

APPLICAZIONI DIDATTICHE CON ARDUINO

Conversione Analogico-Digitale e condizionamento software di un segnale.

Progetto e realizzazione di un LUXMETRO

Il microcontrollore a bordo della scheda ARDUINO, possiede degli ingressi analogici (6 ingressi per Arduino UNO identificati con i piedini A0,A1,A2,A3,A4 ed A5) che ci permettono di acquisire 6 diversi valori analogici in tensione

Nella scheda Arduino UNO il convertitore ADC presente a bordo ha una risoluzione di 10 bit, e la tensione massima applicabile è di 5 Volt. Con 10 bit abbiamo 1024 possibili combinazioni, pertanto dividendo il valore massimo di 5Volt per 1024 otteniamo il minimo valore di tensione rilevabile che è di circa 5mV.

Un luxmetro è uno strumento in grado di rilevare la luminosità ambientale, tramite un sensore di luminosità. Il più economico e conosciuto sensore di questo tipo è il FOTORESISTORE.

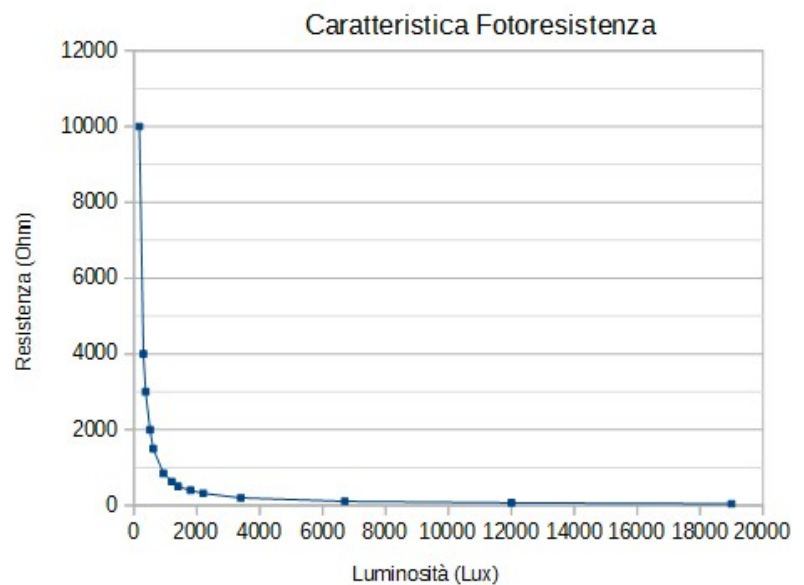


Questo è un piccolo componente a due fili, tra i quali c'è un valore di resistenza variabile con la luce rilevata.

Potremmo sperimentalmente rilevare il legame tra luminosità e resistenza o potremmo affidarci alle specifiche fornite dal costruttore. In entrambi i casi ci accorgeremmo che il legame tra luminosità e resistenza non è lineare.

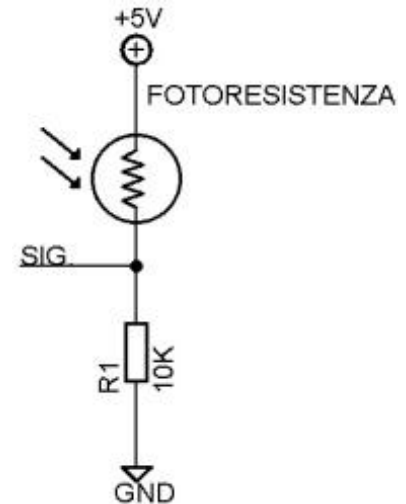
Ad esempio rilevando sperimentalmente il legame tra luminosità e resistenza è stata ottenuta la seguente tabella ed il conseguente grafico.

R (Ohm)	Luminosità (Lux)
19000	45
12000	70
6700	110
3400	200
2200	320
1800	400
1400	500
1200	630
935	850
610	1500
509	2000
370	3000
300	4001
170	10000



p.s. La resistenza si misura in Ohm e la luminosità in LUX.

Per interfacciare questo componente con la scheda ARDUINO in modo che al variare del valore della fotoresistenza vari la tensione applicata all'ingresso del convertitore ADC della scheda, si può utilizzare il partitore di tensione. Infatti collegando in serie la fotoresistenza con una resistenza fissa tra una sorgente di alimentazione a 5Volt, avremmo nel punto comune un segnale (SIG) che varia secondo la seguente formula:

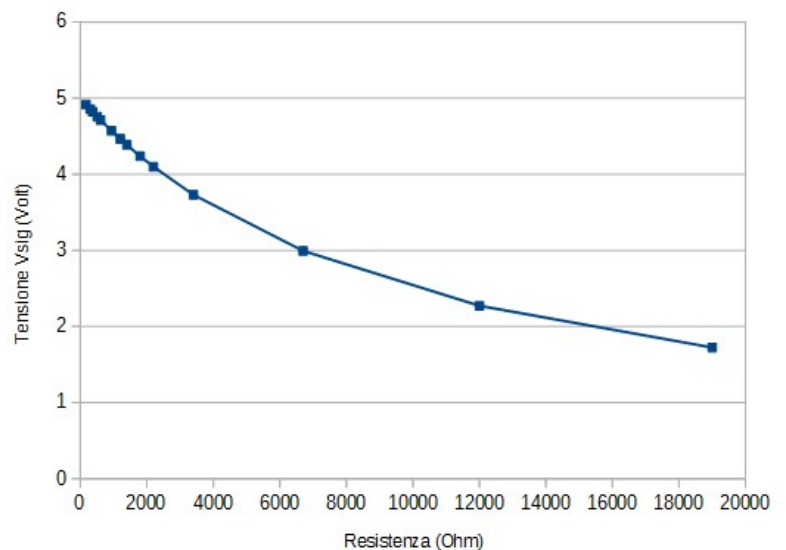


$$V_{SIG} = \frac{5 * 10k}{FR + 10k}$$

$$V_{SIG} = \frac{5 * 10.000}{FR + 10.000}$$

Il circuito realizzato si chiama PARTITORE RESISTIVO, e applicando la formula ai valori rilevati in tabella possiamo disegnare un nuovo grafico che lega l'andamento della tensione V SIG al variare della fotoresistenza.

R (Ohm)	Luminosità (Lux)	V SIG (Volt)
19000	45	1,724
12000	70	2,273
6700	110	2,994
3400	200	3,731
2200	320	4,098
1800	400	4,237
1400	500	4,386
1200	630	4,464
935	850	4,572
610	1500	4,713
509	2000	4,758
370	3000	4,822
300	4001	4,854
170	10000	4,916



Anche in questo caso l'andamento del grafico non è lineare. Se dovessimo collegare il partitore alla scheda Arduino, anche il valore letto non avrà un andamento lineare.

Possiamo determinare il valore letto con una semplice proporzione visto che abbiamo un convertitore a 10 bit e cioè 1024 combinazioni, applicando 5Volt leggeremo il valore 1024.

Pertanto possiamo dire che:

$$5 \div 1024 = V_{SIG} \div \text{valore letto} \quad \text{pertanto la tensione } V_{sig} \text{ si ottiene con la formula: } V_{sig} = \frac{5 * \text{valore letto}}{1024}$$

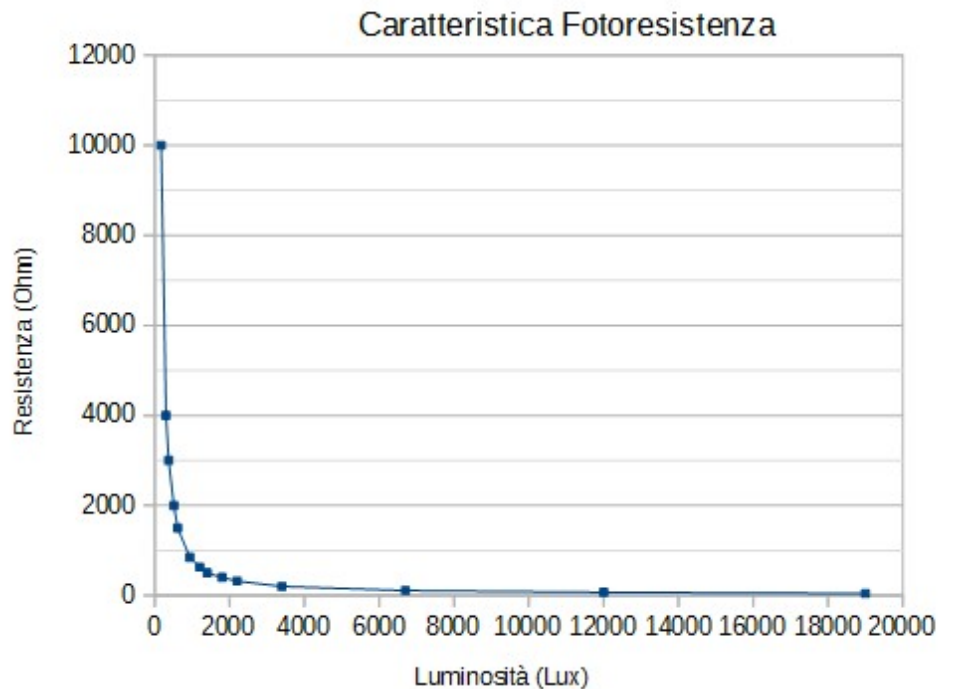
Non essendoci in alcun caso una linearità, Il valore che leggiamo con ARDUINO è difficilmente convertibile in un valore di luminosità. Ci sono due possibili soluzioni per risolvere questo problema:

1. realizzare un **CIRCUITO DI CONDIZIONAMENTO** con altri componenti elettronici, in modo che la variazione di tensione ottenuta sia lineare al variare della luminosità.
2. Risolvere in maniera software il problema applicando determinate formule dopo aver letto ed acquisito il valore senza di condizionamento, ma utilizzando il semplice partitore di tensione.

Vediamo ora come applicare la **seconda opzione** utilizzando un ragionamento preso dal sito della rivista Elettronica in

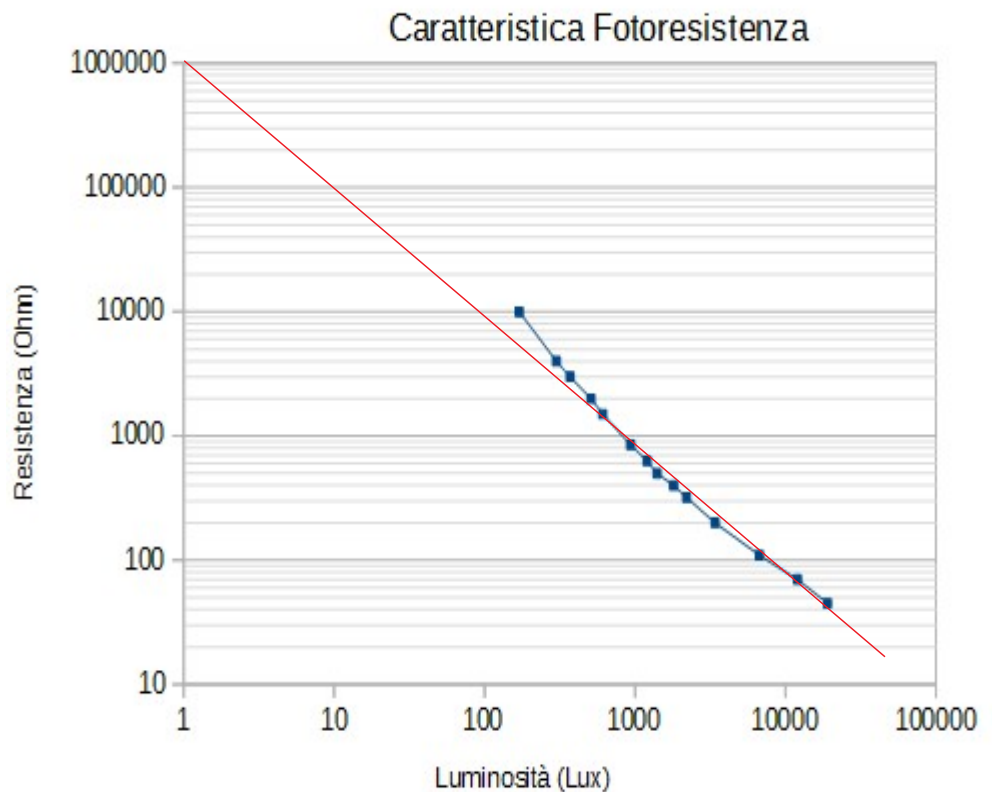
<https://www.elettronica.in/blog/2013/10/30/linux-embedded-riproviamoci-con-pcduino/>.

Torniamo al grafico iniziale che lega la variazione di resistenza con la variazione di luminosità. Come detto prima non c'è un andamento lineare, infatti il grafico rappresenta un'iperbole.



Se invece proviamo a rappresentare il grafico utilizzando una scala logaritmica sui due assi, otteniamo un andamento approssimabile ad una retta con pendenza negativa (in rosso).

L'approssimazione dipende prevalentemente dagli errori commessi durante il rilievo sperimentale dei valori della fotoresistenza e comunque sia introdurrebbe un errore accettabile per il nostro scopo.

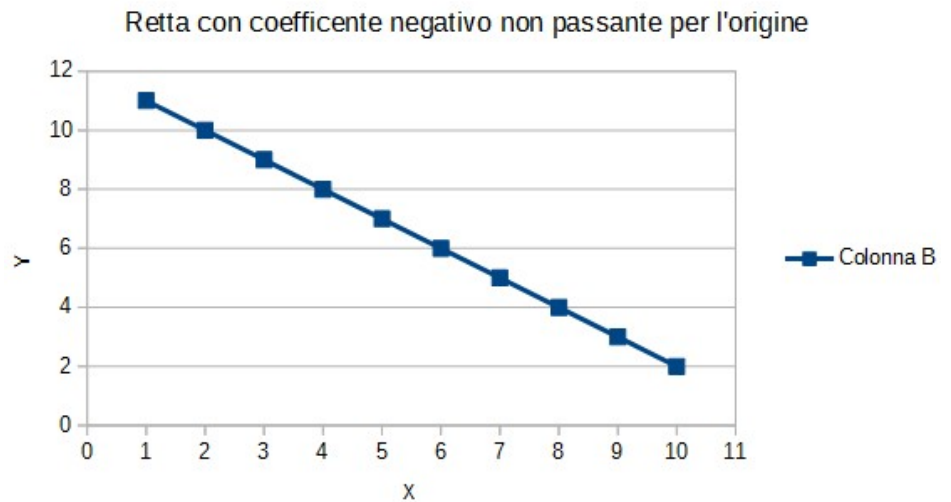


Sugli assi di questo grafico non abbiamo però la Resistenza e la Luminosità, ma il loro **logaritmo in base 10**.

Consideriamo ora l'andamento di una retta con coefficiente negativo non passante per l'origine. La funzione che definisce questa retta è la seguente:

$$Y = -k X + Y(0)$$

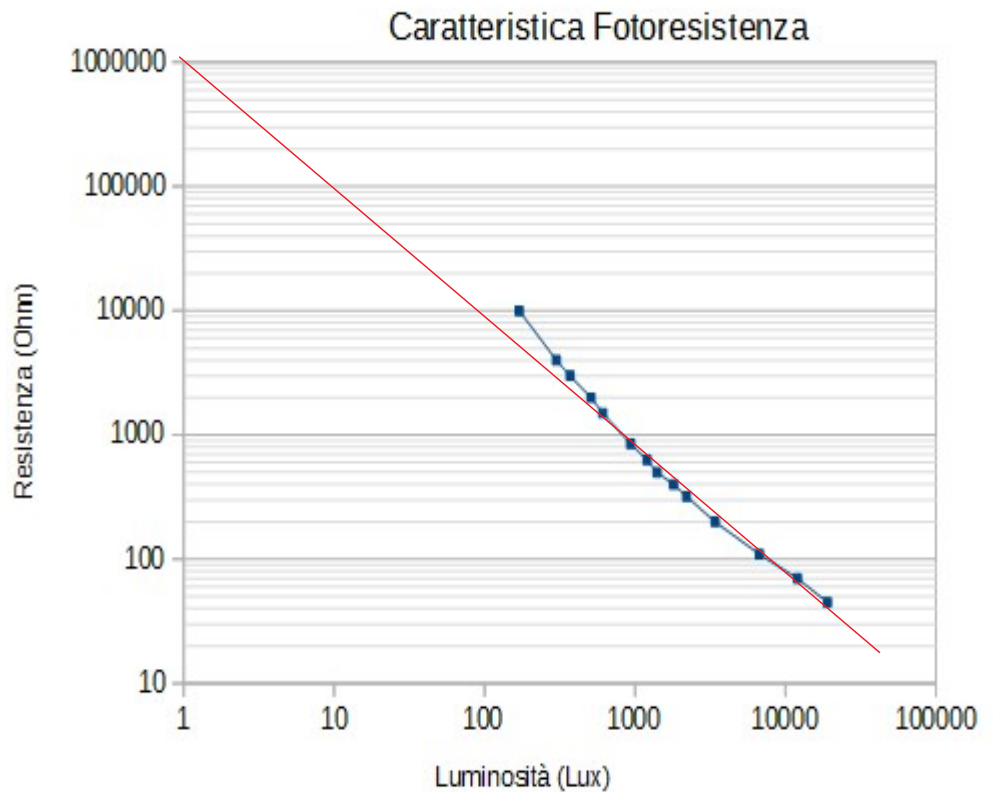
dove con $Y(0)$ intendiamo il valore di Y quando X vale 0.



Visto che nei due assi sono rappresentati i logaritmi delle due grandezze R e L , sostituiamo Y con $\text{Log}(R)$ e X con $\text{Log}(L)$, dove con R ed L intendiamo rispettivamente la Resistenza e la Luminosità.

Al posto di $Y(0)$ dovremo mettere l'intersezione della retta con l'asse delle ordinate, che rappresenta il logaritmo del valore della Resistenza quando la luminosità vale 1, indichiamo questo valore con $R1$ e la pendenza della retta con k

Sia $R1$ che k si possono rilevare con una buona approssimazione graficamente. Nel nostro caso possiamo considerare $R1=1000000$ e $k=-1$.



La funzione che identifica la retta rossa nel grafico logaritmico della fotoresistenza sarà perciò la seguente:

$$\text{Log}(R) = -k \text{Log}(L) + \text{Log}(R1)$$

Di seguito i passaggi per ricavare il valore di **L**.

Dalle proprietà dei logaritmi possiamo dire che: $\log(R) = \log(L^{-k}) + \log(R1)$

ed ancora: $\log(R) = \log(L^{-k} * R1)$ da cui si ricava che: $R = L^{-k} * R1$ ed ancora: $L^{-k} = \frac{R}{R1}$

Si ricava infine **L** con la formula: $L = \frac{R}{R1}^{-\frac{1}{k}}$

Al posto di R va messo il valore della fotoresistenza calcolato dopo aver acquisito il valore su arduino.

Ricordiamo le 2 formule viste sopra:

- $V_{sig} = \frac{5 * 10.000}{FR + 10.000}$
- $V_{sig} = \frac{5 * \text{valore letto}}{1024}$

Dopo aver letto il valore su ARDUINO applichiamo la seconda formula e ricaviamo il valore Vsig.

Successivamente ricaviamo il valore di FR dalla prima applicando la formula inversa:

$$FR = \frac{5 * 10.000}{V_{sig}} - 10.000 \quad \text{o anche:} \quad FR = 10.000 * \left(\frac{5}{V_{sig}} - 1 \right)$$

Perciò in ordine le operazioni da effettuare saranno le seguenti:

1. dichiarare le variabili da utilizzare e leggere l'ingresso sul convertitore analogico.
Res_1LUX rappresenta il valore della fotoresistenza ad 1 LUX, quello che precedentemente abbiamo indicato con R1.

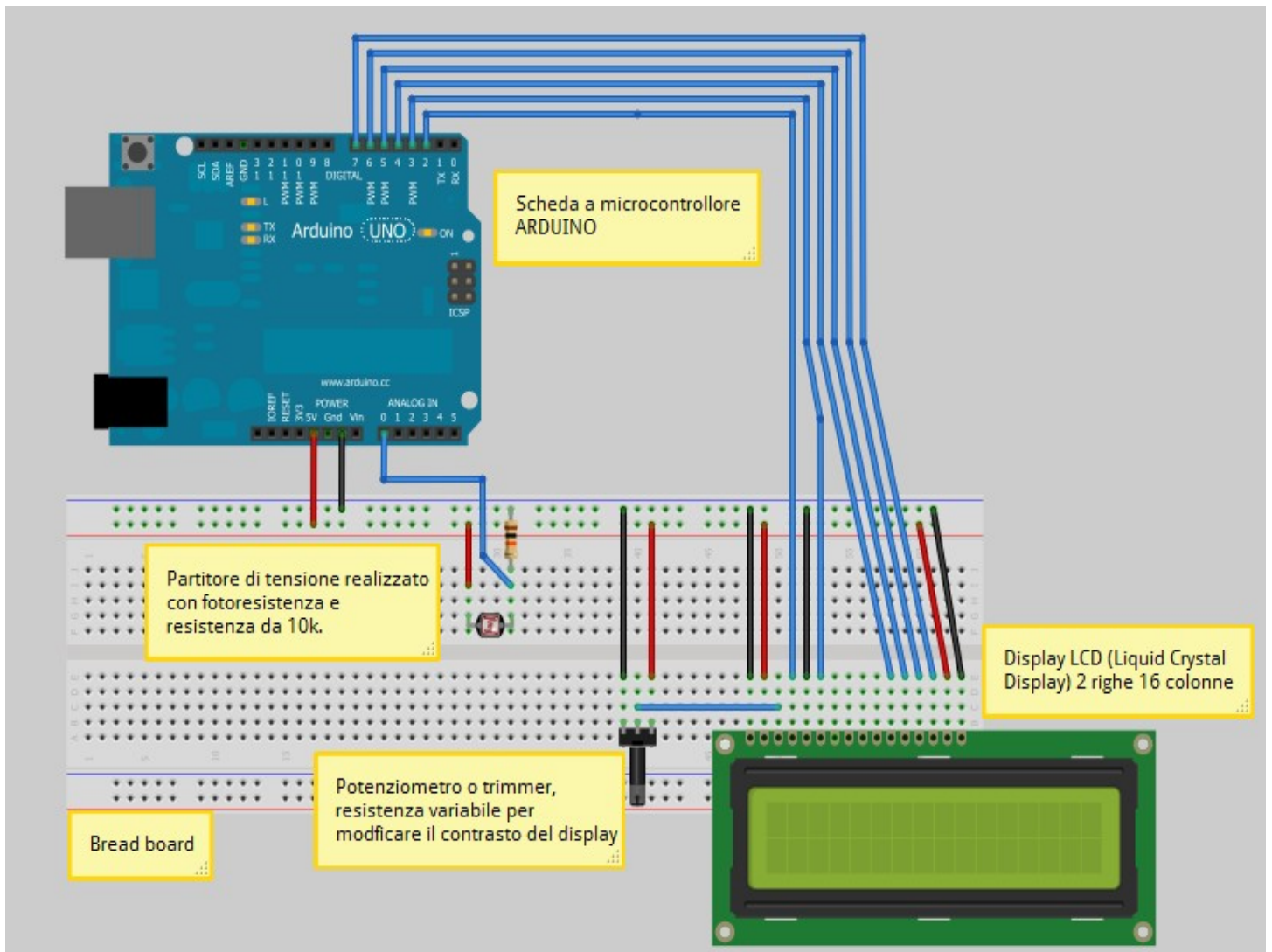
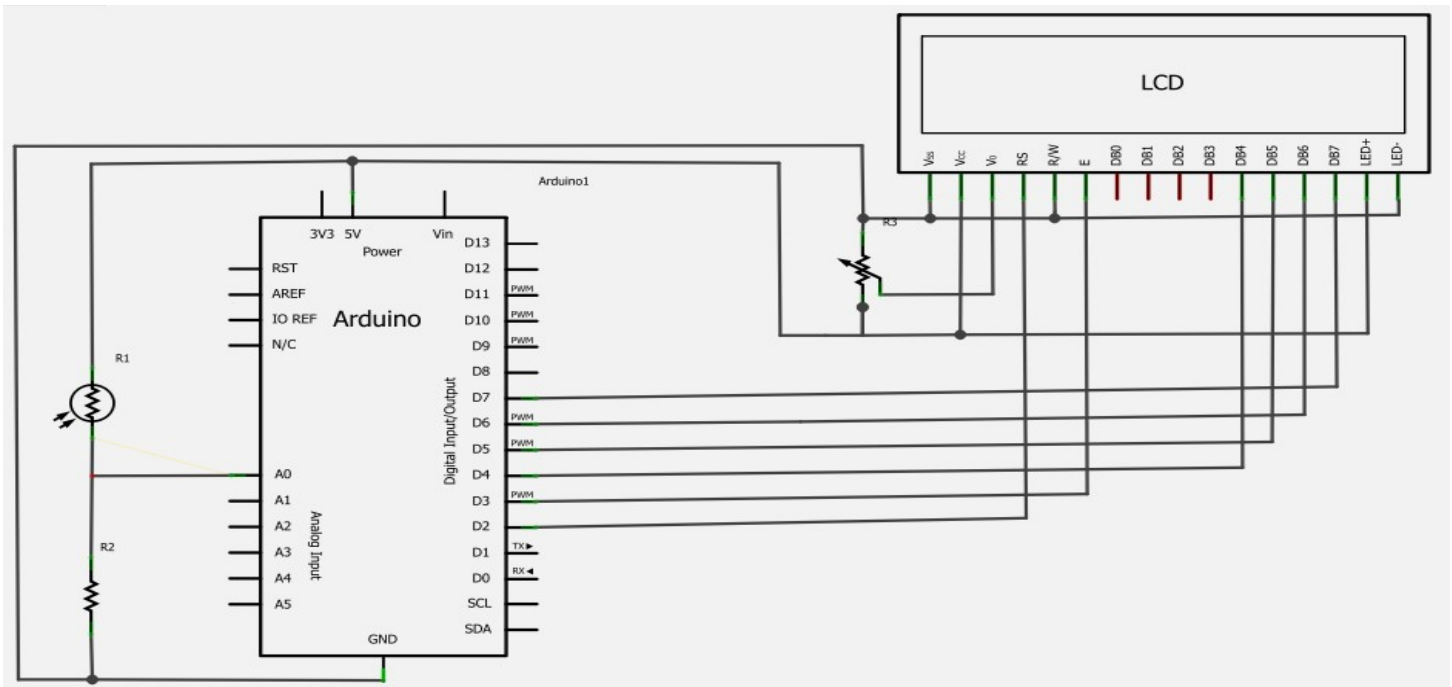
```
long int Res_1LUX=1000000;  
int lettura;  
float Rf,Vsig,Lux;  
float k=1;
```
2. Converto il valore letto in Volt:

```
Vsig=(float) (5.0/1023.0)*lettura;
```
3. Dalla tensione ricavo il valore della fotoresistenza:

```
Rf=10000.0* ((5.0/Vsig)-1);
```
4. Ed infine ricavo il valore della luminosità:

```
Lux=(float)pow((Rf/Res_1LUX), (-1.0/k));
```

Andiamo ora ad illustrare una soluzione hardware completa di visualizzazione del valore letto su display a cristalli liquidi. Di seguito lo schema elettrico e lo schema di montaggio su breadboard.



Dopo aver realizzato il circuito possiamo scrivere e caricare su arduino il seguente programma:

```
fotoresistenza §
#include<LiquidCrystal.h>          //includo la libreria del display LCD
LiquidCrystal lcd(12, 11, 8, 7, 6, 5); //identifico i pin collegati al display

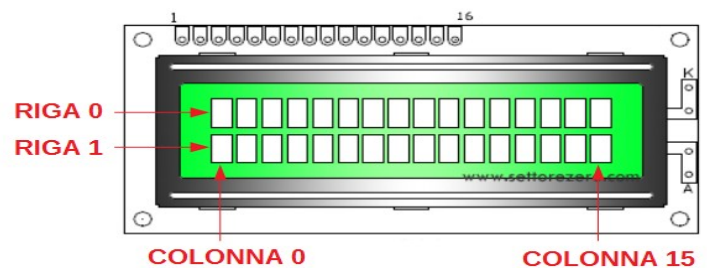
//ciclo eseguito una sola volta all'avvio
void setup() {
  lcd.begin(16, 2); //inizializzo il display 16 colonne e 2 righe
  lcd.clear();     //cancello il contenuto del display
}

//ciclo eseguito ciclicamente
void loop() {
  //dichiarazione delle variabili
  int Res_1LUX=1000000;
  int lettura;
  float Rf,Vsig,Lux;
  float k=0.8;

  lettura=analogRead(A0); //lettura del valore del convertitore
  Vsig=(5.0/1023.0)*lettura; //conversione del valore letto in Volt
  Rf=10000.0*((5.0/Vsig)-1); //calcolo del valore della fotoresistenza
  Lux=pow(Rf/Res_1LUX, (-1.0/k)); //Calcolo del valore di luminosità

  lcd.clear(); //cancello il contenuto del display
  lcd.setCursor(0,0); //posiziono il cursore sulla prima colonna e prima riga
  lcd.print("LUX="); //scrivo la scritta LUX=
  lcd.print(Lux); //scrivo di seguito alla scritta il valore di luminosità
  delay(200); //attendo 200 msec
} //loop
```

Dopo l'accensione bisogna ricordarsi di regolare il contrasto tramite l'apposito potenziometro o trimmer. Se vogliamo comunque scrivere in posizioni differenti dobbiamo ricordarci come vengono numerate le righe e le colonne del display.



Il risultato ottenuto sarà il seguente:

