2,0	Instabilità emotiva, alterazione della memoria, perdita della capacità di giudizio, atassia (incordinamento motorio), disartria (difficoltà nell'articolazione della parola).
2,0-4,0	Ubriachezza profonda, confusione mentale, disorientamento, apatia, marcate alterazioni percettive, mictiasi (dilatazione della pupilla), vomito, incontinenza, incapacità di mantenere la stazione eretta.
> 4,0-5,0	Alcolemia potenzialmente letale: coma, ipotermia, ipoventilazione, ipotensione arteriosa, anestesia.

# Capitolo 2

## Principi di Funzionamento del Sensore MQ3

### 2.1 Che cos'è un sensore

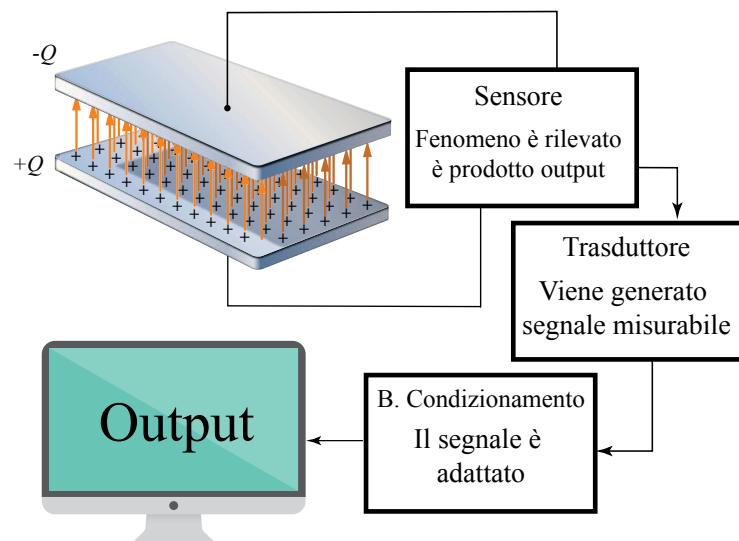


Figura 2.1: Esempio Funzionamento Sensore

Un **sensore** è un dispositivo capace di rilevare dati dall'ambiente circostante ed in grado di produrre un cambiamento chimico o fisico per output dipendente dal

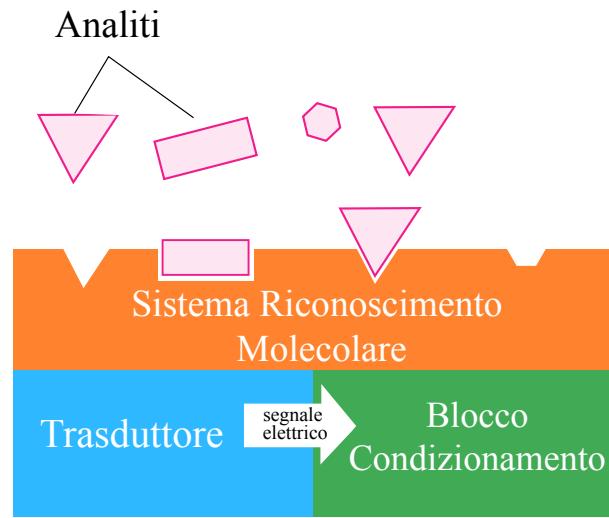
fenomeno rilevato secondo una **legge fissata**. Tale output viene trattato dal **trasduttore**, che lo trasforma in un segnale misurabile. Il traduttore è a sua volta un sensore, che non si trova al primo posto della catena di misura. Tuttavia difficilmente è possibile collegare direttamente un trasduttore, all'unità che tratterà i dati, ma è necessario spesso far passare il segnale proveniente dal sensore ad un **blocco di condizionamento**, che adatterà tale segnale in formato compatibile all'unità di trattamento dei dati. Tale processo viene schematizzato dalla Figura 2.1.

È possibile dividere i sensori nelle seguenti categorie:

- **Sensori fisici** utili a misurare, per esempio, una massa, una distanza, la pressione atmosferica, la temperatura, ect.
- **Sensori chimici**, dispositivi che reagiscono alla presenza di un particolare analita<sup>1</sup> attraverso una reazione chimica, che può essere usata per ricavare informazioni qualitative e quantitative sull'analita in considerazione. Un esempio di sensore chimico è l'MQ3 usato per rilevare la presenza di alcohol. Possiamo quindi dividere la struttura di un sensore chimico come segue:
  - un **sistema di riconoscimento molecolare**, che ha la funzione di rilevare gli analiti e di produrre come output un cambiamento o fisico o chimico;
  - una parte, costituita da un **trasduttore**, che ha la funzione di generare un segnale misurabile, come ad esempio una variazione di resistenza;
  - una parte, costituita da un **blocco di condizionamento** che ha la funzione di adattare il segnale per l'unità di lettura.

---

<sup>1</sup>Si definisce *analita* una particolare specie chimica che deve essere individuata durante un'analisi chimica.



- **Biosensori** formati da un sistema di riconoscimento di Tipo Biologico collegato, come nei sensori chimici ad un trasduttore. Un esempio di biosensore, come mostrato in Figura 2.2, è il glucometro usato dalle persone affette dal diabete per misurare la concentrazione di glicosio nel sangue.



Figura 2.2: Glucometro

## 2.2 Struttura del Circuito Elettrico di Misura

Il sensore, reagisce alla presenza di molecole di alcol variando la resistenza  $R_s$  dello strato di biossido di stagno  $\text{SnO}_2$ . In particolare, come mostrato dal grafico in Figura 2.3, tratto dal datasheet del sensore, ad un aumento della concentrazione di alcol nell'aria corrisponde un diminuzione di resistenza  $R_s$ .

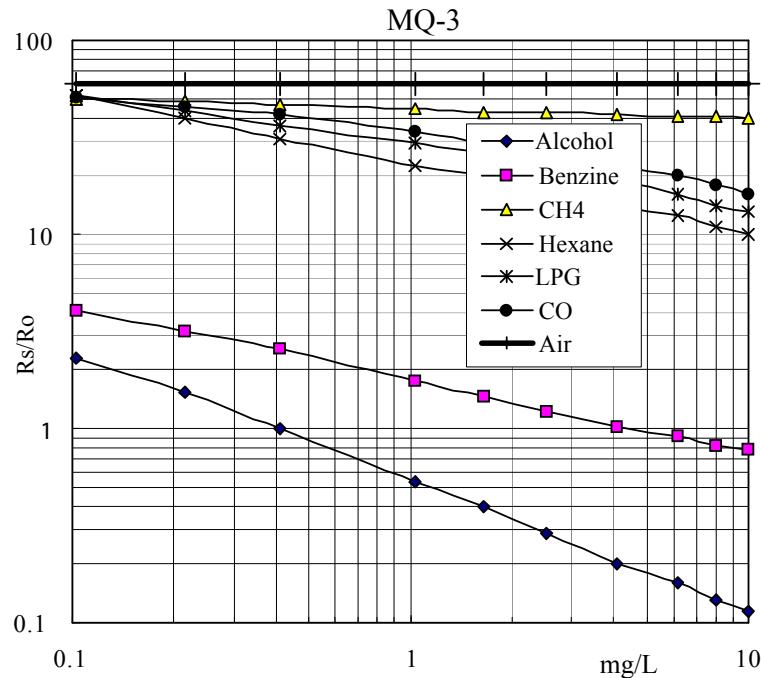


Figura 2.3: Variazione della resistenza  $R_s$  strato di  $\text{SnO}_2$  alla temperatura di 20°C

La variazione di  $R_s$  viene quindi rilevata attraverso il circuito mostrato in Figura 2.4

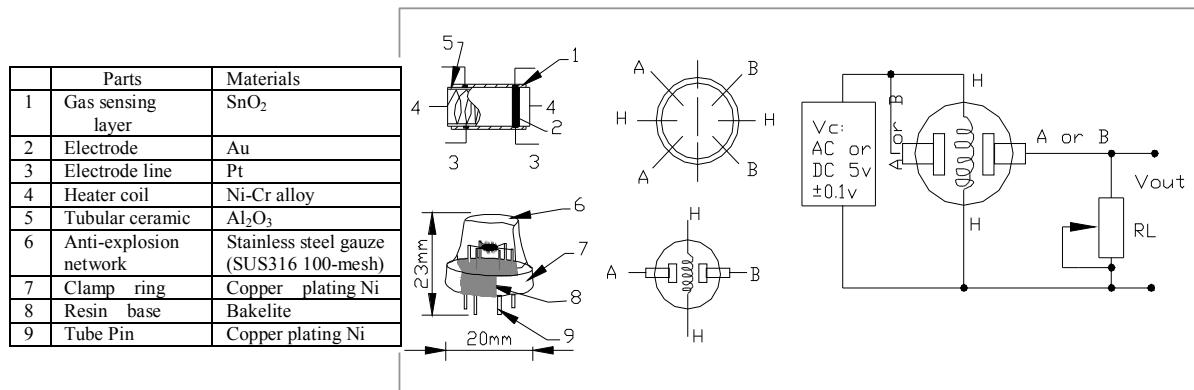


Figura 2.4: Struttura e configurazione del circuito di misura (datasheet MQ-3)

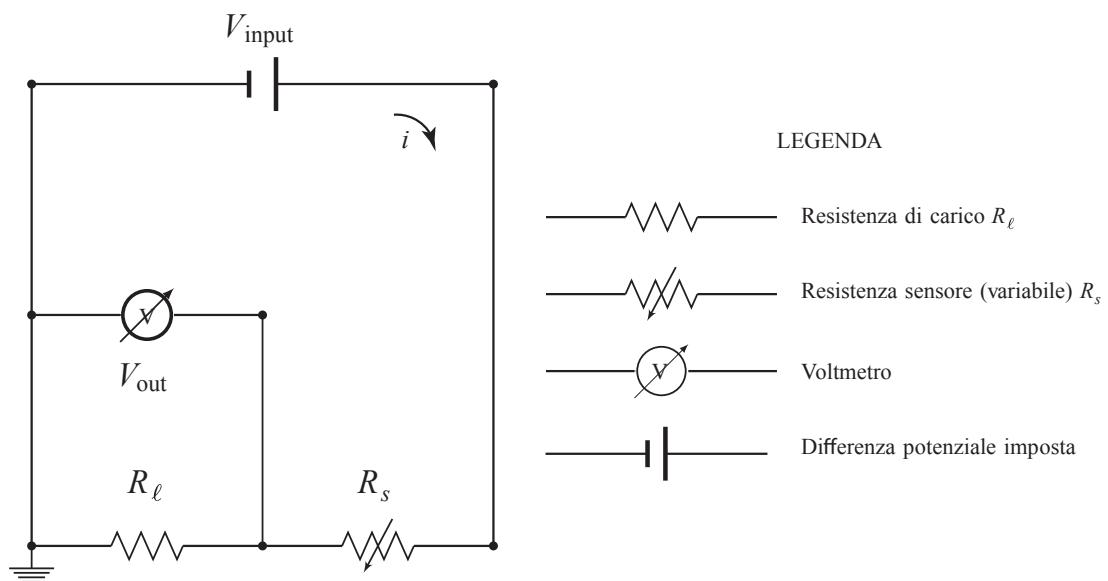


Figura 2.5: Partitore di tensione nel circuito MQ-3

Tale circuito è un partitore di tensione, semplificato nello schema di Figura 2.5, il quale modifica proporzionalmente ad  $R_s$  la tensione  $V_{out}$ . Il segnale di tensione viene inviato alla scheda Arduino per la misura e l'elaborazione. La resistenza  $R_\ell$ ,

regolata manualmente sulla scheda su cui è saldato il sensore, condiziona la velocità con la quale il sistema raggiunge le condizioni di stabilità.

## Il Partitore di Tensione

Il circuito mostrato in Figura 2.5 è un partitore di tensione, ovvero un dispositivo, costituito da due o più resistenze collegate in serie, che consente di variare la tensione  $V_{\text{out}}$  in funzione di un valore di resistenza  $R_s$ .

La versione più semplice, come nel MQ-3, è costituita da due resistenze:

- $R_\ell$ : Resistenza di Carico  $200\text{k}\Omega$ ;
- $R_s$  resistenza variabile da  $1\text{M}\Omega$  a  $8\text{M}\Omega$  e la tensione rilevata risulta essere

$$V_{\text{out}} = V_{\text{input}} \frac{R_\ell}{R_\ell + R_s} \quad (2.1)$$

L'equazione (2.1) si giustifica grazie alla prima legge di Ohm e alla legge delle maglie di Kirchhoff.

Poiché le resistenze sono collegate in serie, saranno attraversate dalla stessa intensità  $i$  di corrente, ovvero

$$i = \frac{V_{\text{input}}}{R_\ell + R_s} \quad (2.2a)$$

$$i = \frac{V_{\text{out}}}{R_\ell}. \quad (2.2b)$$

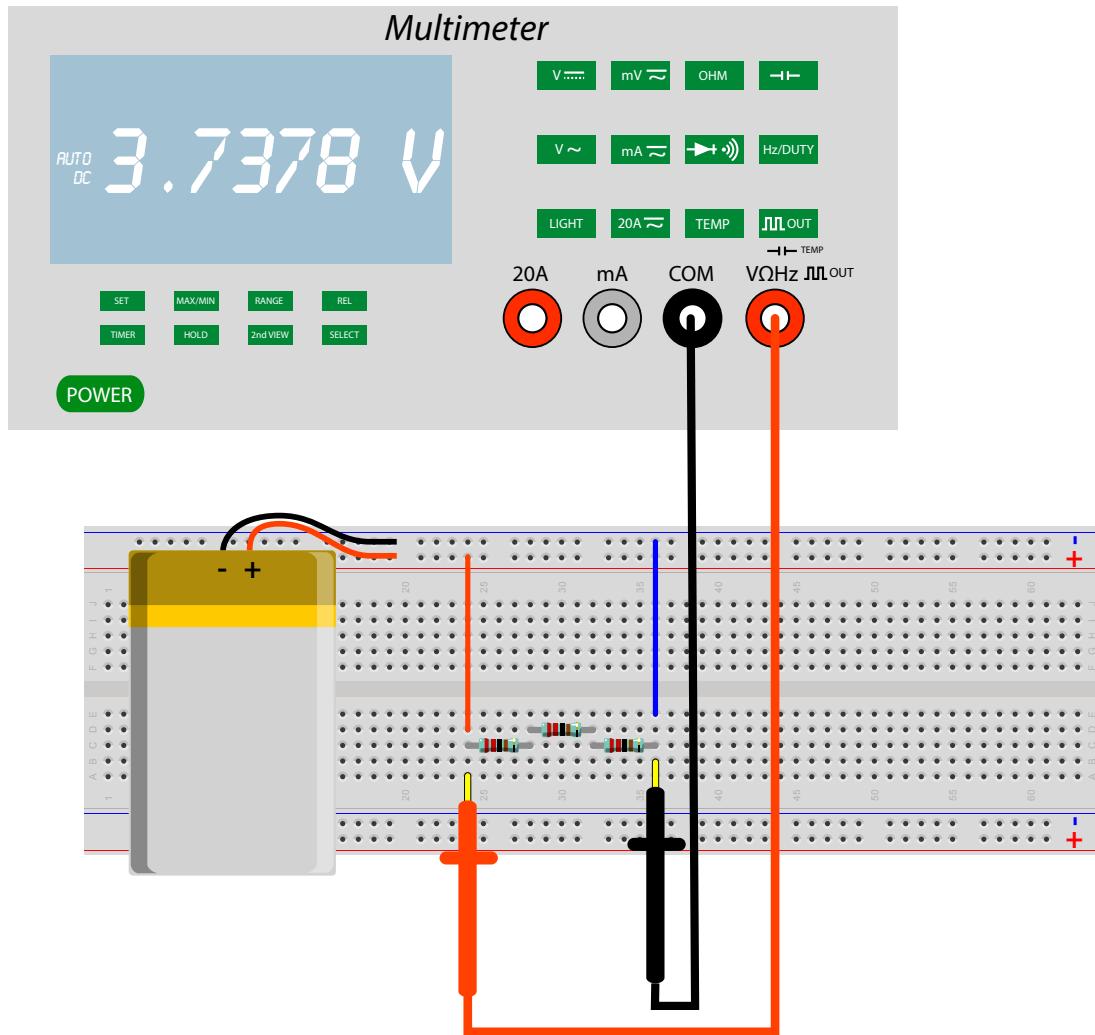
Uguagliando i secondi membri discende la (2.1).

La realizzazione pratica di un circuito con la funzione di partitore di tensione è illustrata in Figura 2.6 in cui il numero dei resistori  $R_1 = R_2 = R_3 \approx 2.2\text{k}\Omega$ <sup>2</sup> collegati in serie è pari a tre. Il circuito viene alimentato con una tensione nominale  $V_{\text{input}} = 3.8\text{V}$ , quella effettiva misurata dal multmetro è  $V_{\text{input}} = 3.7378\text{V}$ .

Le modalità sperimentali con cui si realizza il frazionamento della tensione sono illustrate nelle Figure 2.6, 2.7 e 2.8.

---

<sup>2</sup>I valori misurati sono  $R_1 = 2.160\text{k}\Omega$ ,  $R_2 = 2.150\text{k}\Omega$ ,  $R_3 = 2.188\text{k}\Omega$

Figura 2.6: Schema partitore di tensione:  $V_{\text{out}} = V_{\text{input}}$

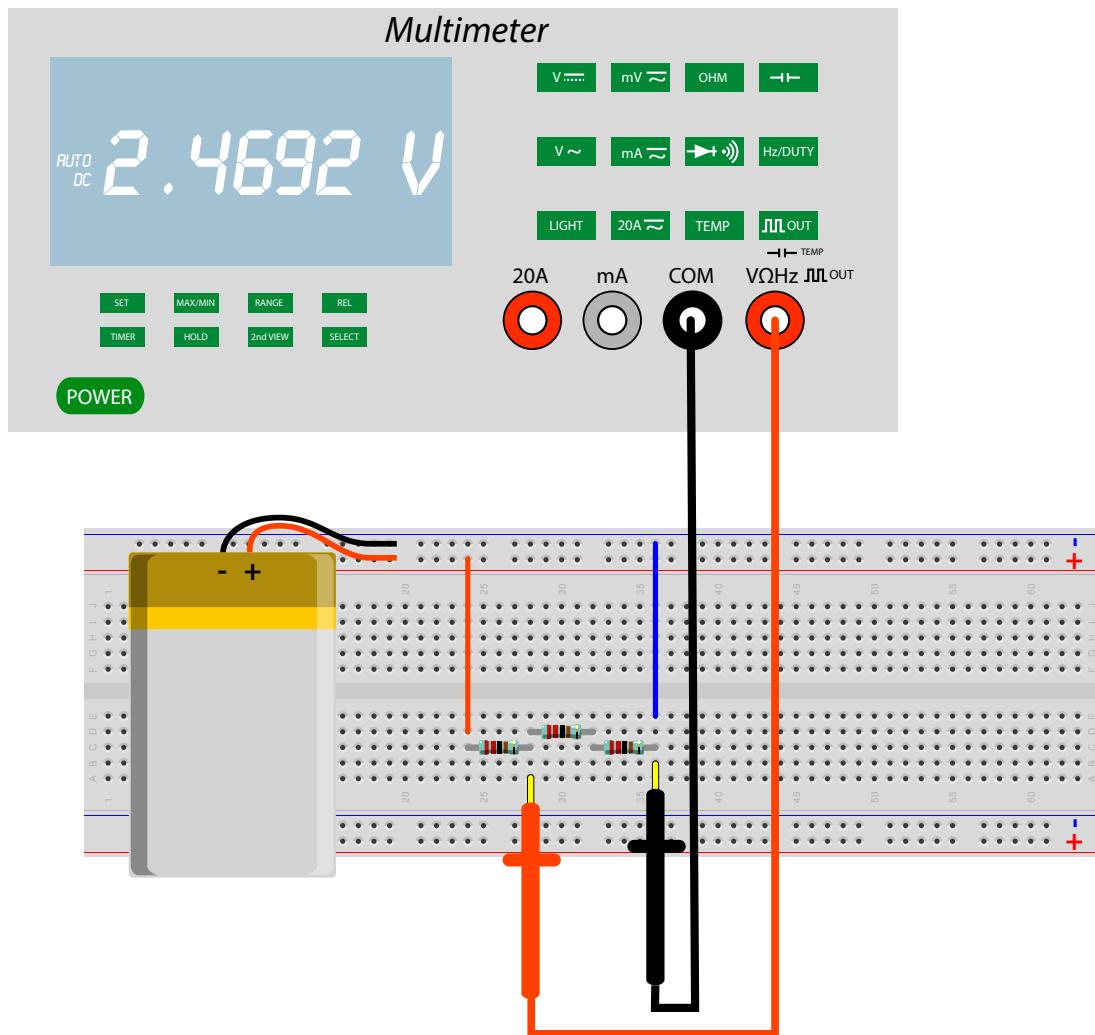


Figura 2.7: Schema partitore di tensione: $V_{\text{out}} = V_{\text{input}} \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$

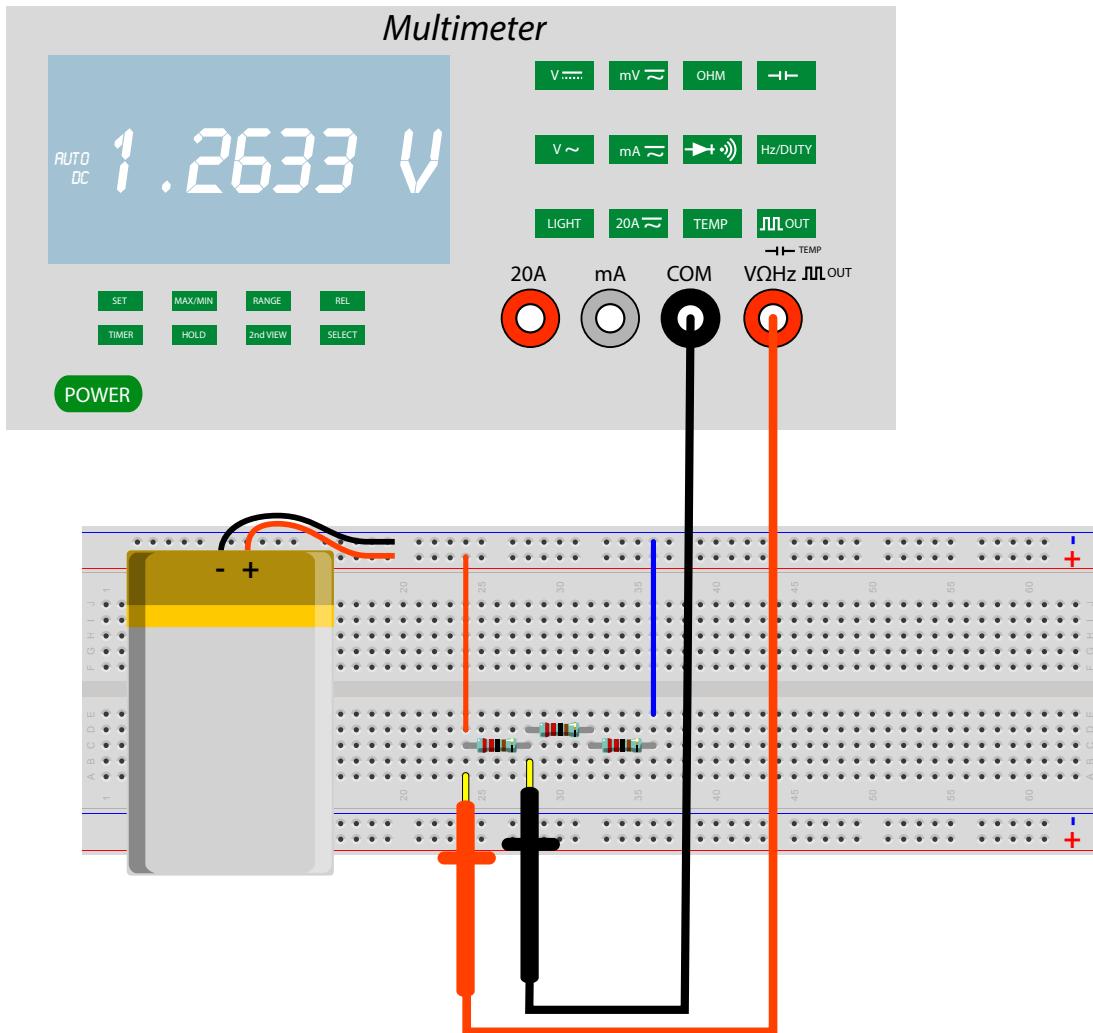


Figura 2.8: Schema partitore di tensione:  $V_{\text{out}} = V_{\text{input}} \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3}$

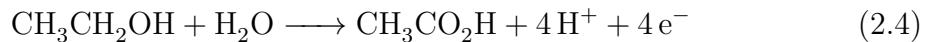
## 2.3 Principi Chimici

Il materiale usato nel sensore MQ-3 per individuare la presenza di alcol è il biossido di stagno  $\text{SnO}_2$ . Tale materiale è un semiconduttore di tipo N, ovvero è stato opportunamente drogato affinché la sua struttura contenga più elettroni di conduzione.

In assenza di alcool nell'ambiente, l'ossigeno entra in contatto con il sottile film di  $\text{SnO}_2$ , che è poroso e sottrae elettroni alla sua struttura secondo la seguente reazione



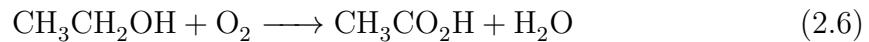
Di conseguenza, il microcontrollore, misurerà una resistenza elevata dello strato di  $\text{SnO}_2$ . Quando l'etanolo entra in contatto con tale strato, viene ossidato<sup>3</sup> nell'anodo<sup>4</sup> secondo la seguente reazione



mentre l'ossigeno è ridotto nel catodo<sup>5</sup> secondo la seguente reazione



La reazione complessiva può essere riscritta nella seguente forma



che riconosciamo essere una reazione di ossidoriduzione. Pertanto, lo scambio di elettroni tra due specie chimiche causerà una minore resistenza da parte del film di  $\text{SnO}_2$ , che sarà rilevata tramite un microcontrollore e associata ad una determinata concentrazione di alcool nel sangue.

---

<sup>3</sup>Rimozione di atomi di idrogeno o introduzione di eteroatomi in una molecola

<sup>4</sup>Nei sistemi elettrochimici, l'anodo è l'elettrodo sul quale avviene una semireazione di ossidazione. Nei dispositivi elettronici, l'anodo è il **polo positivo**.

<sup>5</sup>Nei sistemi elettrochimici, il catodo è l'elettrodo sul quale avviene una semireazione di riduzione. Nei dispositivi elettronici il catodo è il **polo negativo**.

# Capitolo 3

## Descrizione dell'hardware

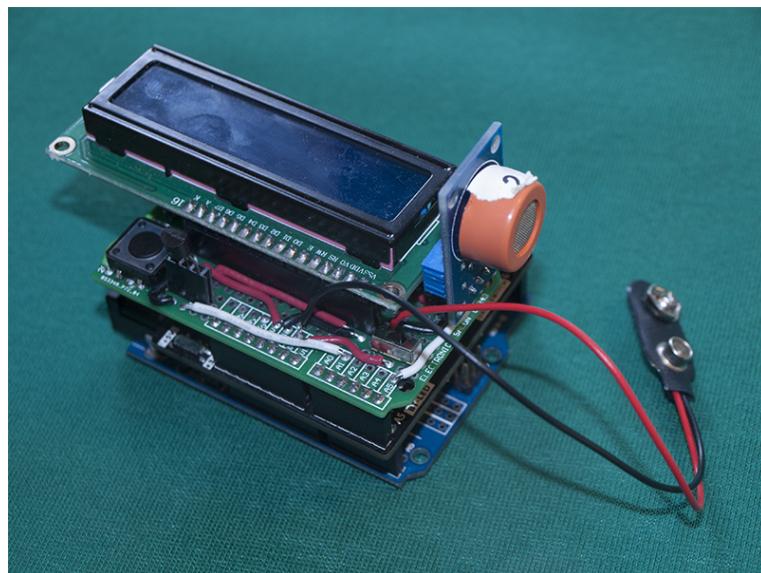


Figura 3.1: Vista di assieme dello Smart Ethilometer

In questo capitolo saranno elencati i componenti elettronici che fanno parte dello Smart Ethilometer .

### 3.1 Scheda Arduino

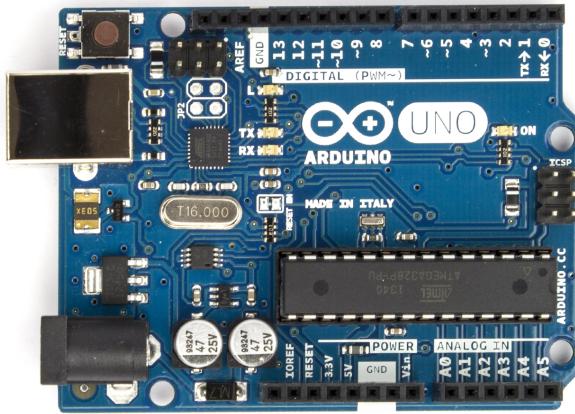


Figura 3.2: Arduino Uno

Arduino<sup>1</sup> è una piattaforma elettronica open-source basata su un software e un hardware facili da programmare e usare. È stata realizzata per consentire lo sviluppo di progetti elettronici anche a persone con modeste conoscenze tecniche.

---

<sup>1</sup><http://www.arduino.cc/en/Main/AboutUs>

### 3.2 Sensore MQ-3



Figura 3.3: Sensore MQ-3 con scheda di interfaccia

Il sensore MQ-3 consente di rilevare la presenza di alcohol e benzene nell'aria. La concentrazione di tali sostanze viene segnalata dal sensore grazie alle variazione di un segnale elettrico (differenza di potenziale).

La scheda prodotto o *datasheet* è disponibile alla pagina web <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/MQ-3.pdf>

### 3.3 La scheda 1Sheeld



Figura 3.4: Scheda 1Sheeld

La scheda 1Sheeld consiste di due parti:

- una scheda connessa ad Arduino la cui funzione è quella di trasmettere dati wireless allo smartphone;
- una piattaforma che controlla i comandi attraverso lo smartphone.

### 3.4 Schermo LCD



Figura 3.5: Schermo LCD

### 3.5 Sensore di Temperatura LM 35

Nel circuito è presente un sensore di temperatura LM35, usato durante le operazioni di calibrazioni. La sua presenza è mantenuta per l'aggiunta di eventuali nuove funzioni.



Figura 3.6: Sensore di Temperatura LM-35

### 3.6 Smart Ethilometer PCB

La Figura 3.7 mostra la scheda PCB dello Smart Ethilometer

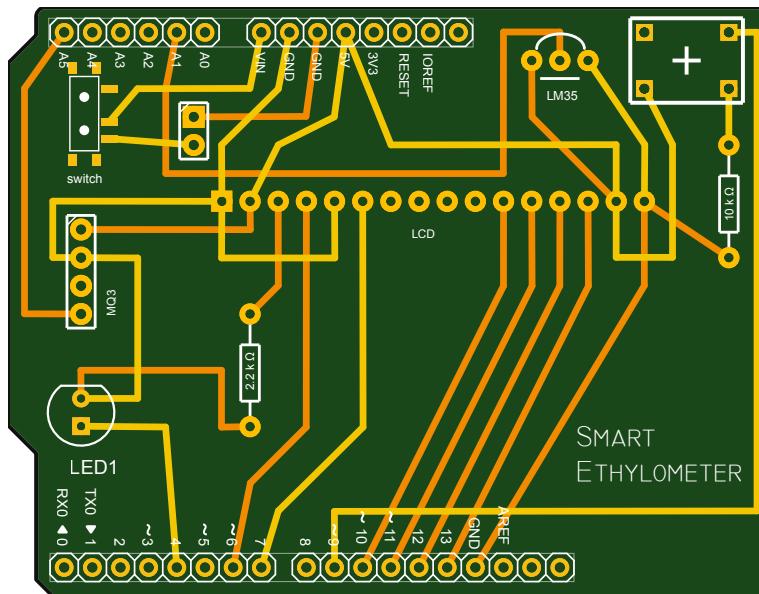


Figura 3.7: PBB Smart Ethilometer

# Capitolo 4

## Taratura dello strumento

### 4.1 Introduzione

Il sensore MQ3 traduce la concentrazione  $c$  di alcool rilevata nell'ambiente, in una differenza di potenziale  $V$  proporzionale alla suddetta concentrazione. Al fine di ottenere una misura accurata ed affidabile dallo strumento, è necessario procedere ad una apposita calibrazione del sensore.

Nel presente paragrafo vengono descritte le varie operazioni di acquisizione sperimentale dei dati e l'elaborazione matematica dei medesimi per ottenere la **curva di calibrazione** del sensore.

### 4.2 Procedura di Acquisizione dei Dati

1. Sono state predisposte all'inizio dell'esperienza una serie di provette, mostrate nella Figura 4.1, contenenti acqua e vino a varie concentrazione. Per uniformità le provette sono state **riempite allo stesso livello**. I vapori che si sprigionavano da tali miscugli, simulavano l'alito di un virtuale utente con una gradazione variabile per contenuto di alcool.



Figura 4.1: Provette contenenti miscuglio acqua-vino a varie concentrazioni

2. Al fine di stabilire quale fosse il tasso alcolemico dell'utente virtuale, è stato impiegato un etilometro commerciale. Quest'ultimo è stato accostato all'imbocco di una provetta, come in Figura 4.2, e la concentrazione misurata dallo strumento registrata.



Figura 4.2: Misura con etilometro commerciale

3. Lo stesso procedimento, come in Figura 4.3, è stato ripetuto con lo **Smart Ethilometer** collegato al computer. Per ciascuna misura, l' andamento della differenza di potenziale del sensore e la temperatura dell'ambiente venivano acquisite memorizzando i dati inviati al PC tramite la porta seriale dalla scheda Arduino. I sorgenti dei codici di calcolo sviluppati per questa finalità, sono riportati nei paragrafi 5.1 e 5.2 di pagg. 45 e 47, rispettivamente. L'andamento temporale delle differenze di potenziale, rilevate al sensore per varie concentrazioni di alcohol, è stato riassunto nei grafici delle Figure 4.4 - 4.9.



Figura 4.3: Misura con Smart Ethilometer

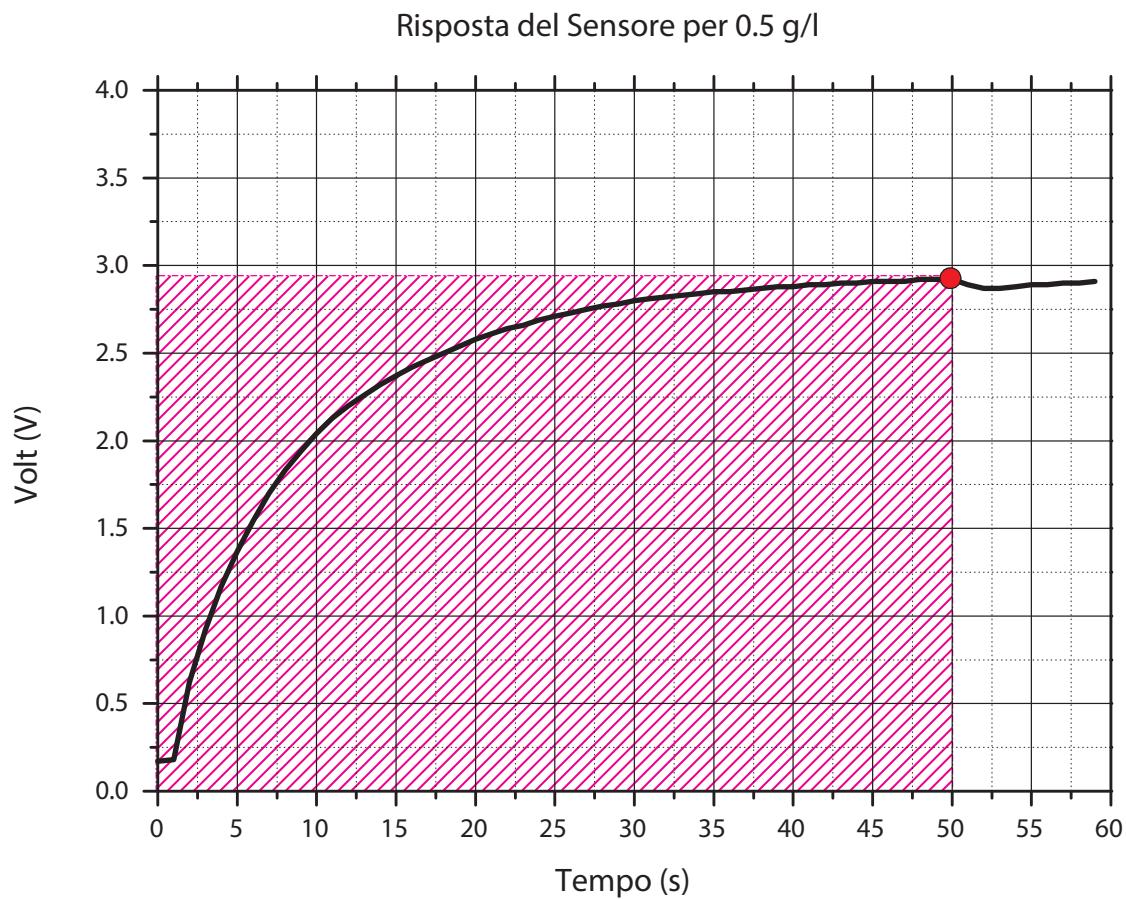


Figura 4.4: Risposta del Sensore per  $0.50 \frac{\text{g}}{\text{l}}$

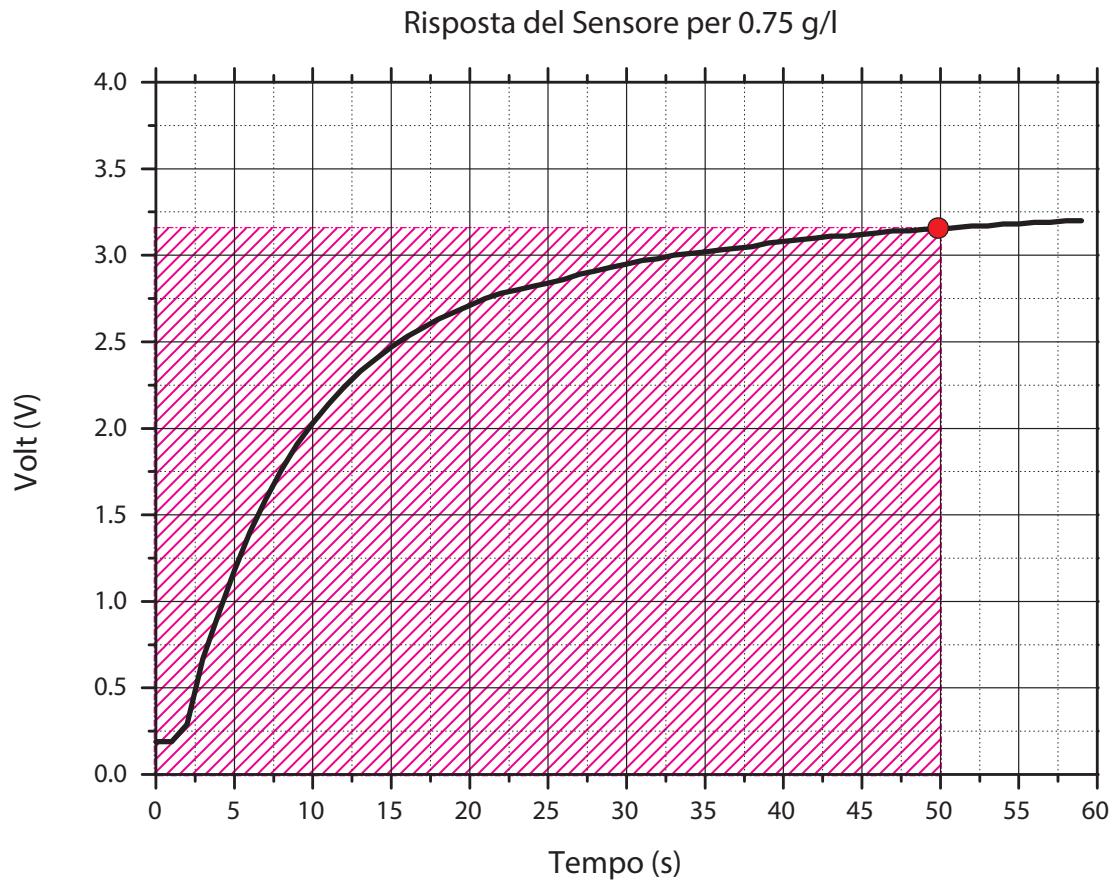


Figura 4.5: Risposta del Sensore per 0.75  $\frac{\text{g}}{\text{l}}$

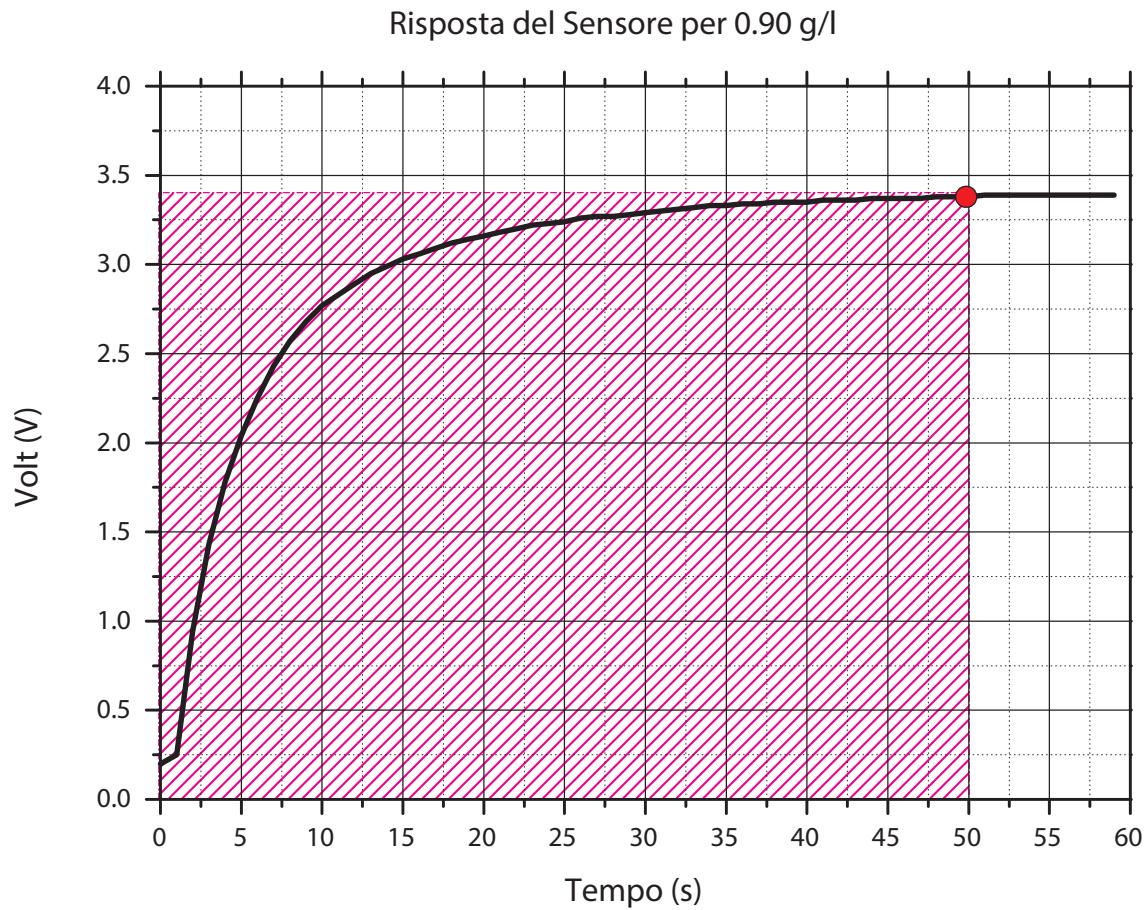


Figura 4.6: Risposta del Sensore per 0.90  $\frac{\text{g}}{\text{l}}$

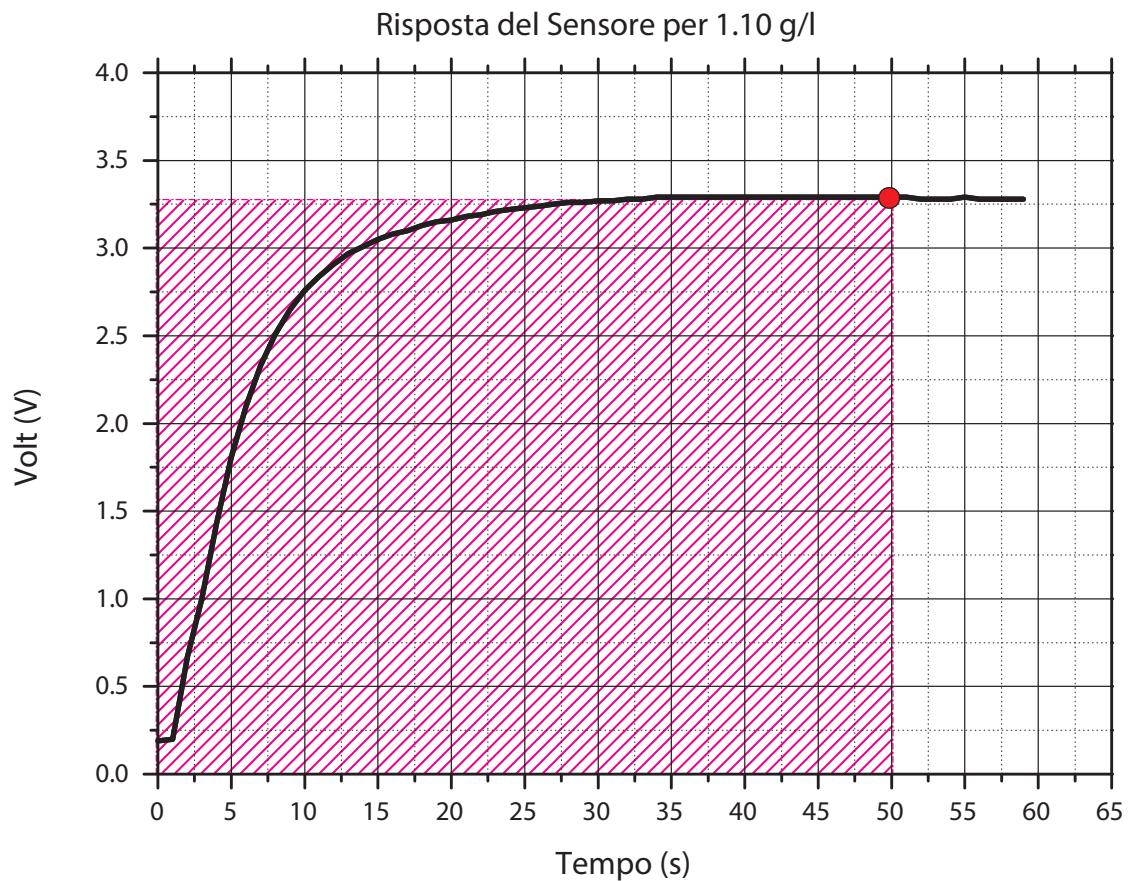


Figura 4.7: Risposta del Sensore per 1.10  $\frac{\text{g}}{\text{l}}$

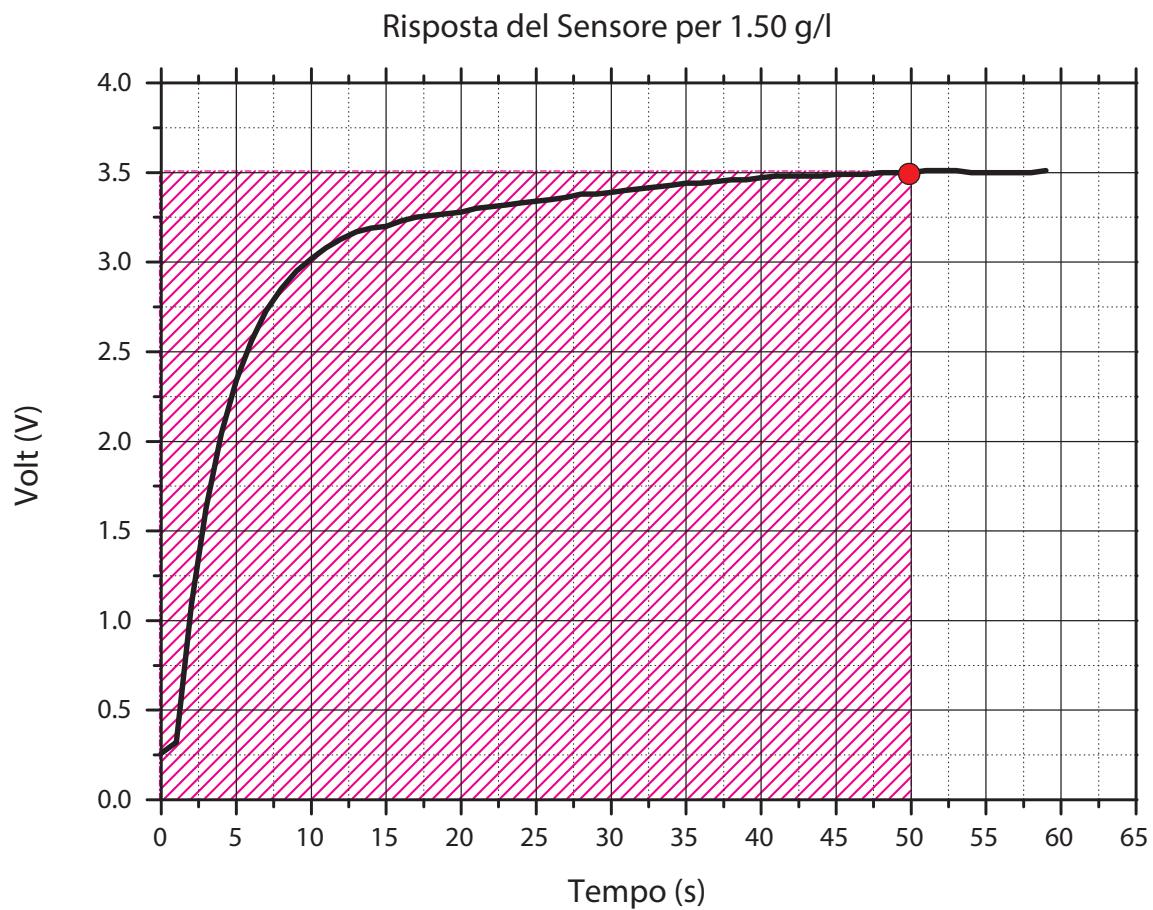


Figura 4.8: Risposta del Sensore per  $1.15 \frac{\text{g}}{\text{l}}$

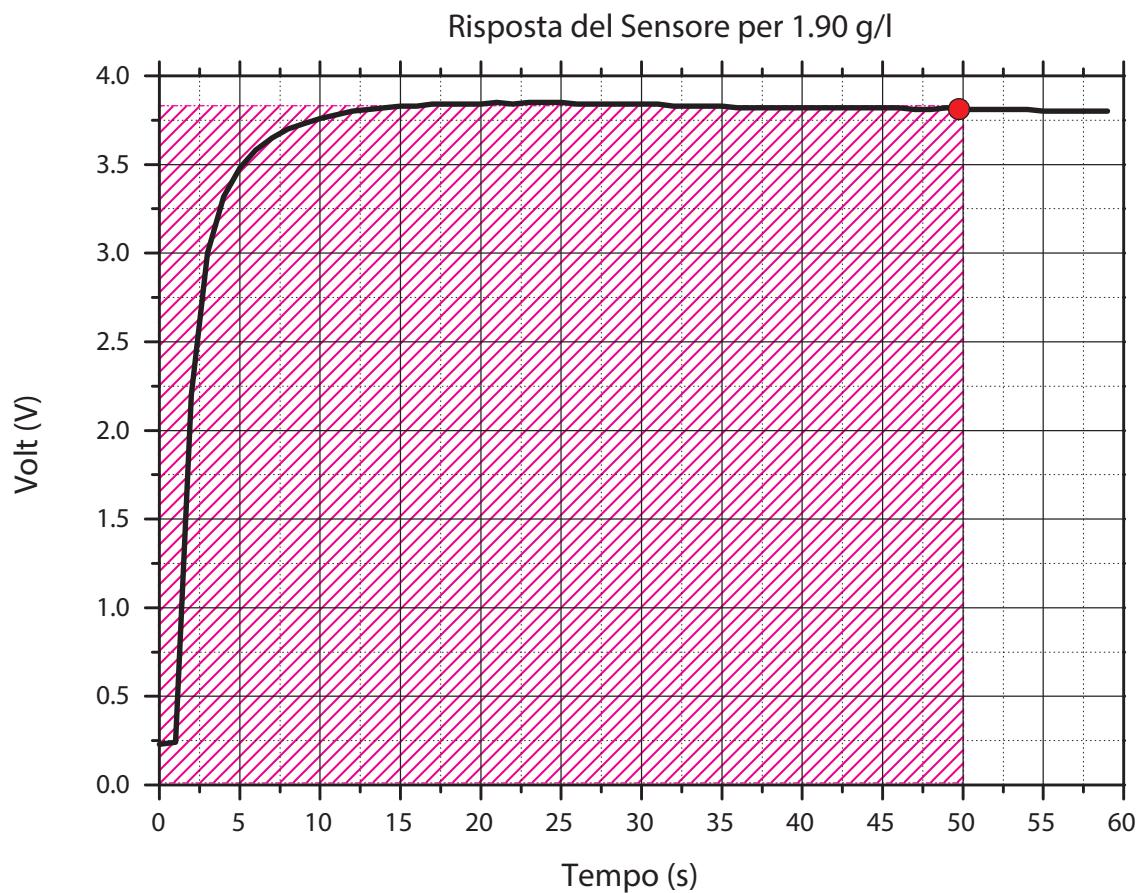


Figura 4.9: Risposta del Sensore per  $1.90 \frac{\text{g}}{\text{l}}$

Nei grafici delle figure 4.4 - 4.9 si osserva che il tempo in cui il sensore inizia a dare dei valori stabili, risulta essere pari a 50 s. Tale tempo sarà preso da Smart Ethilometer come **intervallo per le misurazioni**.

### 4.3 Elaborazione dei dati sperimentali

L'esperienza di analisi qui descritta ha richiesto la rilevazione e l'elaborazione di dati sperimentali in fase di calibrazione del sensore.

In questo paragrafo verranno riportate le definizioni di alcune funzioni matematiche utilizzate.

Indichiamo con

$$\mathbf{X} = \{ x_1 \ x_2 \ \dots \ x_N \ } \quad (4.1)$$

e

$$\mathbf{Y} = \{ y_1 \ y_2 \ \dots \ y_N \ } \quad (4.2)$$

i vettori che raccolgono i valori sperimentali correlati.

Nel nostro caso la variabile  $y$  coincide con il voltaggio  $V$  misurato dalla scheda Arduino, mentre la concentrazione  $C$  di alcol nel campione, indicata dallo strumento acquistato in farmacia, coincide con la  $x$ .

## Calcolo della media

Le medie delle variabili rilevate risultano essere

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (4.3)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad (4.4)$$

## Calcolo della varianza

Se indichiamo con

$$\text{Var}(X) = \sigma_{XX}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 , \quad (4.5)$$

$$\text{Var}(Y) = \sigma_{YY}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 , \quad (4.6)$$

le varianze delle variabili  $x, y$  rispettivamente, queste ci forniranno un indice della dispersione dei dati rispetto al valore medio. Inoltre si definisce covarianza la quantità

$$\text{Var}(X, Y) = \sigma_{XY} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}) \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}) , \quad (4.7)$$

e costituisce un indice di relazione tra le variabili.

- Se  $\text{Var}(X, Y) > 0$  l'aumento di una variabile corrisponde all'aumento dell'altra;

- Se  $\text{Var}(X, Y) < 0$  l'aumento di una variabile corrisponde alla diminuzione dell'altra.

Le **deviazioni standard** delle due variabili misurate sono:

$$\text{Sd}(X) = \sqrt{\text{Var}(X)} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (4.8)$$

$$\text{Sd}(Y) = \sqrt{\text{Var}(Y)} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2} \quad (4.9)$$

## 4.4 Regressione Lineare

Per procedere all'interpretazione dei dati rilevati dal sensore è necessario determinare una relazione analitica tra le variabili  $x$  (concentrazione di alcol nel sangue) e  $y$  (segnaletico del sensore). La relazione ipotizzata per semplicità è quella lineare. Tale ipotesi verrà comunque sottoposta ad una verifica.

Ammettendo tale ipotesi, i dati saranno legati dalla relazione:

$$y_i = \beta_1 x_i + \beta_0 + \varepsilon_i \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (4.10)$$

in cui

- $\beta_0, \beta_1$  sono i coefficienti incogniti della retta;
- $\varepsilon_i$  è l'errore commesso nell'approssimazione adottata.

I suddetti coefficienti dovranno essere calcolati in maniera tale che l'errore sia il più piccolo possibile. Si utilizzerà a tal fine il criterio dei minimi quadrati.

Per illustrare il metodo, senza perdita di generalità, assumiamo  $N = 3$ . Il nostro compito sarà quindi quello di calcolare i coefficienti della retta, in modo tale che la sua distanza da tre dati punti del piano sia minima.

La quantità da minimizzare è quindi la funzione a due variabili

$$F(\beta_0, \beta_1) = \sum_{i=1}^3 [y_i - (\beta_1 x_i + \beta_0)]^2 \quad (4.11)$$

$$= \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2 , \quad (4.12)$$

ovvero

$$\frac{dF}{d\beta_0} = 0 \quad (4.13a)$$

$$\frac{dF}{d\beta_1} = 0 \quad (4.13b)$$

Le condizioni (4.13) formano un sistema lineare di equazioni la cui soluzione fornisce i valori  $\beta_0$  e  $\beta_1$  incogniti. Gli sviluppi algebrici sono per brevità qui omessi, ma riportati nel programma **Maxima** riportato nel paragrafo 5.4 di pag. 51. Da tale programma otteniamo i seguenti risultati

$$\beta_1 = \frac{\sum_{i=1}^3 (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^3 (x_i - \bar{x})^2} \quad (4.14)$$

viste le (4.5) e (4.7), l'equazione (4.14) può essere riscritta in maniera più generale come

$$\beta_1 = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_{XX}^2} \quad (4.15a)$$

$$\beta_0 = \bar{y} - \beta_1 \bar{x} \quad (4.15b)$$

## 4.5 Applicazione Numerica

Il metodo di calcolo descritto nel paragrafo 4.4, è stato applicato grazie alla disponibilità della procedura `curve_Dist fit` della libreria matematica in linguaggio python `scipy`. La libreria è disponibile alla pagina web:

[http://docs.scipy.org/doc/scipy-0.15.1/reference/generated/scipy.optimize.curve\\_fit.html](http://docs.scipy.org/doc/scipy-0.15.1/reference/generated/scipy.optimize.curve_fit.html). I dati sperimentali riassunti nella Tabella 4.1 mettono in relazione differenza di potenziale generata dal sensore e concentrazione di alcol nel sangue, provengono dai grafici delle Figure 4.4 - 4.9.

Tabella 4.1: Dati Sperimentali per Calibrazione attraverso *Regressione Lineare*

Differenza Potenziale (V)	Concentrazione (g/l)
2.92	0.50
3.15	0.75
3.29	1.10
3.50	1.50
3.81	1.90

Con i dati a disposizione, la retta di regressione ha equazione

$$y = 0.59843 x + 2.64581 . \quad (4.16)$$

La Figura 4.10 riporta, per un confronto, sia i dati sperimentali, che la curva di calibrazione.

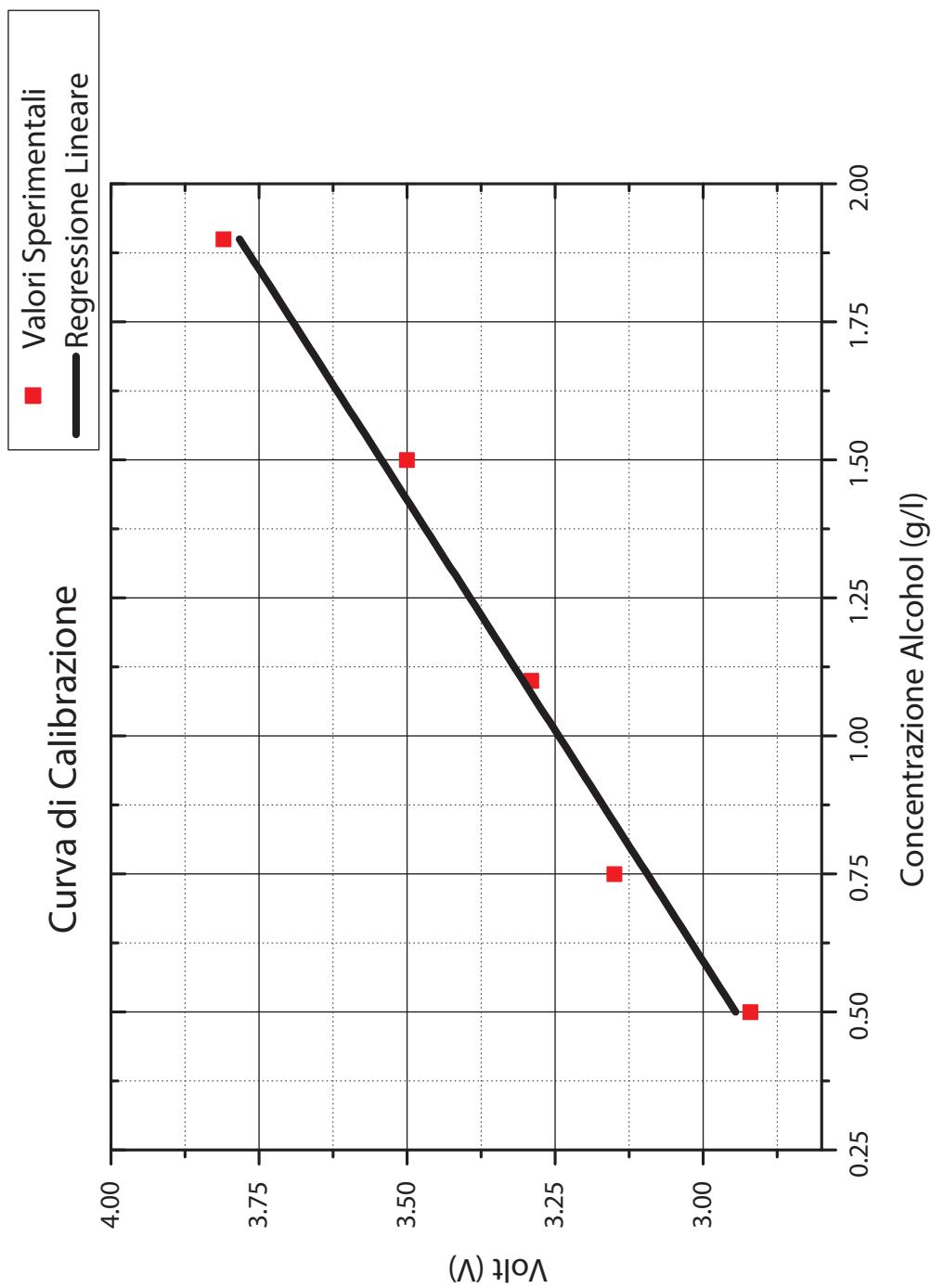


Figura 4.10: Curva di Calibrazione dello Smart Ethylometer

# Capitolo 5

## Programmi Sviluppati

In questo capitolo vengono riportati tutti i codici da me sviluppati nell'ambito del progetto **Smart Ethilometer** .

Possiamo individuare due categorie di programmi:

- quelli destinati all'acquisizione e all'elaborazione dei dati;
- quelli relativi alla gestione della scheda **Arduino**.

### 5.1 Codice Arduino per Calibrazione del Sensore

```
1  /*
2   Author: Pietro Pennestri'
3   Mail:pietro.pennestri@gmail.com
4   Website: http://www.pennestri.me
5   Date: May 2nd 2015
6
7   Description:
8   Calibration of an MQ3 shield on arduino board.
9   The voltage is displayed when the sensor is exposed at a known
10    alcohol concentration.
11   Temperature is also recorded for future adjustments.
12 */
13
14 int mq3_analogPin = A5; // connected to the output pin of MQ3
15 int val;
16 int tempPin = 1;
```

```
17 unsigned long time;
18 unsigned long time_in_second;
19 void setup(){
20     Serial.begin(9600); // open serial at 9600 bps
21 }
22
23 void loop()
24 {
25     // give ample warmup time for readings to stabilize
26     float arduino_voltage = 5 ;
27     int mq3_value = analogRead(mq3_analogPin);
28     float voltage = mq3_value * (arduino_voltage / 1023.0);
29
30     // get temperature
31     val = analogRead(tempPin);
32     float mv = ( val/1024.0)*5000;
33     float temperature = mv/10; // celsius
34
35     //tieme
36     time = millis();
37     time_in_second = time/1000 ;
38
39     //Serial.print("Voltage=");
40     Serial.print(voltage);
41     Serial.print("*");
42     //Serial.print(" Temperature(C): ");
43     Serial.print(temperature);
44     Serial.print("*");
45     //Serial.print(" Time(S): ");
46     Serial.print(time_in_second);
47     Serial.print("\n");
48
49     delay(1000);      //slow down output
50 }
```

## 5.2 Acquisizione Dati Attraverso Porta Seriale

Il codice Python di seguito riportato, sviluppato per un PC con sistema operativo Microsoft, permette di acquisire, decodificare e memorizzare su file le stringhe di dati inviate dalla scheda Arduino, programmata in Processing, con il codice già illustrato nel paragrafo 5.1. Le acquisizioni eseguite sono 60, che corrispondono ad un intervallo di tempo di circa 60 secondi.

```
1 """
2     Created on Sat May  02 16:09:30 2015
3
4     @Author: Pietro Pennestri'
5     @mail: pietro.pennestri@gmail.com
6     @website: http://www.pennestri.me
7 """
8
9     import serial
10    import numpy as np
11    import matplotlib.pyplot as plt
12    plt.close("all")
13
14    output_file_name='res.dat'
15    val_max = 60 # define maximum number of acquisition lines
16    com_port='COM9' # define COM port
17    baud_rate=9600 # define baud rate speed (same as Arduino board)
18
19    ser = serial.Serial(com_port, baud_rate, timeout=40) # define COM
20        Port
21    i=0
22
23    volt_array = np.array([])
24    #temperature_array = np.array([])
25    temperature_array = np.array([])
26    time_array = np.array([])
27
28    text_file = open (output_file_name, 'w') # create dat file
29
30    while i < val_max:
31        line = ser.readline()
32        voltage, temperature, time = line.split('*')
```

```
31      #np.concatenate((volt_array,float(voltage)),axis=0)
33      volt_array=np.append(volt_array, [float(voltage)])
34      temperature_array = np.append(temperature_array,[float(
35          temperature)])
36      time_array = np.append(time_array,[float(time)])
37
38      # write in res.dat
39      text_file.write(voltage + ' ')
40      text_file.write(temperature + ' ')
41      text_file.write(time)
42
43      i = i + 1
44      print voltage, temperature, time
45 print volt_array
46 print time_array
47 ser.close() # close COM port
48 text_file.close() # close file
49
50 plt.figure()
51 plt.plot(time_array, volt_array, linewidth=2.0)
52 plt.plot(time_array, volt_array,'ro')
53 plt.xlabel('Time (s)')
54 plt.ylabel('Voltage (V)')
55 plt.grid()
56 plt.show()
```

### 5.3 Curva di Calibrazione

```
1 # -*- coding: utf-8 -*-
2 """
3 Created on Thu May 28 18:24:59 2015
4
5 @author: pietro
6 @website: http://pennestri.me
7 @mail: pietro.pennestri@gmail.com
8 """
9
10 import matplotlib.pyplot as plt
11 import numpy as np
12 import math
13 from scipy.optimize import curve_fit
14 plt.close("all")
15
16 ydata = np.array([0.5,0.75,1.1,1.5,1.9])
17 xdata = np.array([2.92,3.15,3.29,3.5,3.81])
18 num_elements=len(xdata)
19
20 def func(x, a, b):
21     return a*x+ b
22 #
23 # curve_fit: Math procedure of the scipy math library
24 # popt:
25 # Optimal values for the parameters so
26 # that the sum of the squared error of
27 # (func-ydata)^2 is minimized
28 # pcov:
29 # The diagonals of pcov provide the variance
30 # of the parameter estimate
31
32 popt, pcov = curve_fit(func, xdata, ydata)
33 print popt
34
35 a=popt[0]
36 b=popt[1]
37
38 #error
```

```
39 k=0
40 s=0
41 for x in xdata:
42     y=func(x,a,b)
43     s=s+(y-ydata[k])**2
44     k=k+1
45 s=math.sqrt(s/num_elements)
46 print "Square root of sum of squares of residuals=",s
47
48 print '-----'
49 print pcov
50 plt.figure()
51 plt.plot(xdata, ydata, 'ko', label="Original Data")
52 plt.plot(xdata, func(xdata, *popt), 'r-', label="Fitted Curve")
53 plt.xlabel('Arduino voltage (V)')
54 plt.ylabel('Alcohol concentration (mg/l)')
55 plt.grid()
56 plt.show()
```

## 5.4 Regressione Lineare

Il seguente programma in **Maxima**<sup>1</sup> permette di ottenere in forma simbolica, ed attraverso il procedimento dei minimi quadrati, illustrato a p.41, i parametri  $\beta_0$  (*beta0*) e  $\beta_1$  (*beta1*) della regressione lineare. Viene altresì verificata l'equivalenza della soluzione ottenuta con quella generale

$$\beta_1 = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_{XX}^2} \quad (5.1a)$$

$$\beta_0 = \bar{y} - \beta_1 \bar{x} . \quad (5.1b)$$

---

<sup>1</sup>Maxima è un software open-source di manipolazione algebrica disponibile alla pagina web <http://maxima.sourceforge.net/>

```

(%i1) kill(all);
(%o0) done
Compute the errors

(%i1) eps1:y1-(beta1*x1)-beta0;
(%o1) y1 - beta1 x1 - beta0

(%i2) eps2:y2-(beta1*x2)-beta0;
(%o2) y2 - beta1 x2 - beta0

(%i3) eps3:y3-(beta1*x3)-beta0;
(%o3) y3 - beta1 x3 - beta0
Sum the squares of errors

(%i4) H:eps1^2+eps2^2+eps3^2;
(%o4) (y3 - beta1 x3 - beta0)^2 + (y2 - beta1 x2 - beta0)^2 + (y1 - beta1 x1 - beta0)^2
Differentiate wrt beta0 and beta1

(%i5) eqsys1:diff(H,beta0);
eqsys2:diff(H,beta1);

(%o5) - 2 (y3 - beta1 x3 - beta0) - 2 (y2 - beta1 x2 - beta0) - 2 (y1 - beta1 x1 - beta0)
(%o6) - 2 x3 (y3 - beta1 x3 - beta0) - 2 x2 (y2 - beta1 x2 - beta0) - 2 x1 (y1 - beta1 x1 - beta0)
Solve the system

(%i7) A:linsolve([eqsys1, eqsys2], [beta0,beta1]);
(%o7) [beta0 = -((x2 + x1) x3 - x2^2 - x1^2) y3 + (-x3^2 + x2 x3 + x1 x2 - x1^2) y2 + (-x3^2 + x1 x3 - x2^2 + x1 x2) y1,
      beta1 = (2 x3 - x2 - x1) y3 + (-x3 + 2 x2 - x1) y2 + (-x3 - x2 + 2 x1) y1]

```

Extract solutions

```
(%i8) b1:ratsimp(expand(rhs(A[2])));
      b0:ratsimp(expand(rhs(A[1])));

(%o8) 
$$\frac{(2x_3 - x_2 - x_1)y_3 + (-x_3 + 2x_2 - x_1)y_2 + (-x_3 - x_2 + 2x_1)y_1}{2x_3^2 + (-2x_2 - 2x_1)x_3 + 2x_2^2 - 2x_1x_2 + 2x_1^2}$$

(%o9) 
$$-\frac{(x_2 + x_1)x_3 - x_2^2 - x_1^2)y_3 + (-x_3^2 + x_2x_3 + x_1x_2 - x_1^2)y_2 + (-x_3^2 + x_1x_3 - x_2^2 + x_1x_2)y_1}{2x_3^2 + (-2x_2 - 2x_1)x_3 + 2x_2^2 - 2x_1x_2 + 2x_1^2}$$

```

Compute the average of observed variables

```
(%i10) xm:(x1+x2+x3)/3;
      ym:(y1+y2+y3)/3;
```

```
(%o10) 
$$\frac{x_3 + x_2 + x_1}{3}$$

```

```
(%o11) 
$$\frac{y_3 + y_2 + y_1}{3}$$

```

Compute linear regressions parameters beta0 and beta1 by means of formulas (report formulas).

```
(%i12) b1a:((x1-xm)*(y1-ym)+(x2-xm)*(y2-ym)+(x3-xm)*(y3-ym))/((x1-xm)^2+(x2-xm)^2+(x3-xm)^2);
(%o12) 
$$\frac{\left(x_3 - \frac{x_3 + x_2 + x_1}{3}\right)\left(y_3 - \frac{y_3 + y_2 + y_1}{3}\right) + \left(x_2 - \frac{x_3 + x_2 + x_1}{3}\right)\left(y_2 - \frac{y_3 + y_2 + y_1}{3}\right) + \left(x_1 - \frac{x_3 + x_2 + x_1}{3}\right)\left(y_1 - \frac{y_3 + y_2 + y_1}{3}\right)}{\left(x_3 - \frac{x_3 + x_2 + x_1}{3}\right)^2 + \left(x_2 - \frac{x_3 + x_2 + x_1}{3}\right)^2 + \left(x_1 - \frac{x_3 + x_2 + x_1}{3}\right)^2}$$

```

```
(%i13) b1a:ratsimp(expand(b1a));
```

```
(%o13) 
$$\frac{(2x_3 - x_2 - x_1)y_3 + (-x_3 + 2x_2 - x_1)y_2 + (-x_3 - x_2 + 2x_1)y_1}{2x_3^2 + (-2x_2 - 2x_1)x_3 + 2x_2^2 - 2x_1x_2 + 2x_1^2}$$

```

```
(%i14) b0a:ym-b1a*xm;
      b0a:ratsimp(expand(b0a));
```

```
(%o14) 
$$\frac{y_3 + y_2 + y_1}{3} - \frac{\left(x_3 + x_2 + x_1\right)\left((2x_3 - x_2 - x_1)y_3 + (-x_3 + 2x_2 - x_1)y_2 + (-x_3 - x_2 + 2x_1)y_1\right)}{3\left(2x_3^2 + (-2x_2 - 2x_1)x_3 + 2x_2^2 - 2x_1x_2 + 2x_1^2\right)}$$

```

```
(%o15) 
$$-\frac{(x_2 + x_1)x_3 - x_2^2 - x_1^2)y_3 + (-x_3^2 + x_2x_3 + x_1x_2 - x_1^2)y_2 + (-x_3^2 + x_1x_3 - x_2^2 + x_1x_2)y_1}{2x_3^2 + (-2x_2 - 2x_1)x_3 + 2x_2^2 - 2x_1x_2 + 2x_1^2}$$

```

Test the equivalence of the two methods checking that the two results are identical.

```
(%i16) is(b1=b1a);
      is(b0=b0a);
```

```
(%o16) true
```

```
(%o17) true
```

## 5.5 Codice Arduino Smart Ethilometer

```
/*
2 Author: Pietro Pennestri'
Mail: pietro.pennestri@gmail.com
4 website: pennestri.me
ver: 3.65
6 */
8 #include <LiquidCrystal.h>
#include <OneSheeld.h>
# include <GPSShield.h>
10 #include <SMSShield.h>
LiquidCrystal lcd(6, 7, 10, 11, 12, 13);
12 int buttonState = 0;
boolean isMessageSent = false;
14 float get_latitude ;
float get_longitude ;
16 String latitude ;
String longitude ;
18 String sms_text ;
float volt_2_gl(float v){
20     float a = 2.64581 ;
     float b = 0.59843 ;
22     float gl = (v-a)/b ;
     return gl ;
24 }
void setup() {
26     OneSheeld.begin(); // Start communication with 1Sheeld
     lcd.begin(1, 2);
28     pinMode(9, INPUT);
     pinMode(4, OUTPUT);
30     lcd.print("P. Pennestri'");
     lcd.setCursor(0, 1);
32     lcd.print("L.S.S. I. Newton");
     delay(3000);
34     lcd.clear();
     lcd.print("Warming Up");
     lcd.setCursor(0, 1);
36     lcd.print("Don't Breath");
     delay(30000);
38 }
```

```
    lcd.clear();
40 }

42 void loop() {
    buttonState = digitalRead(9); // read the state of the
    pushbutton value
44 if (buttonState == HIGH) {
    isMessageSent = false;
46 lcd.print("Breath in");
    delay(15000);
48 delay(15000);
    delay(15000);
50 delay(5000);
    lcd.clear();
52 digitalWrite(4, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the
    voltage level)
    delay(1000); // wait for a second
54 digitalWrite(4, LOW); // turn the LED off by making the
    voltage LOW
    delay(1000); // wait for a second
56 int mq3_value1 = analogRead(A5);
    float voltage1 = mq3_value1 * (5.0 / 1023.0); // get mq3
    voltage

58 if(voltage1<2.42){
60     lcd.print("No alcohol");
61     lcd.setCursor(0, 1);
62     lcd.print("You can drive ");
63     delay(15000);
64     lcd.clear();
65 }
66
67 if(voltage1>=2.42){
68     float response = volt_2_g1(voltage1);
69     // send sms if response >= 0.5 g/l
70     lcd.print(response);
71     lcd.print(" g/l");
72     lcd.setCursor(0, 1);
73     lcd.print("DO NOT DRIVE!");
74     delay(15000);
    delay(15000);
```

```
76     delay(15000);
77     delay(5000);
78     lcd.clear();

79
80     if(response>=0.5){

81
82         if(!isMessageSent)
83         {
84             lcd.print("SMS Sent");
85             lcd.clear();
86             get_latitude = GPS.getLatitude();
87             latitude = String(get_latitude);
88             get_longitude = GPS.getLongitude();
89             longitude = String(get_longitude);
90             sms_text = "I need HELP \n pick me up at \n https://www.
91             google.it/maps/place/" + latitude + "+" + longitude ;
92
93             SMS.send("3511012085", sms_text); // send sms
94             isMessageSent = true; // Set the flag.
95             delay(10000);
96         }
97
98     }
99
100
101     lcd.print("Going to idle state");
102     lcd.setCursor(0, 1);
103     lcd.print("Don't Breath");
104     delay(15000);
105     delay(15000);
106     delay(15000);
107     delay(5000);
108 } } else{
109     lcd.print("Ready to Start");
110     delay(1000);
111     lcd.clear();
112 }
```

# Capitolo 6

## Costi

Il presente capitolo riassume i costi per l'acquisto online dei componenti del dispositivo costruito.

Tabella 6.1: Costi dei Componenti

Descrizione	Costo	Sito
MQ-3	3.15 US \$	<a href="http://www.aliexpress.com">http://www.aliexpress.com</a>
LM-35	0.90 US \$	<a href="http://www.aliexpress.com">http://www.aliexpress.com</a>
Arduino UNO	2.96 US \$	<a href="http://www.aliexpress.com">http://www.aliexpress.com</a>
1sheeld	54.99 US \$	<a href="http://1sheeld.com">http://1sheeld.com</a>
LCD Module Display	1.77 US \$	<a href="http://www.aliexpress.com">http://www.aliexpress.com</a>
LED	0.05 US \$	<a href="http://www.aliexpress.com">http://www.aliexpress.com</a>
Pins	2.36 US \$	<a href="http://www.aliexpress.com">http://www.aliexpress.com</a>
Arduino PCB	1.62 US \$	<a href="http://www.aliexpress.com">http://www.aliexpress.com</a>
Interruttore e Bottone	0.5 US \$	<a href="http://www.aliexpress.com">http://www.aliexpress.com</a>

# Conclusioni

Il progetto **Smart Ethilometer** qui sviluppato può essere inquadrato nell'ambito della cosiddetta telemedicina.

La possibilità di trasmettere, immagazzinare, valutare in tempo reale dati circa lo stato di salute di una persona offre grandi opportunità per quanto riguarda la prevenzione di patologie e la riduzione dei tempi di intervento nei casi di necessità. Persone potenzialmente soggette a crisi che ne diminuiscono in maniera significativa la capacità di richiesta autonoma di aiuto, quali infarto, crisi epilettiche, etc., possono essere soccorse grazie alla rilevazione di parametri fisiologici premonitori.

Inoltre, l'uso di **smartphone**, con funzioni sempre più sofisticate, è ormai consuetudine nella nostra società. Tali apparati costituiranno innegabilmente la piattaforma su cui sviluppare applicazioni software destinate al monitoraggio dei nostri parametri fisiologici. Per questo motivo ho deciso di non limitarmi alla semplice misurazione del tasso alcolemico, ma di trasmettere i risultati dell'analisi mediante **smartphone**.

I progressi nel settore sono tuttavia legati anche allo sviluppo di nuovi ed appositi sensori. È un campo interdisciplinare dove, come mostrato pur se in maniera elementare, competenze di biochimica, fisica, chimica, elettronica ed informatica sono necessarie per poter sviluppare nuovi dispositivi con caratteristiche sempre più affidabili.

L'impiego di tecnologie innovative richiede quasi sempre la soluzione di nuovi problemi.

Infatti, il tema della custodia e del mantenimento della riservatezza dei dati relativi alla nostra salute costituisce già oggetto di dibattito. Se da un lato la conoscenza di tali dati può essere di vitale importanza per la prevenzione e la cura di importanti patologie, anche a livello globale, dall'altro vi è il rischio di un uso strumentale dei dati suddetti da parte di soggetti interessati agli stessi per fini puramente economici.

Si pensi, ad esempio, alle compagnie di assicurazione, alle banche o ai datori di lavoro che potrebbero ipoteticamente utilizzare informazioni sensibili per discriminare, sulla base dello stato di salute, clienti o dipendenti.

Le varie fasi del progetto mi hanno permesso di avvicinarmi ad un settore scientifico multidisciplinare in rapida evoluzione ed al quale mi piacerebbe nel futuro poter validamente contribuire.

# Bibliografia

- [1] World Health Organization. Global status report on alcohol and health 2014. [http://www.who.int/substance\\_abuse/publications/global\\_alcohol\\_report/msb\\_gsr\\_2014\\_1.pdf?ua=1](http://www.who.int/substance_abuse/publications/global_alcohol_report/msb_gsr_2014_1.pdf?ua=1).
- [2] M. Banzi. *Getting Started with Arduino*. O'Reilly.
- [3] L. Cerullo. Partitore di tensione e corrente. [http://elementronic.altervista.org/Pagine\\_sito/Partitore\\_di\\_tensione\\_e\\_corrente.html](http://elementronic.altervista.org/Pagine_sito/Partitore_di_tensione_e_corrente.html).
- [4] Hanwei Electronics Co. LTD. Technical data MQ-3 gas sensor datasheet. <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/MQ-3.pdf>.
- [5] S. Zakhari. Overview: How is Alcohol Metabolized by the Body? <http://pubs.niaaa.nih.gov/publications/arh294/245-255.pdf>.
- [6] 1Sheeld - the revolutionary Arduino shield. <http://1sheeld.com/>.
- [7] Arduino software (ide) 1.6.4. <http://www.arduino.cc/en/Main/Software>.
- [8] Come realizzare un etilometro con Arduino. <http://www.fragolebio.it/como-realizzare-etilometro-arduino/>.
- [9] Getting started with Arduino. <http://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage>.
- [10] Maxima 5.36.0 manual. [http://maxima.sourceforge.net/docs/manual/maxima\\_20.html](http://maxima.sourceforge.net/docs/manual/maxima_20.html).
- [11] Metabolismo etanolo. [http://www.didascienze.it/metabolismo\\_dellalcool.html](http://www.didascienze.it/metabolismo_dellalcool.html).
- [12] How to use a multimeter. <https://learn.sparkfun.com/tutorials/how-to-use-a-multimeter>.

- [13] Partitore di tensione. [http://it.wikipedia.org/wiki/Partitore\\_di\\_tensione](http://it.wikipedia.org/wiki/Partitore_di_tensione).
- [14] Python 2D plotting library. <http://matplotlib.org/>.
- [15] Processing manual. <https://processing.org/>.
- [16] Python for beginners. <https://www.python.org/about/gettingstarted/>.
- [17] Linear regression. [http://en.wikipedia.org/wiki/Linear\\_regression](http://en.wikipedia.org/wiki/Linear_regression).
- [18] Fisiologia dei postumi di una sbronza. <http://www.scientificast.it/2012/08/31/fisiologia-dei-postumi-di-una-sbronza/>.
- [19] `scipy.optimize.curve-fit`. [http://docs.scipy.org/doc/scipy-0.15.1/reference/generated/scipy.optimize.curve\\_fit.html](http://docs.scipy.org/doc/scipy-0.15.1/reference/generated/scipy.optimize.curve_fit.html).
- [20] pyserial documentation. <http://pyserial.sourceforge.net/>.

## Ringraziamenti

Il progetto **Smart Ethilometer** è iniziato nel mese di marzo 2015. Nel corso di questi mesi ho avuto modo di confrontarmi illustrando e discutendo le fasi ed i progressi del progetto con i miei Docenti.

A Loro e al Dirigente Scolastico Prof.ssa Ivana Uras, va il mio più sincero ringraziamento per tutti i preziosi consigli e gli incoraggiamenti ricevuti.