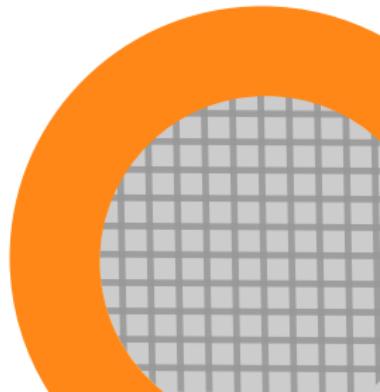


SMART ETHYLOMETER

Teoria e Costruzione

Pietro Pennestrì

L.S.S. Isacco Newton - Roma



SOMMARIO

1. Motivazioni
2. Descrizione del Progetto
3. L'Alcohol Etilico
4. Metabolismo dell'Alcohol
5. Il Sensore
6. Taratura del Sensore

MOTIVAZIONI

MOTIVAZIONI



- Nel mondo sono **3.3 milioni** all'anno i **decessi** causati dall'abuso di alcool.

MOTIVAZIONI



- Nel mondo sono **3.3 milioni** all'anno i **decessi** causati dall'abuso di alcool.
- Circa il 30 % degli incidenti stradali in Italia sono correlati all'abuso di alcool.

MOTIVAZIONI



- La fascia dei giovani dagli 11 ai 24 anni è quella **più a rischio** per abuso di sostanze alcoliche;

MOTIVAZIONI



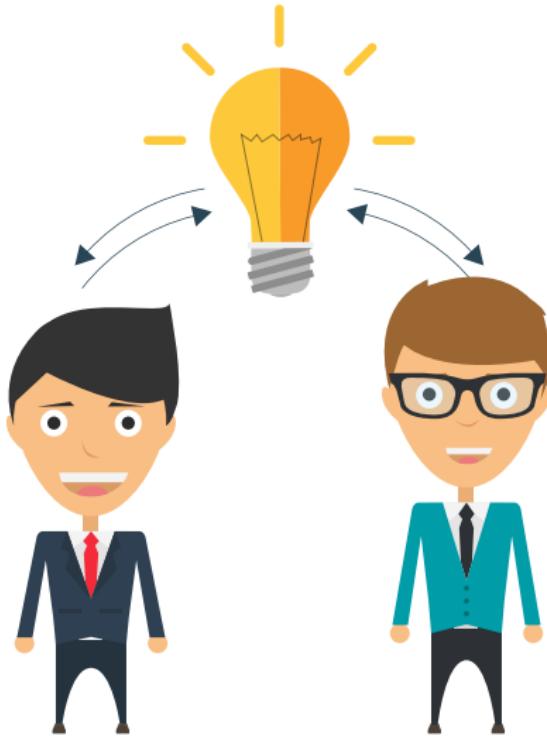
- La fascia dei giovani dagli 11 ai 24 anni è quella **più a rischio** per abuso di sostanze alcoliche;
- **È in aumento** il numero di persone che responsabilmente scelgono di limitare il consumo di alcool in funzione della sicurezza alla guida.

MOTIVAZIONI



- Aumentare la sensibilità dei giovani al problema dell'abuso di alcohol.

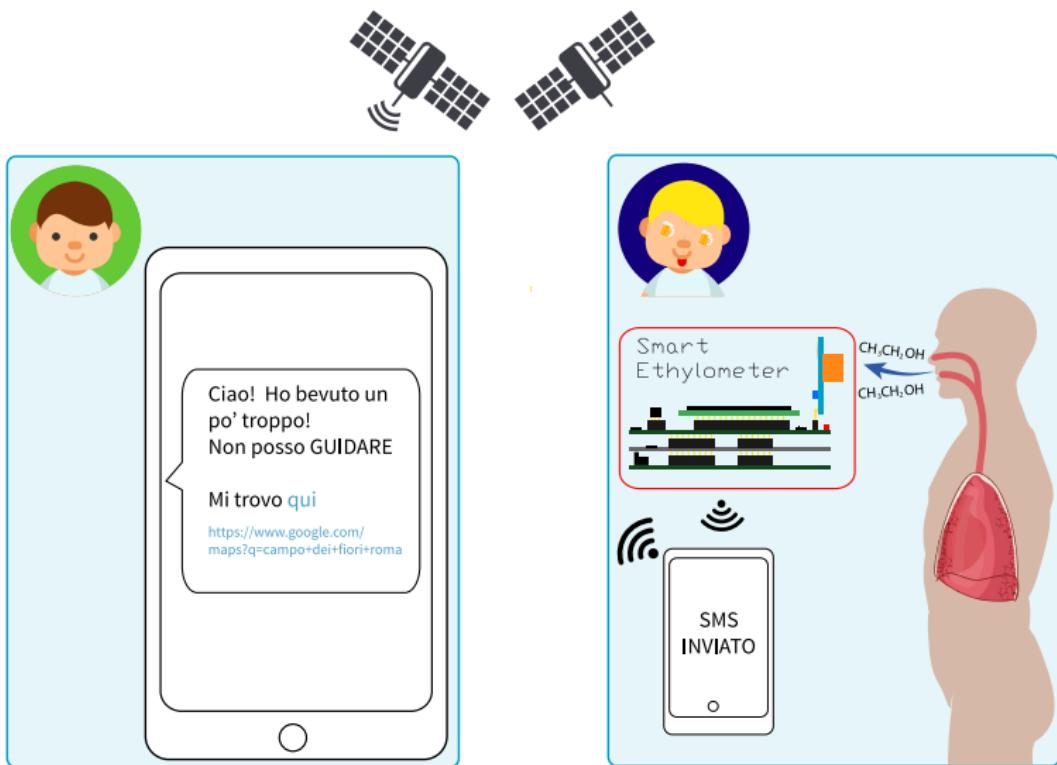
MOTIVAZIONI



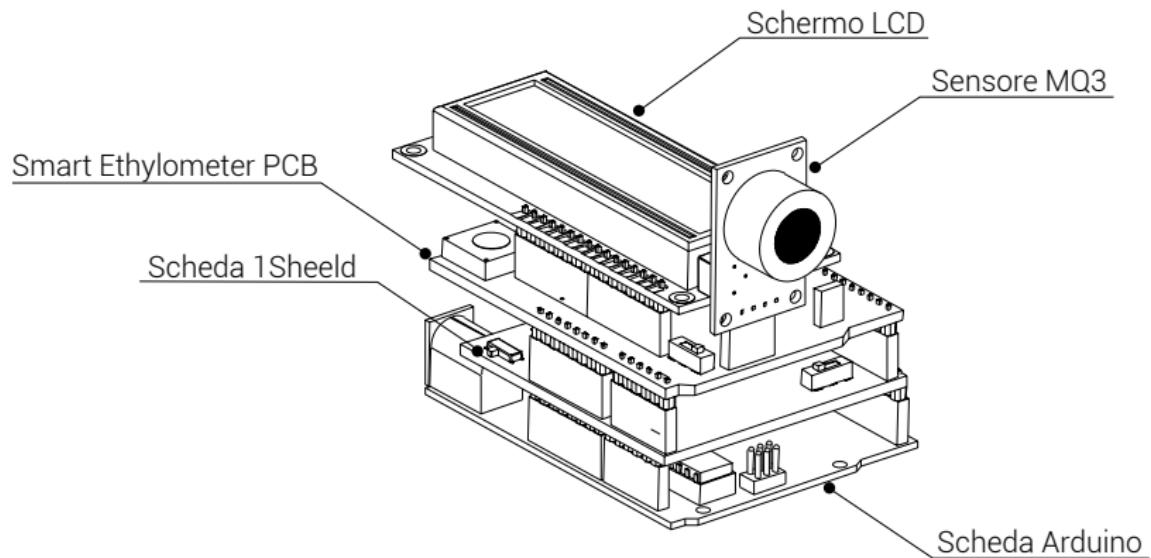
- Aumentare la sensibilità dei giovani al problema dell'abuso di alcohol.
- Possibilità di riprodurre il progetto da parte di altri studenti, grazie alla **condivisione in rete**.

DESCRIZIONE DEL PROGETTO

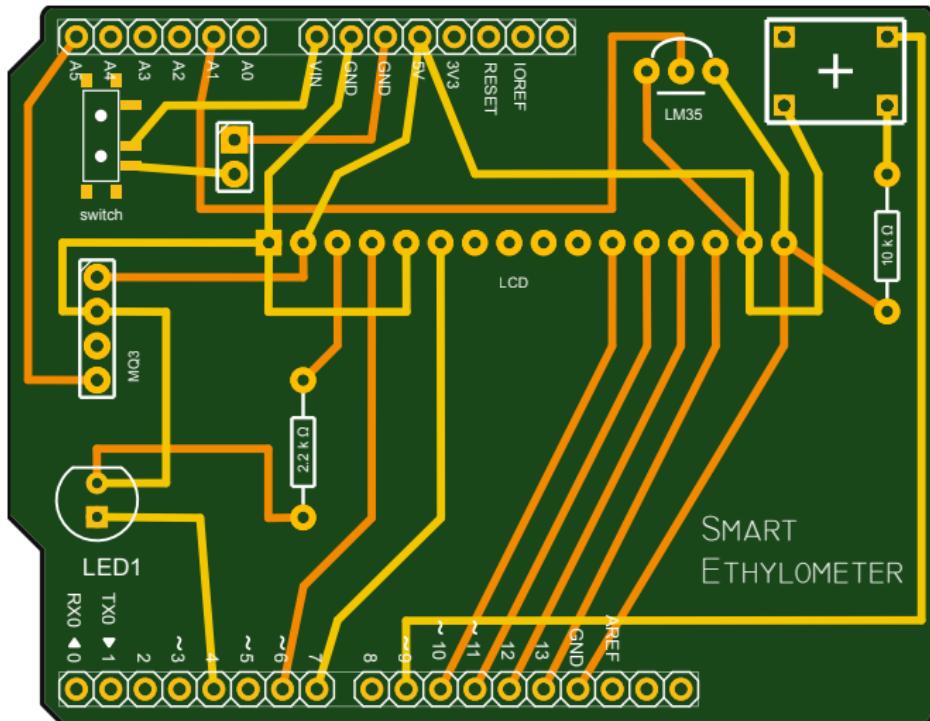
LO SMART ETHYLOMETER - FUNZIONI



LO SMART ETHYLOMETER - COMPONENTI PRINCIPALI



LO SMART ETHYLOMETER - CABLAGGI PCB

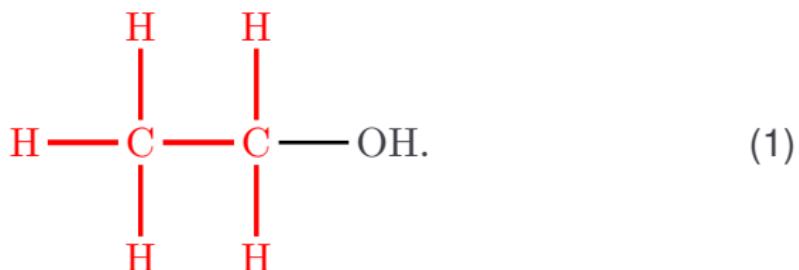


L'ALCOHOL ETILICO

FORMULA

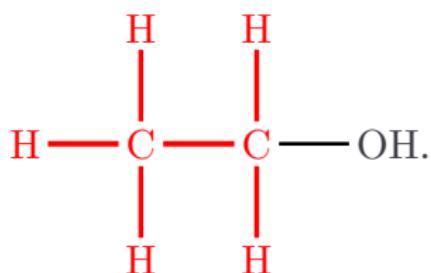
L'etanolo è un alcole, ovvero una sostanza organica che deriva da un alcano a cui è stato sostituito un atomo di idrogeno *H*, con un gruppo ossidrile *OH*.

In particolare, l'etanolo deriva dall'etano, presenta la seguente struttura

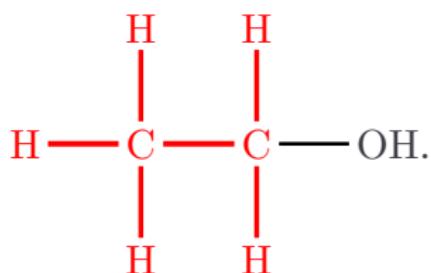


PROPRIETÀ CHIMICHE

- La molecola ha una **parte polare**, rappresentata in nero, e una **apolare** in rosso.

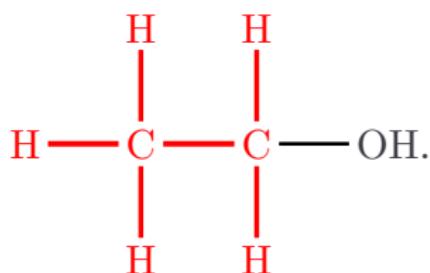


PROPRIETÀ CHIMICHE



- La molecola ha una **parte polare**, rappresentata in nero, e una **apolare** in rosso.
- È una sostanza tendenzialmente volatile ed infiammabile.

PROPRIETÀ CHIMICHE



- La molecola ha 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).

PROPRIETÀ ORGANOLETTICHE



- È un liquido incolore.
- Ha un odore caratteristico e pungente.
- Ha un gusto dolce.

METABOLISMO DELL'ALCOHOL

METABOLISMO DELL'ALCOHOL

Dopo aver ingerito una bevanda alcolica

- dal 90 % al 95 % dell'alcool viene metabolizzato a livello epatico;
- una piccola aliquota, variabile dal 5 al 15 %, viene eliminata con il respiro e le urine.

METABOLISMO DELL'ALCOHOL

- Sulla superficie della mucosa del tratto gastroenterico agisce l'enzima **alcol deidrogenasi** che costituisce un primo ostacolo all'assorbimento.

METABOLISMO DELL'ALCOHOL

- La presenza dell'enzima **alcol deidrogenasi** permette al nostro organismo la catabolizzazione dell'alcol.

METABOLISMO DELL'ALCOHOL

- La presenza dell'enzima **alcol deidrogenasi** permette al nostro organismo la catabolizzazione dell'alcol.
- La presenza dell'alcol deidrogenasi nella donna è circa la metà rispetto all'uomo.

METABOLISMO DELL'ALCOHOL

- La presenza dell'enzima **alcol deidrogenasi** permette al nostro organismo la catabolizzazione dell'alcol.
- La presenza dell'alcol deidrogenasi nella donna è circa la metà rispetto all'uomo.

Le donne possono assumere una **quantità di alcol inferiori rispetto all'uomo.**



METABOLISMO DELL'ALCOHOL

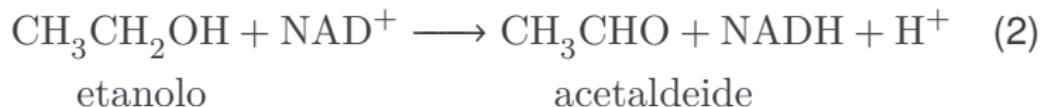
La quantità di alcohol assorbita passa quindi al fegato per essere metabolizzata da **tre sistemi enzimatici differenti**.

METABOLISMO DELL'ALCOHOL - I SISTEMA

- Il primo sistema, situato nel citosol, coinvolge l'enzima alcol deidrogenasi e metabolizza in un soggetto non affetto dall'alcolismo circa il 90 % dell'alcohol presente nel fegato.

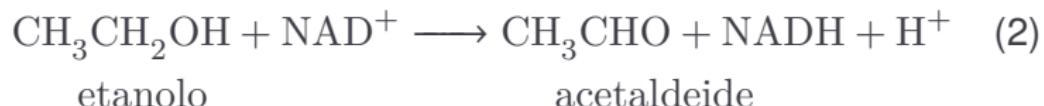
METABOLISMO DELL'ALCOHOL - I SISTEMA

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



METABOLISMO DELL'ALCOHOL - I SISTEMA

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



- La reazione porta ad uno sbilancio tra NAD⁺ e NADH ed un eccesso degli ioni H⁺, che causano un aumento di acidità all'interno della cellula.

METABOLISMO DELL'ALCOHOL - II SISTEMA



- Il secondo sistema indicato con MEOS, è il sistema microsomiale di ossidazione dell'etanolo che avviene nei microsomi e richiede l'enzima CYP2E1 per ossidare l'etanolo.

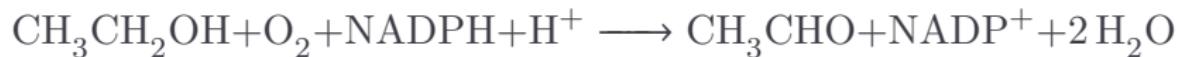
METABOLISMO DELL'ALCOHOL - II SISTEMA



- Il secondo sistema indicato con MEOS, è il sistema microsomiale di ossidazione dell'etanolo che avviene nei microsomi e richiede l'enzima CYP2E1 per ossidare l'etanolo.
- Negli individui affetti da alcolismo, la sua funzione aumenta in maniera significativa per eliminare tutto l'alcoolol presente.

METABOLISMO DELL'ALCOHOL - II SISTEMA

L'etanolo è ossidato secondo la seguente reazione e perde due atomi di idrogeno, mentre l'ossigeno accettandoli è ridotto e forma acqua, si ottiene infine come prodotto acetaldeide e acqua.



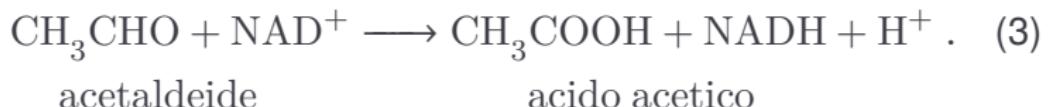
METABOLISMO DELL'ALCOHOL - III SISTEMA

Il terzo sistema, la **catalasi**, avviene nei perossisoma, un organello cellulare, ha un ruolo del tutto marginale e ossida l'**etanolo ad acetaldeide** a secondo la reazione



METABOLISMO DELL'ALCOHOL - TRASFORMAZIONE IN ACETATO

- L'alcool una volta ossidato ad **acetaleide**, viene a sua volta ossidato ad **acetato** secondo la reazione



- Quando l'alcool è stato ingerito in dosi massicce, l'organismo non riesce ad ossidare tutto acetaldeide, che ricordiamo essere una sostanza pericolosa per l'organismo.

METABOLISMO DELL'ALCOHOL - TRASFORMAZIONE IN ACETATO

- L'alcool una volta ossidato ad **acetaleide**, viene a sua volta ossidato ad **acetato** secondo la reazione



- Quando l'alcool è stato ingerito in dosi massicce, l'organismo non riesce ad ossidare tutto acetaldeide, che ricordiamo essere una sostanza pericolosa per l'organismo.
 - L'acido acetico, così prodotto verrà, ancora una volta ossidato per ottenere CO_2 .

SCAMBI GASSOSI NEI POLMONI

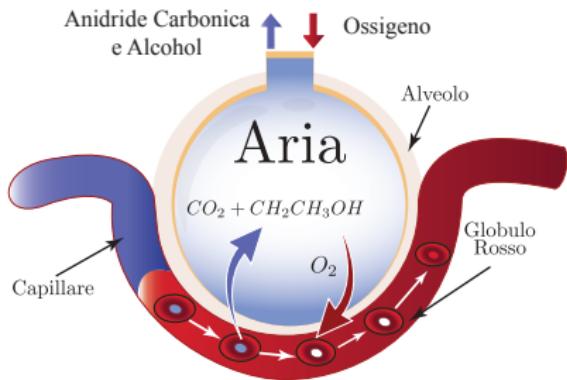
- Come già affermato non tutto l'alcool attraversa le vie metaboliche.
Infatti una piccola percentuale riesce a passare nel flusso sanguigno dove **non viene metabolizzato e rimane un composto separato.**

SCAMBI GASSOSI NEI POLMONI

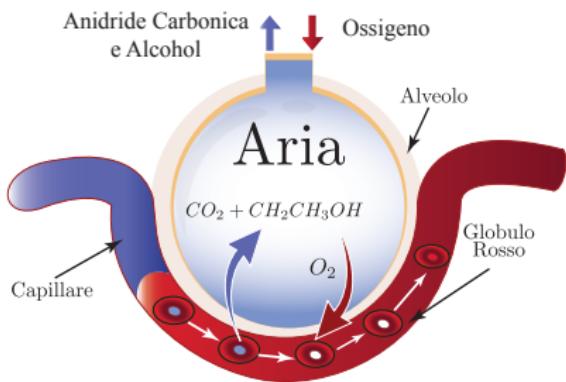
- Come già affermato non tutto l'alcool attraversa le vie metaboliche.
Infatti una piccola percentuale riesce a passare nel flusso sanguigno dove **non viene metabolizzato e rimane un composto separato.**
- In particolare, l'alcool entra in contatto con il sangue venoso diretto ai polmoni per essere purificato.

SCAMBI GASSOSI

Il processo di diffusione governa lo scambio tra il sangue e l'aria degli alveoli.

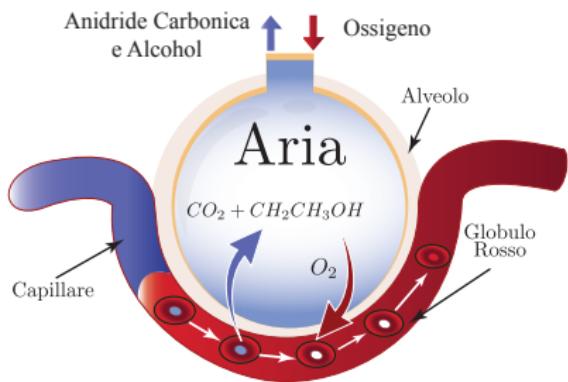


SCAMBI GASSOSI



- Il processo di diffusione governa lo scambio tra il sangue e l'aria degli alveoli.
- L'alcool presente nel sangue, per la sua volatilità, è esalato insieme alla CO_2 .

SCAMBI GASSOSI



- Il processo di diffusione governa lo scambio tra il sangue e l'aria degli alveoli.
- L'alcool presente nel sangue, per la sua volatilità, è esalato insieme alla CO_2 .
- 2100:1 è il rapporto tra alcohol nell'aria e alcohol nel sangue ovvero 2100 ml di aria alveolare contengono circa la stessa quantità di alcohol di 1 ml di sangue. Tale rapporto è stato calcolato sperimentalmente tramite la **legge di Henry**

LEGGE DI HENRY

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.

LEGGE DI HENRY

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

$$c = kp \quad (4)$$

dove

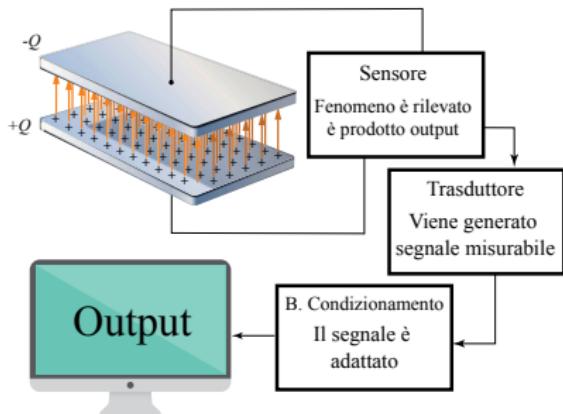
- c è la concentrazione del gas nella soluzione;
- p la sua pressione nella fase gassosa sovrastante.

IL SENSORE

CHE COS'È UN SENSORE

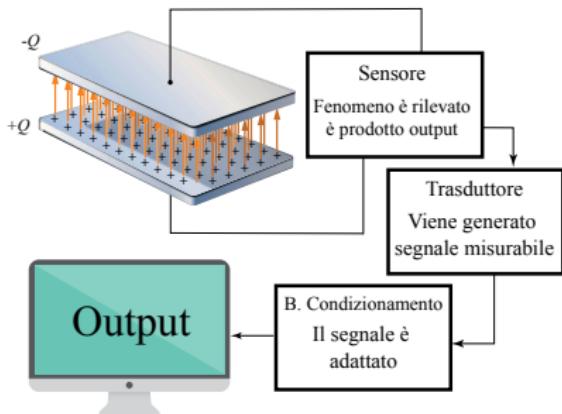
*Un **sensore** è un dispositivo capace di rilevare dati dall'ambiente circostante ed in grado di produrre un cambiamento chimico o fisico per output dipendente dal fenomeno rilevato secondo una **legge fissata**.*

MODALITÀ DI FUNZIONAMENTO DEL SENSORE



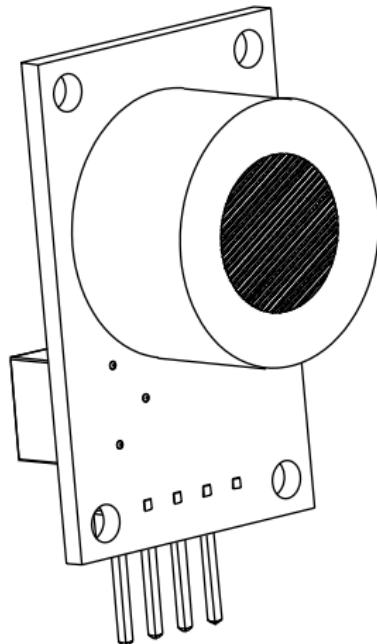
- L'output viene trasformato in un segnale misurabile dal **trasduttore**, ovvero un sensore che non si trova al primo posto della catena di misura.

MODALITÀ DI FUNZIONAMENTO DEL SENSORE



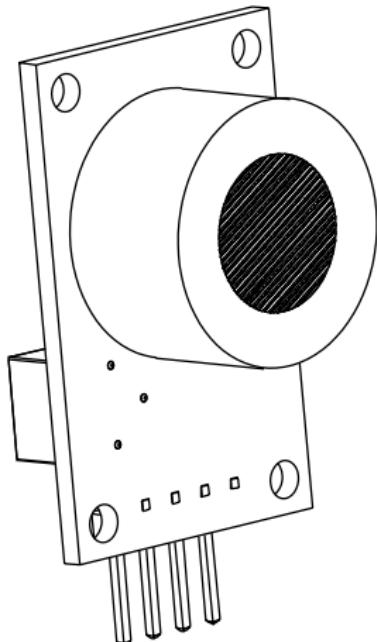
- L'output viene trasformato in un segnale misurabile dal **trasduttore**, ovvero un sensore che non si trova al primo posto della catena di misura.
- Il segnale prodotto dal trasduttore è adattato dal **blocco di condizionamento**, che lo adatta per l'unità di trattamento dei dati.

CHIMICA DEL SENSORE MQ-3



- Il materiale usato nel sensore MQ-3 per individuare la presenza di alcohol è il **biossalido di stagno** SnO_2 .

CHIMICA DEL SENSORE MQ-3



- Il materiale usato nel sensore MQ-3 per individuare la presenza di alcohol è il **biossalido di stagno** SnO_2 .
- Tale materiale è un **semiconduttore di tipo N**, ovvero è stato opportunamente drogato affinché la sua struttura contenga più elettroni di conduzione.

CHIMICA DEL SENSORE MQ-3

In assenza di alcool nell'ambiente, l'ossigeno entra in contatto con il sottile film di SnO_2 , che è poroso e sottrae elettroni alla sua struttura secondo la seguente reazione



CHIMICA DEL SENSORE MQ-3

In assenza di alcool nell'ambiente, l'ossigeno entra in contatto con il sottile film di SnO_2 , che è poroso e sottrae elettroni alla sua struttura secondo la seguente reazione



La resistenza dello strato di SnO_2
è MASSIMA.

CHIMICA DEL SENSORE MQ-3

- Quando l'etanolo entra in contatto con il film di SnO_2 , viene ossidato nell'anodo secondo la reazione

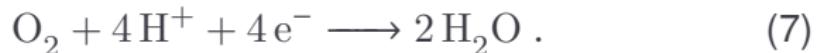


CHIMICA DEL SENSORE MQ-3

- Quando l'etanolo entra in contatto con il film di SnO_2 , viene ossidato nell'anodo secondo la reazione



- L'ossigeno è ridotto nel catodo secondo la reazione

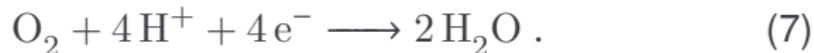


CHIMICA DEL SENSORE MQ-3

- Quando l'etanolo entra in contatto con il film di SnO_2 , viene ossidato nell'anodo secondo la reazione



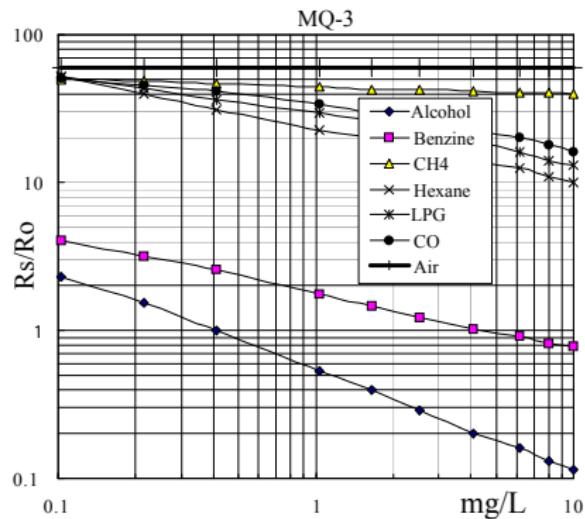
- L'ossigeno è ridotto nel catodo secondo la reazione



- La **reazione complessiva** può essere riscritta nella seguente forma

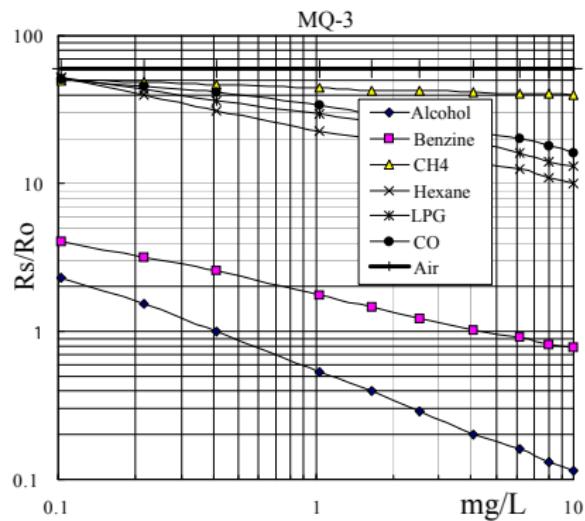


CHIMICA DEL SENSORE MQ-3



- Lo scambio di elettroni tra due specie chimiche causerà una minore resistenza da parte del film di SnO₂.

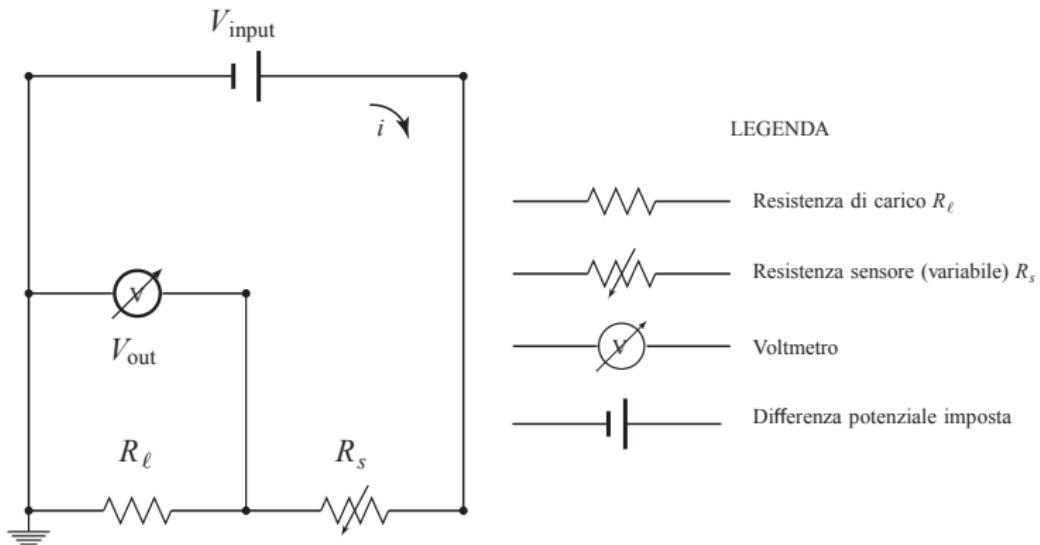
CHIMICA DEL SENSORE MQ-3



- Lo scambio di elettroni tra due specie chimiche causerà una minore resistenza da parte del film di SnO₂.
- La variazione di resistenza R_s è rilevata e associata ad una determinata concentrazione di alcohol nel sangue.

CIRCUITO ELETTRICO DI MISURA

La variazione di R_s viene quindi rilevata attraverso un partitore di tensione, come rappresentato dalla seguente figura



CIRCUITO ELETTRICO DI MISURA

- Il partitore di tensione modifica proporzionalmente ad R_s la tensione V_{out} .

CIRCUITO ELETTRICO DI MISURA

- Il partitore di tensione 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_ℓ , 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 partitore di tensione è un dispositivo costituito da due o più resistenze collegate in serie, che consente di variare la tensione V_{out} in funzione di un valore di resistenza R_s .

IL PARTITORE DI TENSIONE

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

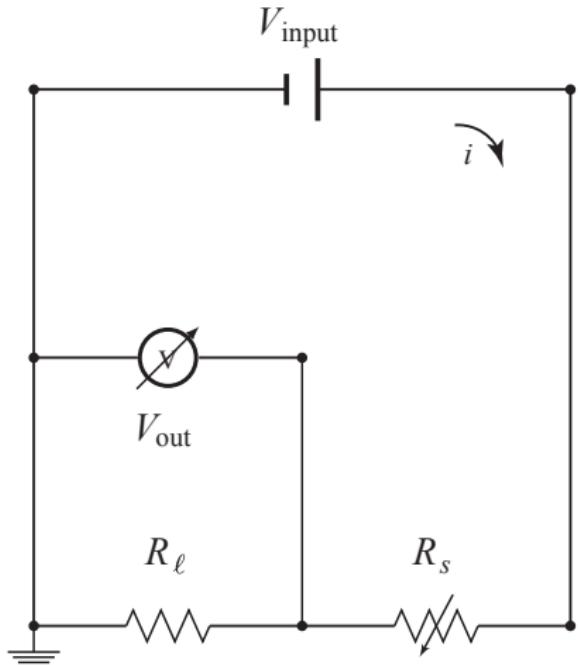
IL PARTITORE DI TENSIONE

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

- R_ℓ : Resistenza di Carico 200k Ω .
- R_s resistenza variabile da 1M Ω a 8M Ω e la tensione rilevata risulta essere

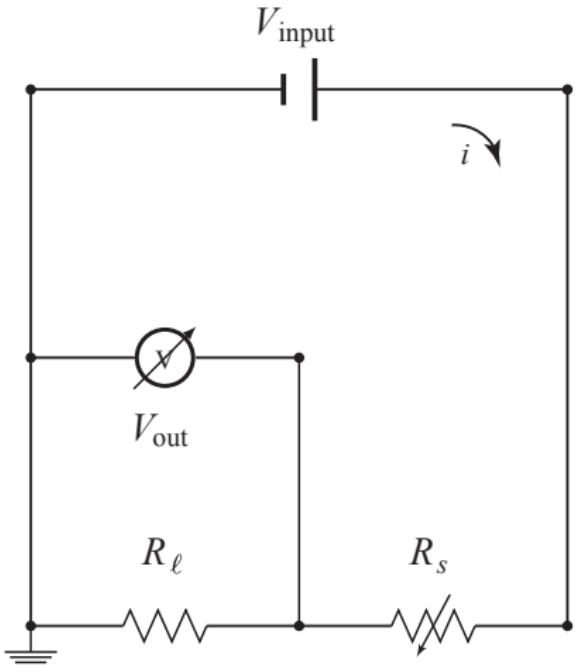
$$V_{\text{out}} = V_{\text{input}} \frac{R_\ell}{R_\ell + R_s} . \quad (9)$$

IL PARTITORE DI TENSIONE



- L'equazione (9) si giustifica grazie alla prima legge di Ohm e alla legge delle maglie di Kirchhoff.

IL PARTITORE DI TENSIONE



- L'equazione (9) 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

$$i = \frac{V_{\text{input}}}{R_\ell + R_s} \quad (10a)$$

$$i = \frac{V_{\text{out}}}{R_\ell}. \quad (10b)$$

IL PARTITORE DI TENSIONE

Uguagliando i secondi membri discende la (9)

$$V_{\text{out}} = V_{\text{input}} \frac{R_\ell}{R_\ell + R_s} .$$

TARATURA DEL SENSORE

TARATURA DEL SENSORE

- Il sensore MQ3 traduce la concentrazione c di alcool rilevata nell'ambiente, in una differenza di potenziale V proporzionale alla suddetta concentrazione.

TARATURA DEL SENSORE

- 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.

PROCEDURA DI ACQUISIZIONE - FASE 1



Sono state predisposte all'inizio dell'esperienza una serie di provette 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 alcolol.

PROCEDURA DI ACQUISIZIONE - FASE 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 e la concentrazione misurata dallo strumento registrata.

PROCEDURA DI ACQUISIZIONE - FASE 3

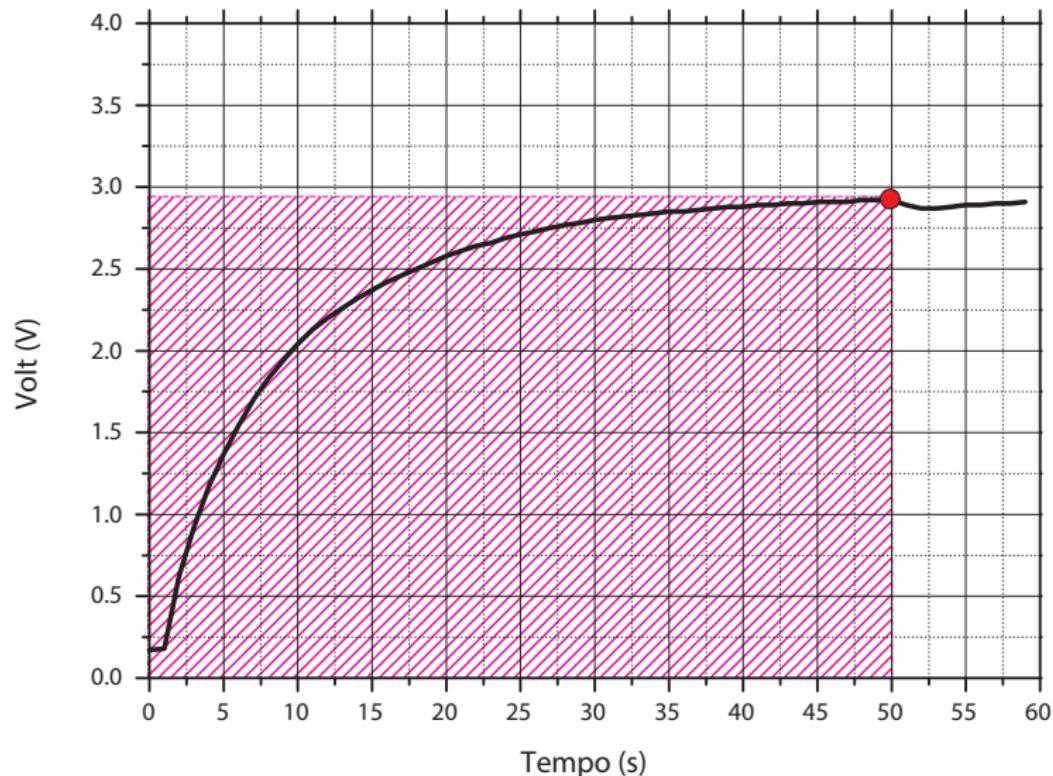


Lo stesso procedimento della **Fase 2** è stato ripetuto con lo Smart Ethilometer collegato al computer.

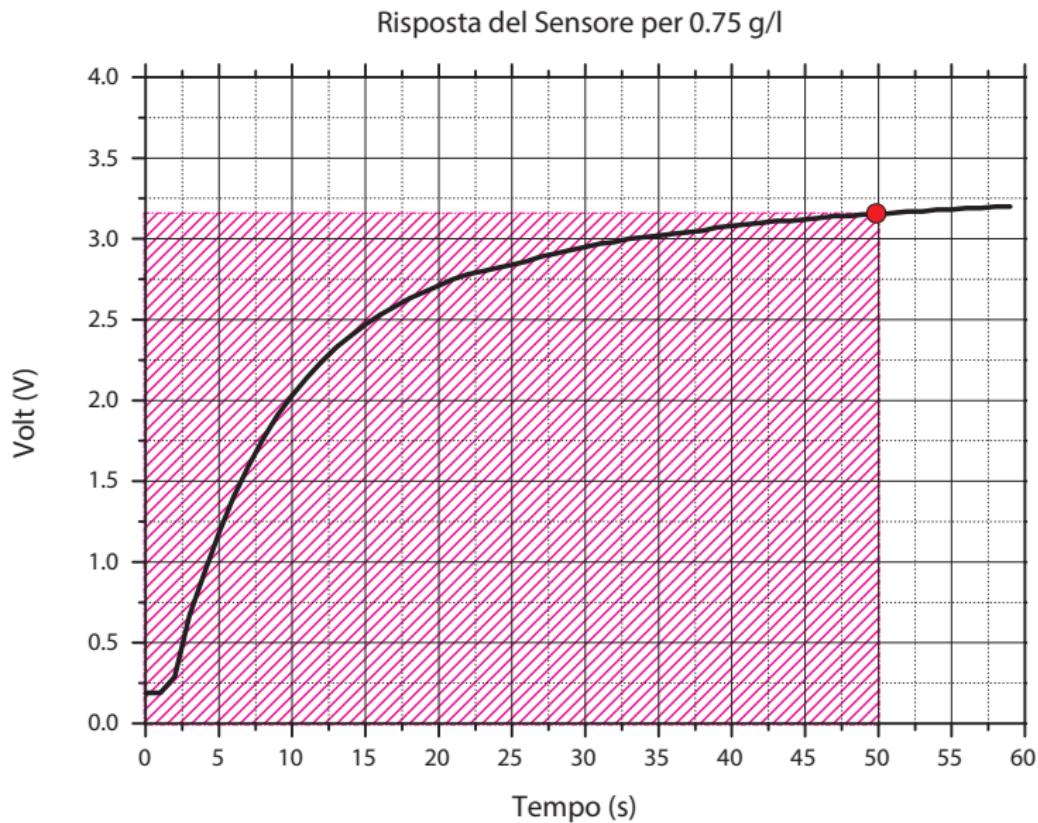
Per ciascuna misura, l'andamento della differenza di potenziale del sensore e la temperatura dell'ambiente venivano acquisite memorizzando i dati **inviai al PC tramite la porta seriale dalla scheda Arduino.**

RISPOSTA DEL SENSORE PER 0.50 g/l

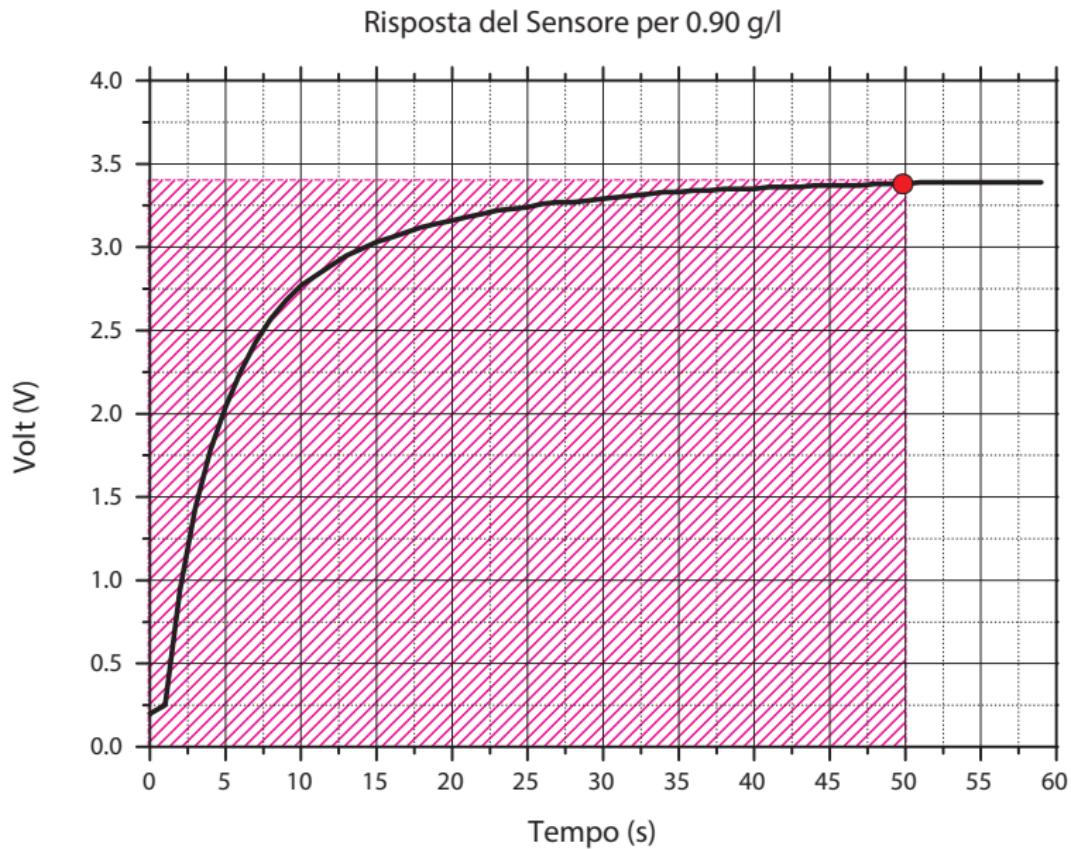
Risposta del Sensore per 0.5 g/l



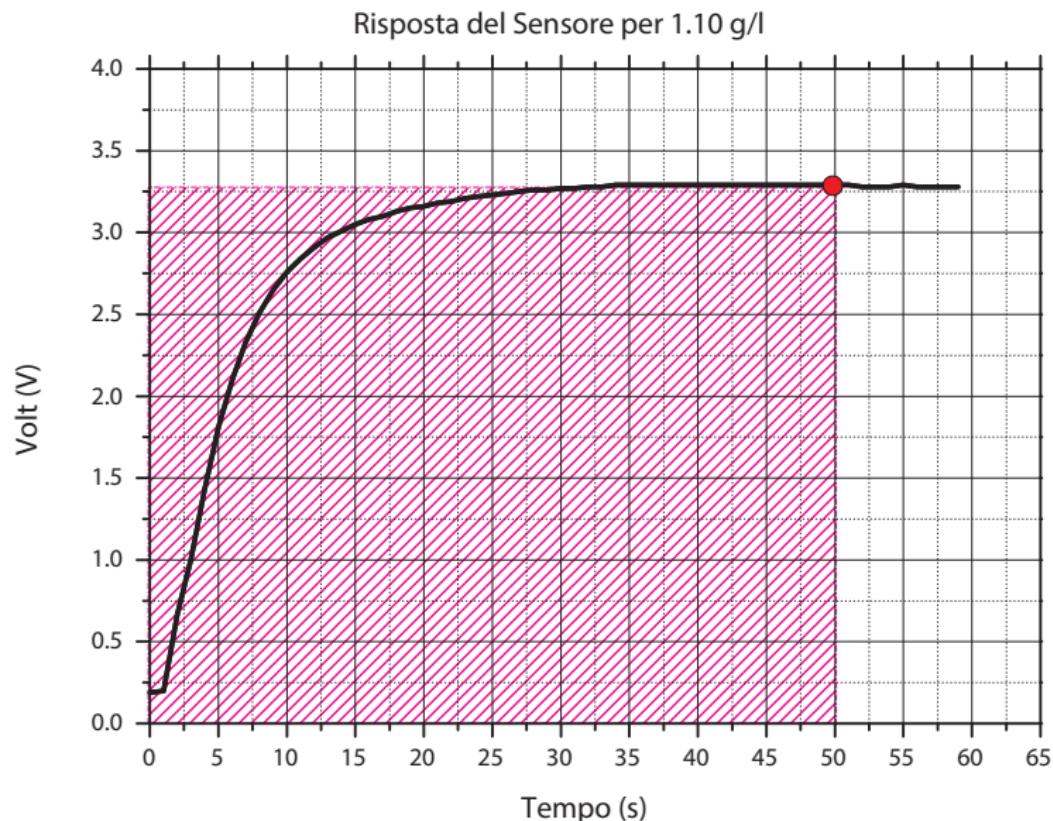
RISPOSTA DEL SENSORE PER 0.75 g/l



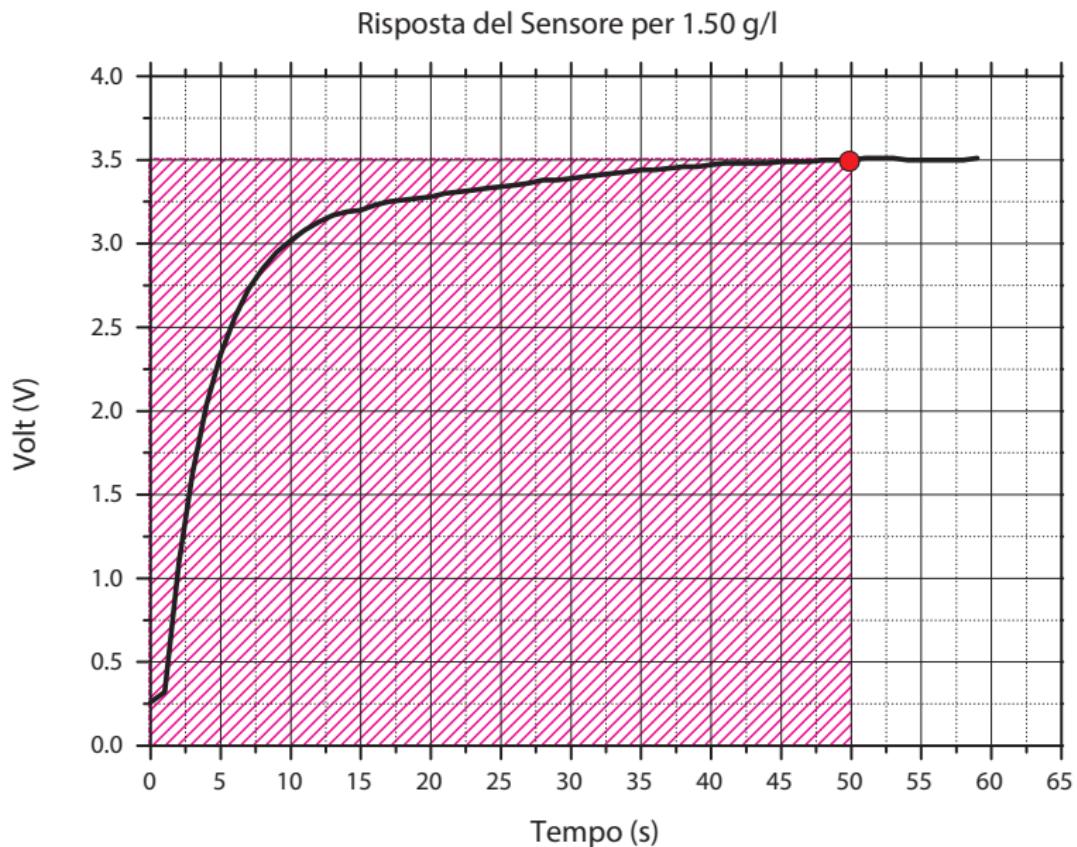
RISPOSTA DEL SENSORE PER 0.90 g/l



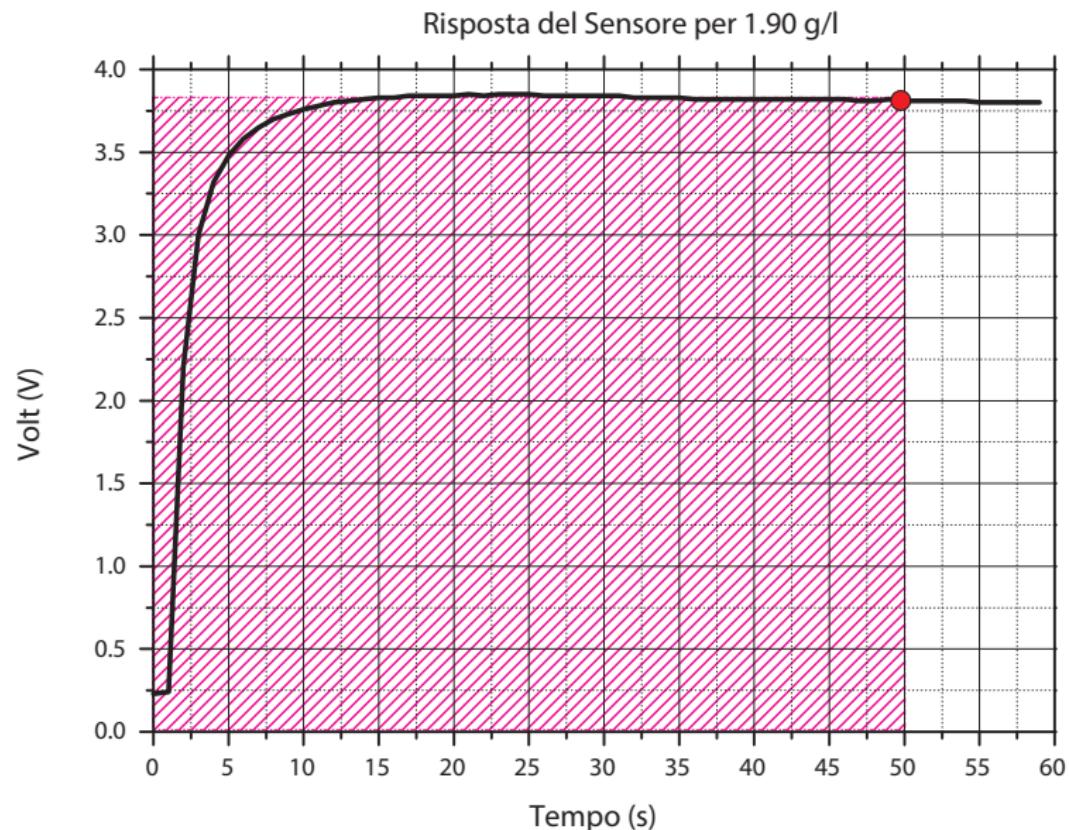
RISPOSTA DEL SENSORE PER 1.10 g/l



RISPOSTA DEL SENSORE PER 1.50 g/l



RISPOSTA DEL SENSORE PER 1.90 g/l



ELABORAZIONE DEI DATI

- Per procedere all'interpretazione della risposta del sensore è necessario **determinare una relazione analitica** tra le variabili

ELABORAZIONE DEI DATI

- Per procedere all'interpretazione della risposta del sensore è necessario **determinare una relazione analitica** tra le variabili
 - $x \Rightarrow$ concentrazione di alcol nel sangue
 - $y \Rightarrow$ segnale elettrico del sensore.

ELABORAZIONE DEI DATI

- Per procedere all'interpretazione della risposta del sensore è necessario **determinare una relazione analitica** tra le variabili
 - $x \Rightarrow$ concentrazione di alcol nel sangue
 - $y \Rightarrow$ segnale elettrico del sensore.
- Per semplicità la **relazione ipotizzata è lineare**. Tale ipotesi verrà comunque sottoposta ad una verifica.

REGRESSIONE LINEARE

A partire da dati sperimentali, la regressione lineare perviene ad una legge matematica, che lega

- una variabile scalare dipendente y ;
- ad una o più variabili indipendenti x .

REGRESSIONE LINEARE

A partire da dati sperimentali, la regressione lineare perviene ad una legge matematica, che lega

- una variabile scalare dipendente y ;
- ad una o più variabili indipendenti x .



Questo problema viene risolto attraverso il **metodo dei minimi quadrati**.

MINIMI QUADRATI - TEORIA

È possibile ipotizzare che le variabili misurate siano legate dalla relazione:

$$y_i = \beta_1 x_i + \beta_0 + \varepsilon_i \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (11)$$

MINIMI QUADRATI - TEORIA

È possibile ipotizzare che le variabili misurate siano legate dalla relazione:

$$y_i = \beta_1 x_i + \beta_0 + \varepsilon_i \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (11)$$

in cui

- β_0, β_1 sono i coefficienti incogniti della retta;
- ε_i è l'errore commesso nell'approssimazione adottata.

MINIMI QUADRATI - TEORIA

È possibile ipotizzare che le variabili misurate siano legate dalla relazione:

$$y_i = \beta_1 x_i + \beta_0 + \varepsilon_i \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (11)$$

in cui

- β_0, β_1 sono i coefficienti incogniti della retta;
- ε_i è l'errore commesso nell'approssimazione adottata.

I coefficienti dovranno essere calcolati in maniera tale che l'errore sia il più piccolo possibile, ovvero in modo che la distanza della retta dai tre dati punti del piano sia **minima**.

Si utilizzerà a tal fine il criterio dei **minimi quadrati**.

MINIMI QUADRATI - ESEMPIO

- Per illustrare il metodo, senza perdita di generalità sia $N = 3$.

MINIMI QUADRATI - ESEMPIO

- Per illustrare il metodo, senza perdita di generalità sia $N = 3$.
- La quantità da minimizzare è quindi la funzione a due variabili

MINIMI QUADRATI - ESEMPIO

- Per illustrare il metodo, senza perdita di generalità sia $N = 3$.
- La quantità da minimizzare è quindi la funzione a due variabili

$$\begin{aligned} F(\beta_0, \beta_1) &= \sum_{i=1}^3 [y_i - (\beta_1 x_i + \beta_0)]^2 \\ &= \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2, \end{aligned} \tag{12}$$

MINIMI QUADRATI - ESEMPIO

- Le condizioni (13)

$$\frac{\partial F}{\partial \beta_0} = 0 \quad (13a)$$

$$\frac{\partial F}{\partial \beta_1} = 0 \quad (13b)$$

formano un sistema lineare di equazioni la cui soluzione fornisce i valori β_0 e β_1 incogniti.

MINIMI QUADRATI - ESEMPIO

- Le condizioni (13)

$$\frac{\partial F}{\partial \beta_0} = 0 \quad (13a)$$

$$\frac{\partial F}{\partial \beta_1} = 0 \quad (13b)$$

formano un sistema lineare di equazioni la cui soluzione fornisce i valori β_0 e β_1 incogniti.

- Gli sviluppi algebrici sono per brevità qui omessi, ma riportati nel report.

MINIMI QUADRATI

Dal programma Maxima si ottengono i seguenti risultati

$$\beta_1 = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_{XX}^2} \quad (14a)$$

$$\beta_0 = \bar{y} - \beta_1 \bar{x} \quad (14b)$$

CALCOLO DELLA MEDIA

Le medie delle variabili rilevate risultano essere

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (15)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad (16)$$

CALCOLO DELLA VARIANZA

Se indichiamo con

$$\text{Var}(X) = \sigma_{XX}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 , \quad (17)$$

$$\text{Var}(Y) = \sigma_{YY}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 , \quad (18)$$

le varianze delle variabili x, y rispettivamente, queste ci forniranno un indice della dispersione dei dati rispetto al valore medio.

CALCOLO DELLA VARIANZA

Se indichiamo con

$$\text{Var}(X) = \sigma_{XX}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 , \quad (17)$$

$$\text{Var}(Y) = \sigma_{YY}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 , \quad (18)$$

le varianze delle variabili x, y rispettivamente, queste ci forniranno un indice della dispersione dei dati rispetto al valore medio.

Si definisce **covarianza** la quantità

$$\text{Var}(X, Y) = \sigma_{XY} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}) \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}) , \quad (19)$$

e costituisce un indice di relazione tra le variabili.

APPLICAZIONE NUMERICA

- Il metodo di calcolo descritto in precedenza, è stato applicato grazie alla disponibilità della procedura `curve_Dist_fit` della libreria matematica in linguaggio python `scipy`.

APPLICAZIONE NUMERICA

- Il metodo di calcolo descritto in precedenza, 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`

APPLICAZIONE NUMERICA

La Tabella riassume i dati sperimentali raccolti

Tabella: Dati Sperimentali per Calibrazione attraverso *Regressione Lineare*

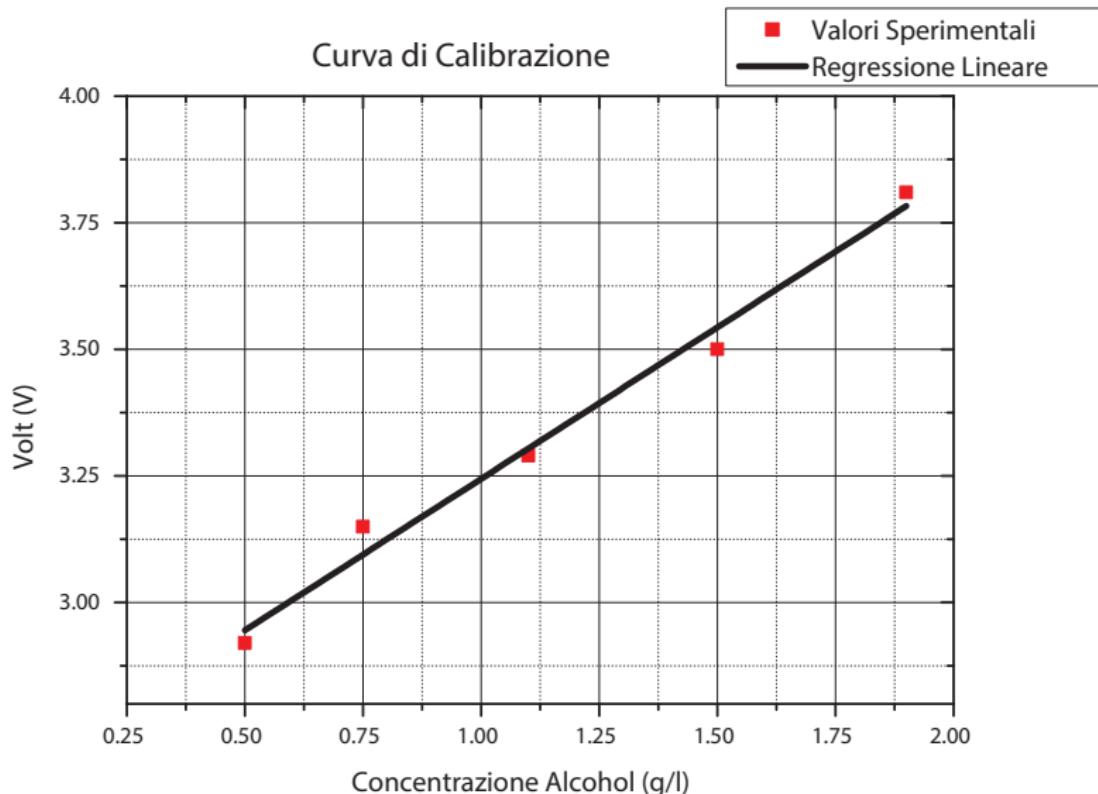
Differenza Potenziale (V)	Concentrazione (g/l)
2.92	0.50
3.15	0.75
3.29	1.10
3.50	1.50
3.81	1.90

APPLICAZIONE NUMERICA

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

$$y = 0.59843 x + 2.64581 . \quad (20)$$

CURVA DI CALIBRAZIONE



CONCLUSIONI

- Sensi e Connattività costituiscono un binomio alla base di una nuova generazione di dispositivi umano-centrati capaci di monitorare comportamenti e stili di vita.
- L'impiego di sensori offre enormi possibilità di personalizzazione, ma implica la comparsa di seri problemi etici per quanto riguarda l'uso e la riservatezza dei dati.