



Esperienze di spettrofotometria per la scuola, con arduino

Andrea Canesi⁽¹⁾, *Daniele Grosso*⁽²⁾

1. Ministero della Pubblica Istruzione – Liceo Classico e Linguistico C. Colombo, Genova
2. Università di Genova – Dipartimento di Fisica



Dipartimento di Fisica



Liceo Colombo

Introduzione

La diffusione di strumenti open come arduino consente di realizzare dispositivi di misura portatili a basso costo utilizzabili in laboratorio oppure in aula.

In questo lavoro viene illustrata la realizzazione di uno strumento per la spettrofotometria trasmissiva.

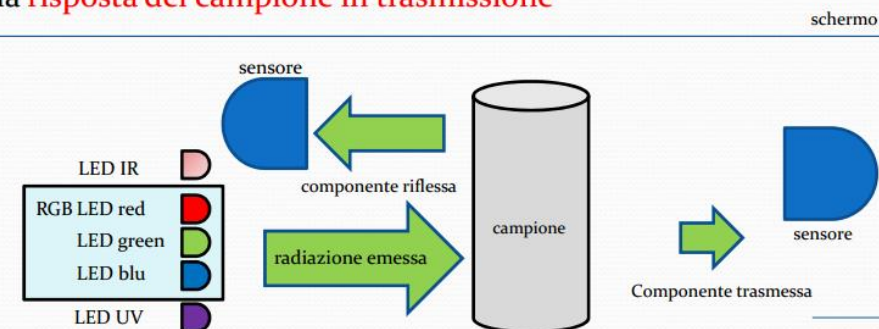
OBIETTIVO

Realizzare uno strumento per l'analisi della risposta di un campione illuminato con radiazione elettromagnetica di lunghezza d'onda compresa tra l'infrarosso e l'ultravioletto

La **spettrofotometria** della regione compresa tra circa 400 e circa 700 nm, viene usata nella **colorimetria scientifica**

E' possibile **illustrare alcuni principi di ottica** e **introdurre una tecnica di analisi con un modello** e **realizzare misure su piccole quantità di liquidi** ad es. **concentrazione** di un soluto.

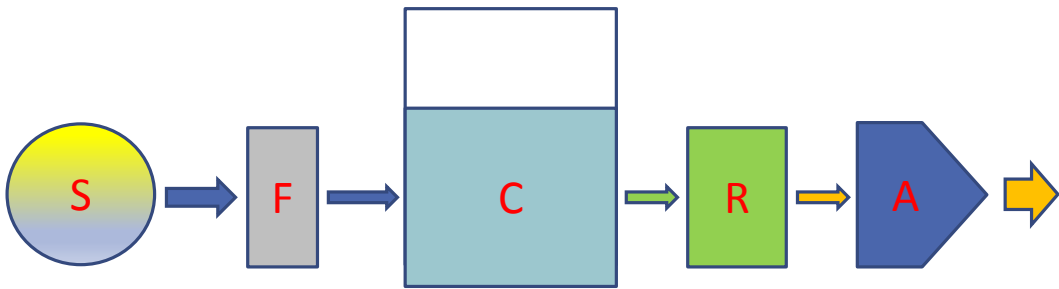
- Quando un led viene attivato emette luce di una data lunghezza d'onda (la distribuzione spettrale è specificata dal costruttore nel datasheet)
- La luce è in parte riflessa, in parte trasmessa
- Fotoresistenza o fototransistor rilevano l'intensità del segnale
- Viene generato un grafico che rappresenta la **risposta del campione in riflessione** ed uno che rappresenta la **risposta del campione in trasmissione**



Spettrofotometria

schema generale di un apparato per la spettrofotometria

La **spettrofotometria** (o **spettrometria**) **UV-visibile** si basa sull'assorbimento di radiazioni elettromagnetiche nel campo del visibile (anche IR e UV) da parte delle molecole di un campione.



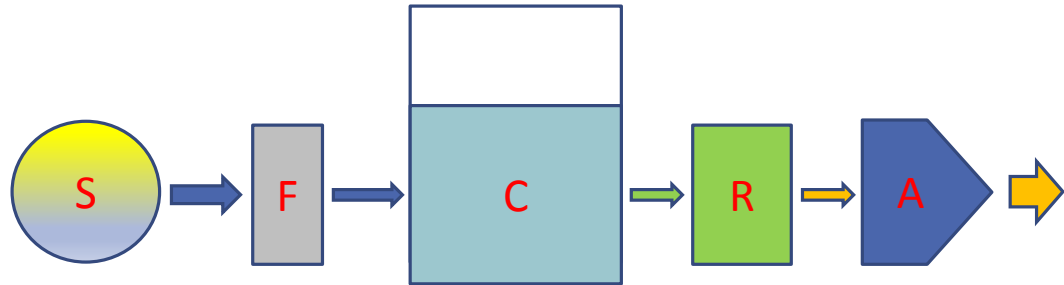
- Una sorgente **S** emette onde elettromagnetiche che attraversano un filtro **F** che le rende il più possibile monocromatiche.
- In seguito il fascio attraversa un campione **C** di materiale contenuto in un recipiente trasparente a quella lunghezza d'onda.
- Infine il fascio insiste su un rivelatore **R** il cui segnale in uscita viene amplificato mediante un amplificatore **A**

Al variare delle caratteristiche di un campione cambia la componente assorbita e di conseguenza la trasmessa. Rilevando l'intensità in uscita, su più frequenze, con una risoluzione sufficiente, è quindi possibile «identificare» campioni differenti oppure (previa taratura), rilevare proprietà del campione stesso.

Spettrofotometria

identificazione di un campione a partire dalle sue caratteristiche fisiche e/o chimiche

La **spettrofotometria** (o **spettrometria**) **UV-visibile** si basa sull'assorbimento di radiazioni elettromagnetiche nel campo del visibile (anche IR e UV) da parte di molecole.



Dalla trasmittanza T , ottenuta a partire dal rapporto della intensità in uscita vs quella in entrata

$$T = \frac{I}{I_0}$$

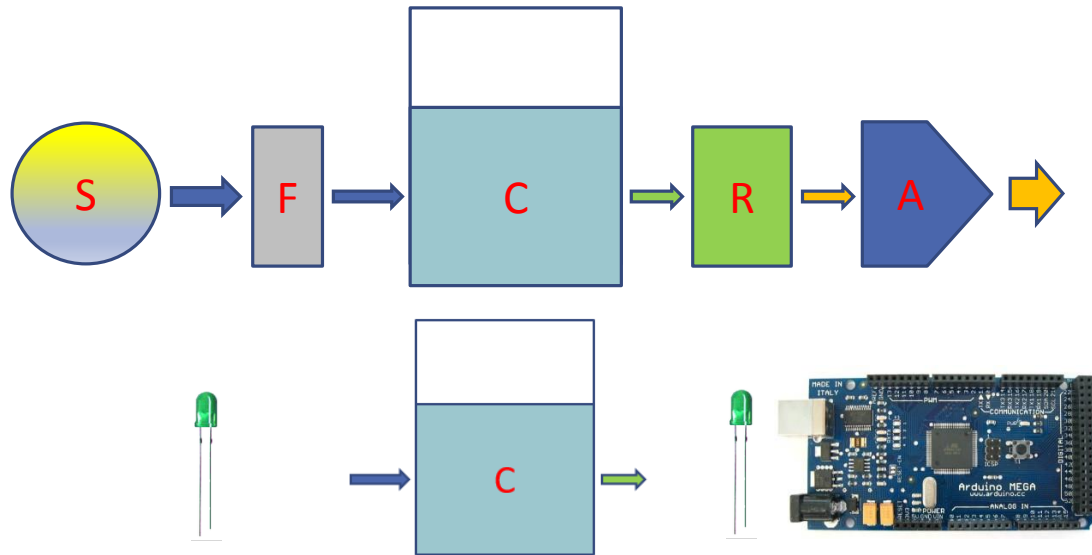
si può definire l'assorbanza come $A = \log\left(\frac{1}{T}\right)$

L'assorbanza o la trasmittanza sono legate alla natura oppure a caratteristiche fisico/chimiche del campione, ad esempio:

$A = \varepsilon l C$ (legge di Lambert Beer) – descrive l'assorbanza da parte di una soluzione in funzione del coefficiente di assorbimento molare, del cammino ottico e della concentrazione molare di un soluto

Spettrofotometria

realizzazione di un apparato per la spettrofotometria basato su arduino



Lo schema proposto per la realizzazione di un apparato per la spettrofotometria è basato sulle seguenti sostituzioni: S ed R sono costituiti da una coppia di led «identici» con caratteristiche di emissione/assorbimento più simili possibile F viene «sostituito» dall'involucro plastico del led e dalla scelta del semiconduttore utilizzato, che determina la lunghezza d'onda di emissione (ad es: ZnSe per il blu, AlGaAs per il rosso). Il convertitore analogico digitale di arduino «sostituisce» A e costituisce il resto della catena di acquisizione (e digitalizzazione).

I led utilizzati come sorgente di emissione non sono monocromatici tuttavia presentano un **picco di emissione** riportato nel datasheet dal costruttore. Scegliendo i led in maniera che i picchi siano separati da un certo intervallo è possibile campionare la risposta a diverse frequenze, sfruttando il convertitore AD di arduino.

Sarà sufficiente determinare le resistenze dei led da utilizzare come sorgente in modo che le intensità di emissione siano confrontabili e le correnti in gioco non superino quelle indicate come limite dal costruttore nel datasheet.

Spettrofotometro ad arduino

Il circuito per l'alimentazione dei led utilizzati come sorgente

Sono stati utilizzati 5 canali digitali per controllare 5 led di diverso colore da utilizzare come sorgente e 5 canali analogici per 5 led di diverso colore utilizzati come detector

In base a quanto indicato nelle specifiche del costruttore un diodo LED dovrebbe essere attraversato da una corrente di circa 15|20 mA

La caduta di tensione ai capi del LED varia in funzione del colore, ad esempio:

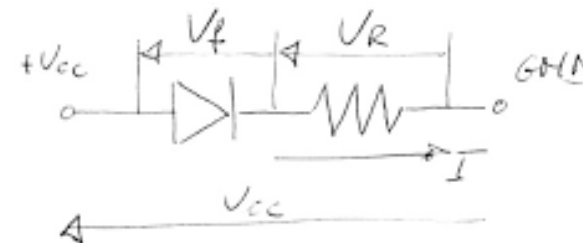
- rosso: 1,8 V
- giallo: 1,9 V
- verde: 2,0 V
- arancio: 2,0 V
- blu: 3,0 V

Per calcolare la resistenza R serie bisogna utilizzare la seguente formula:

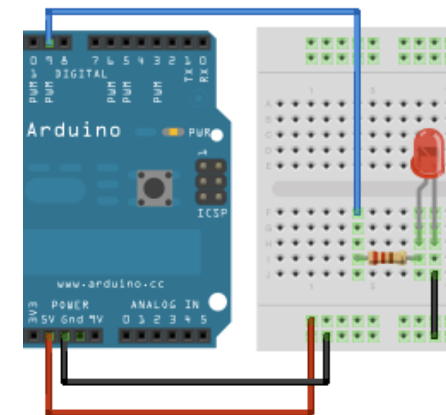
$$R = (V_{cc} - V_f) / I$$

dove R e la resistenza

- V_{cc} la tensione +5V se ON
- V_f la caduta di tensione ai capi del LED
- I la corrente



$$V_R = V_{cc} - V_f$$
$$R = \frac{V_{cc} - V_f}{I}$$

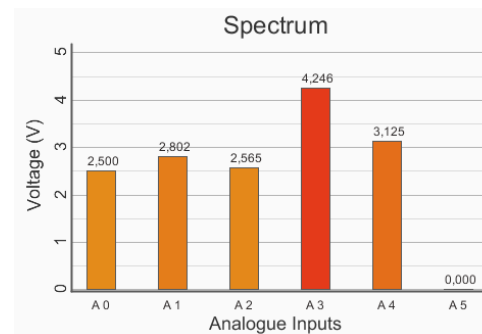
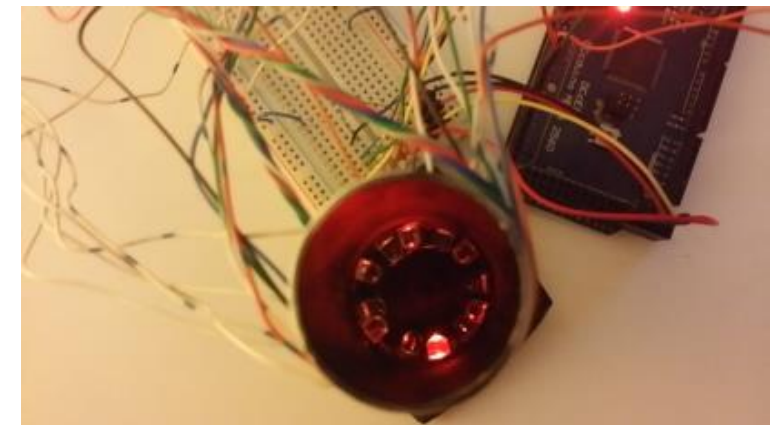
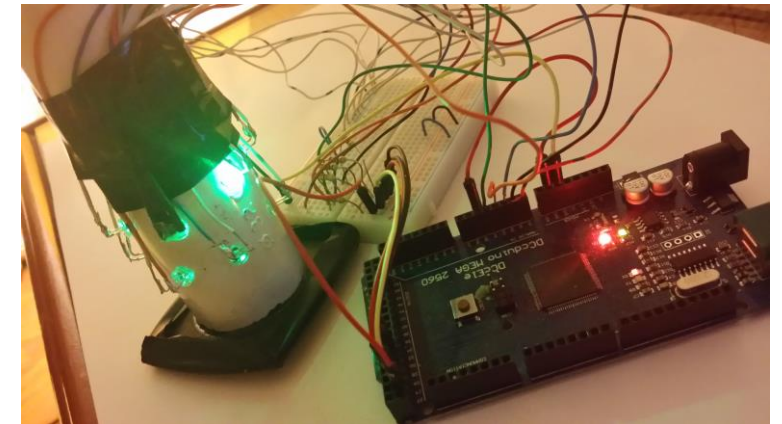


Setup sperimentale - Materiali e metodi

Per realizzare uno spettrofotometro ad arduino abbiamo utilizzato:

- un arduino mega
- una breadboard
- 10 led, 5 resistenze
- un pezzo di tubo in materiale plastico, rivestito (per schermarlo)
- un computer connesso via usb con processing (sw open source)

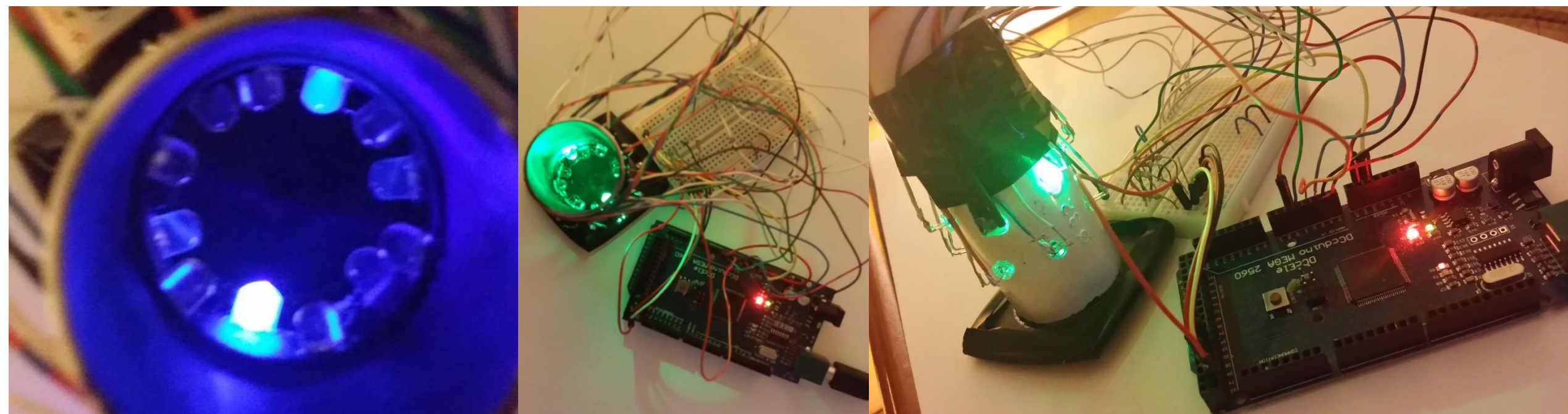
Arduino mega (a differenza di arduino uno) permette di utilizzare la piena dinamica del convertitore analogico digitale impostandone via sw il limite superiore per la tensione: `analogReference(INTERNAL2V56)`;



un programma realizzato con processing genera un grafico che comprende i risultati della media di 50 acquisizioni per canale, calcolati da arduino e trasmessi al PC via usb

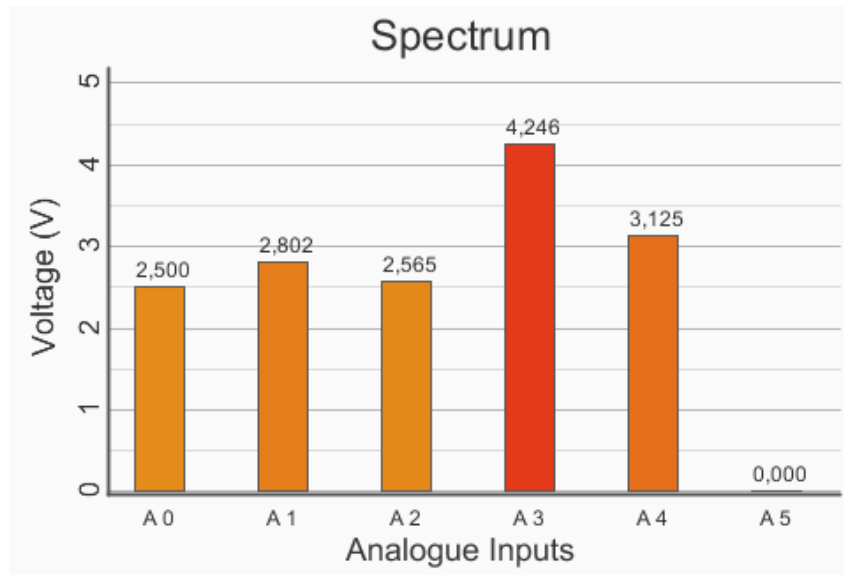
Setup sperimentale - Materiali e metodi

Il campione, alloggiato in una provetta «trasparente», viene inserito nell'analizzatore...

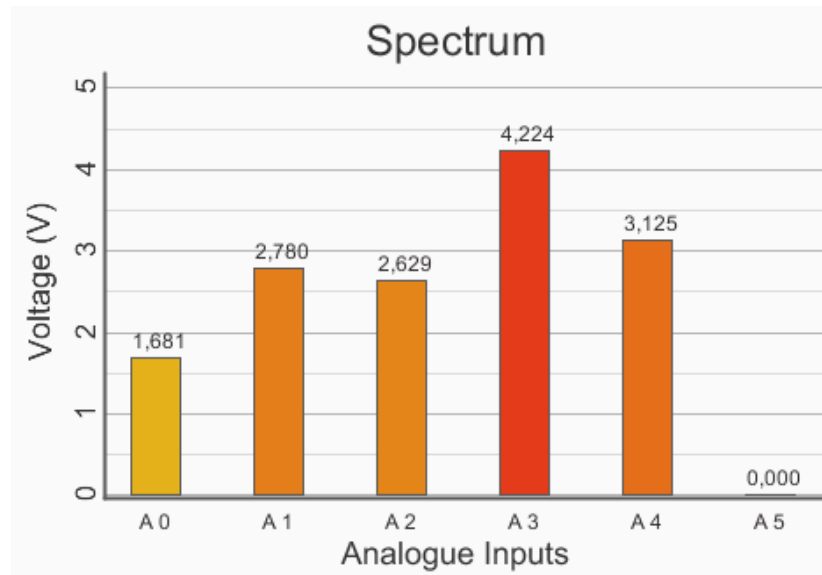


Risultati di alcuni test effettuati con 5 led

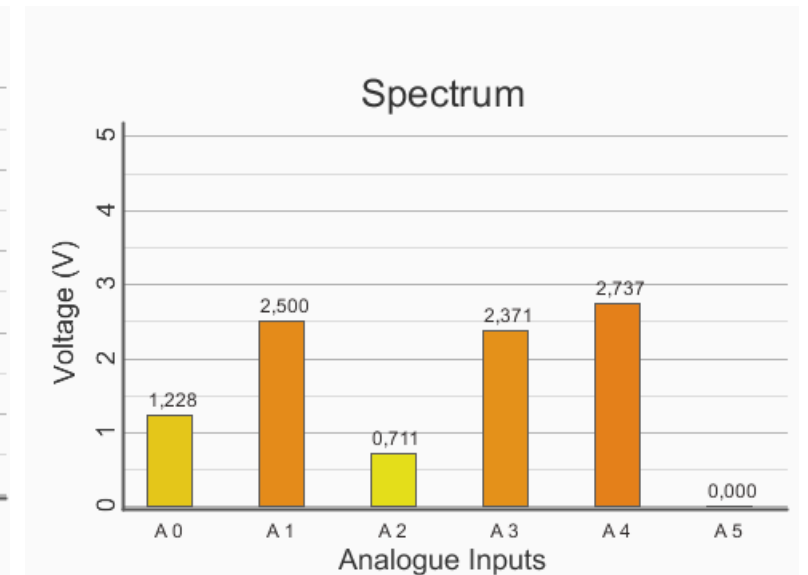
Provetta vuota (aria)



Provetta con acqua

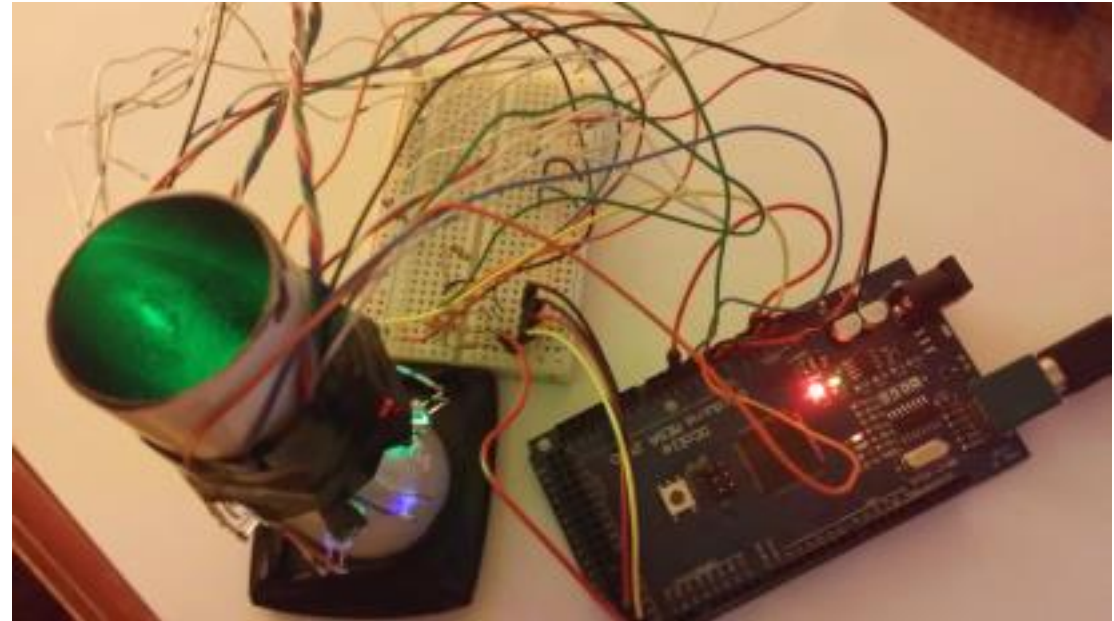


Provetta con sapone liquido



Conclusioni, sviluppi futuri

- L'utilizzo di arduino permette di semplificare la realizzazione di esperienze basate su materiali a basso costo facilmente reperibili
- I costi sono contenuti
- I ragazzi possono variare il setup sperimentale e/o lavorare sui programmi
- I ragazzi possono migliorare l'hardware ...
- Migliore schermatura (rivestimento in alluminio oppure ... portaposate ikea!)
- Maggior numero di canali, eventualmente mediante multiplexer
- Utilizzo dei data sheet per una migliore definizione della scala delle frequenze
- Impiego di fotoresistenze (risposta uniforme in banda larga)



Grazie per l'attenzione (e la pazienza!)