



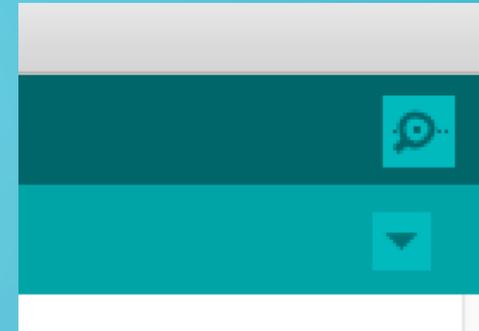
ARDUINO

SENSORI ANALOGICI

PARTE 1

PROF. NACLERIO PASQUALE

SERIAL MONITOR



- Impariamo ad usare uno strumento che ci permetterà di leggere e scrivere su Arduino mentre è in funzione, direttamente dal computer.

Il Monitor Seriale

Attraverso le istruzioni:

Avviarlo

```
Serial.begin(9600);
```

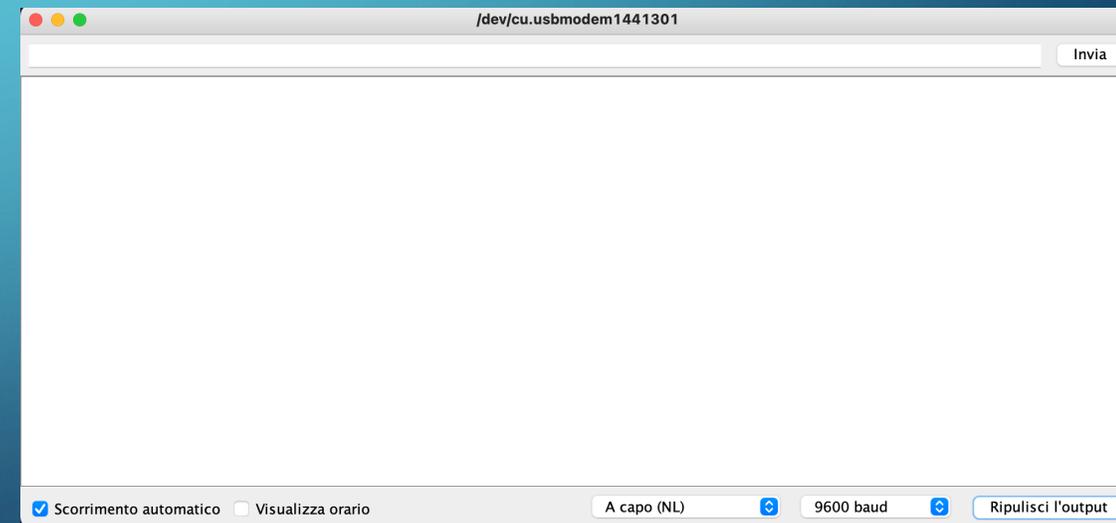
Leggere da tastiera

```
Serial.read();
```

Stampare a schermo

```
Serial.println(z);
```

PROF. NACLERIO PASQUALE



UN SEMPLICE PROGRAMMINO PER STAMPARE LA SOMMA

```
Serial1 | Arduino 1.8.16  
Serial1  
1 void setup() {  
2   Serial.begin(9600);  
3   //altre cose  
4 }  
5  
6 void loop() {  
7  
8   int x = 5;  
9   int y = 6;  
10  
11   int z = x + y;  
12  
13   Serial.println(z);  
14  
15 }
```

UN SEMPLICE PROGRAMMINO DI LETTURA

```
Serial1 §
1 void setup() {
2   Serial.begin(9600);
3   //altre cose
4 }
5
6 void loop() {
7
8   int x = 5;
9   int y = 6;
10
11  int somma = x + y;
12  int sottrazione = x - y;
13
14
15  char t = Serial.read();
16
17  if(t == 's')
18  {
19    Serial.println(somma);
20  }
21
22  if(t == 'q')
23  {
24    Serial.println(sottrazione);
25  }
26
27 }
```

The background is a solid blue gradient. In the four corners, there are decorative white line-art elements resembling circuit traces or a network diagram, with lines connecting to small circles.

COMANDIAMO UN LED DAL COMPUTER

PROF. NACLERIO PASQUALE

```
1 int LED = 13; // LED collegato al pin 13,  
2           //LED è un valore intero e nn può essere modificato  
3 void setup()  
4 {  
5  
6   Serial.begin(9600);  
7  
8   pinMode(LED, OUTPUT) ; // imposta il pin digitale come ouput  
9                           //pinMode indica ad arduino come configurare un pin, il 13 avrà un ouput  
10                          // mando 5V al pin 13  
11 }  
12  
13 void loop()  
14 {  
15   char comando = Serial.read();  
16  
17   if( comando == 'i'){  
18  
19     digitalWrite(LED, HIGH); //accende il led  
20                               // digitalWrite accede e spegne i pin  
21                               // HIGH = acceso  
22                               // LOW  = spento  
23     Serial.println("Led acceso");  
24  
25   }  
26  
27   if( comando == 'o'){  
28  
29     digitalWrite(LED, LOW); //spegne il led  
30  
31     Serial.println("Led spento");  
32  
33   }  
34 }  
35 }
```

/dev/cu.usbmodem1441301

Invia

Led acceso
Led spento
Led acceso

Scorrimento automatico Visualizza orario

A capo (NL)



9600 baud



Ripulisci l'output

DOUBLE

- Abbiamo visto varie variabili:
- int sono i numeri interi -2, 5, 0, 23, -24 ecc
- char sono in caratteri a, b, f, g, % ecc.
- Poi abbiamo i numeri con la virgola 3,456 ad esempio, in programmazione prendono il nome di double

double x = 3.456;

ATTENZIONE: NELLA PROGRAMMAZIONE NON SI USA LA VIRGOLA , MA SI USA IL PUNTO .

LEGGERE SEGNALI ANALOGICI

- Posso solo leggere segnali analogici (Arduino non può generarli)

```
analogRead( numero_porta_analogica);
```

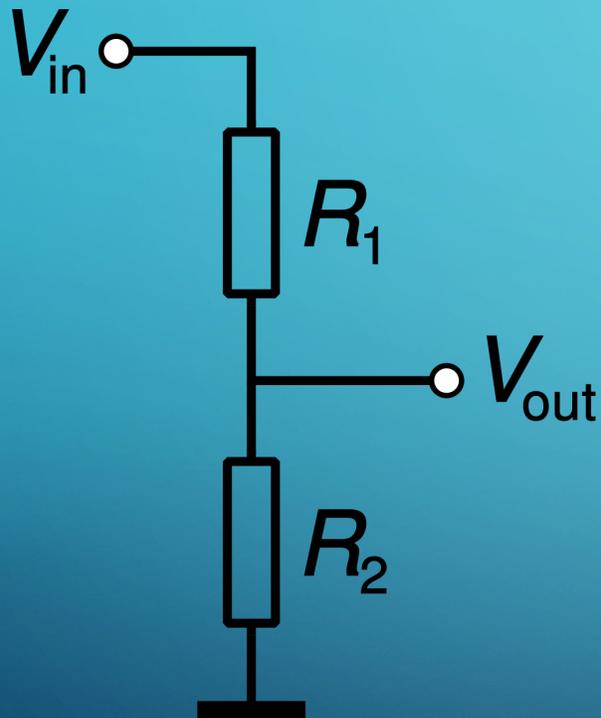
- Arduino ha 6 porte analogiche A0, A1, A2, A3, A4, A5
- Cosa legge Arduino ? Legge un valore di tensione che viene trasformato in un numero intero tra 0 e 1023.

CONVERTITORE ANALOGICO DIGITALE ADC

- Dentro Arduino c'è un dispositivo che trasforma un valore di tensione in un numero intero tra 0 a 1023.
- Ci sono quindi 1024 valori possibili
- Il valore più piccolo misurato è $\frac{5V}{1024} = 0,0048V = 4,8\text{ mV}$ il valore massimo è 5 V
- Se Arduino legge un numero ad esempio $n_{letto} = 543$ quanta tensione sta leggendo?

$$V_{letta} = n_{letto} * \left(\frac{5}{1024}\right) = 543 * 0,0048 = 2,6064\text{ V}$$

FACCIAMO UNA LETTURA DI TENSIONE



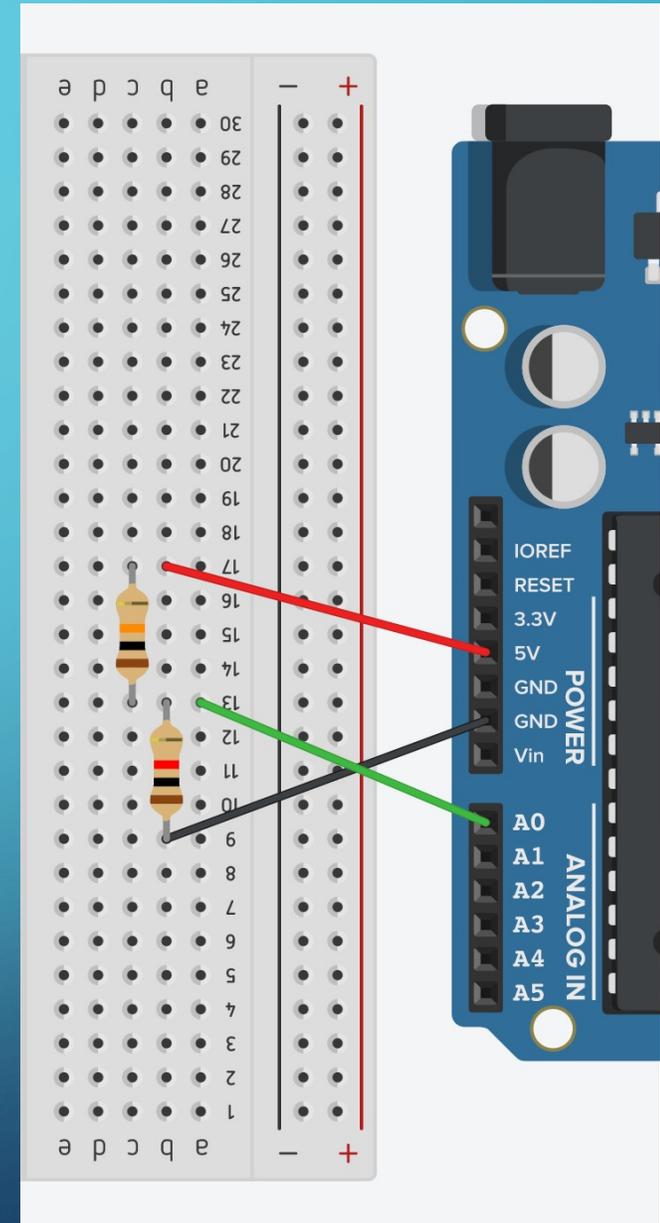
Costruiamo con due resistenze un piccolo partitore

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * V_{in}$$

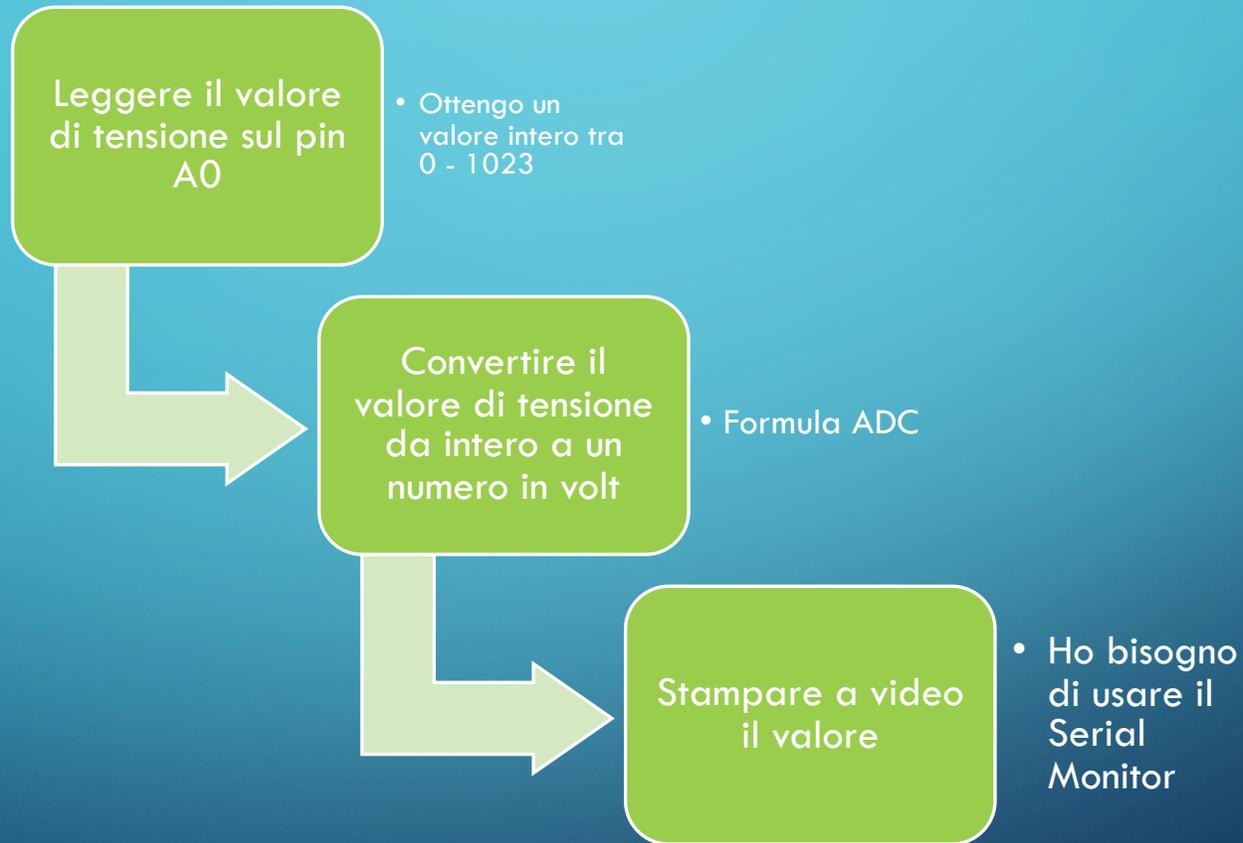
Andiamo a costruirlo con Arduino e misuriamo la tensione di uscita.

REALIZZAZIONE CIRCUITALE

- Ho due resistenze in serie
- Le alimento con 5V
- Vado a prelevare la tensione, creando così un partitore di tensione.



COSA DEVE FARE IL NOSTRO PROGRAMMA?



```
Tensioen di uscita: 1.44 V
```



lettura_tensione

```
1 void setup() {
2   Serial.begin(9600);
3 }
4
5 void loop() {
6   int n = analogRead(A0);
7
8   double Vout = n*(5.0/1024);
9
10  Serial.print("Tensioen di uscita: ");
11  Serial.print(Vout);
12  Serial.println(" V");
13  delay(400);
14
15 }
```

CICLO FOR

- Abbiamo visto il modo in cui si può fare una scelta

```
if() {  
    }  
esle {  
    }
```

MA SE VOLESSIMO RIPETERE UN AZIONE UN NUMERO PRESTABILITO DI VOLTE?

Facciamo un esempio:

voglio far contare arduino fino a 10

Noi come contiamo fino a 10 ?

Se lo vogliamo fare con una mano semplicemente facciamo queste azioni

- 1) Alzo in dito
- 2) Conto il primo numero (1)
- 3) Alzo un altro dito
- 4) Conto il secondo numero (2) E così via.... Fino a 10.

DI COSA HO BISOGNO?

- 1) Ho bisogno di un qualcosa che tenga memoria del mio avanzamento nella conta.... Le dita della mano
- 2) Devo contare il numero
- 3) Devo memorizzare il valore
- 4) Devo avanzare nella conta
- 5) Devo pronunciare il numero

FACCIAMOLO CON ARDUINO

Abbiamo il dito che viene aggiornato e tiene memoria di ogni volta che conto.

Abbiamo un posto dove memorizzare i numeri: la variabile numero

Abbiamo un modo di avanzare nella conta:
 $\text{numero} = \text{numero} + 1$

Ho qualcosa per pronunciarlo

```
1 void setup() {
2   Serial.begin(9600);
3
4 }
5
6 void loop() {
7
8   int numero = 1;
9
10  for( int dito = 1; dito <= 10; dito++){
11
12    Serial.println(numero);
13    numero = numero + 1;
14    delay(1000);
15  }
16
17 }
18
19
20
```

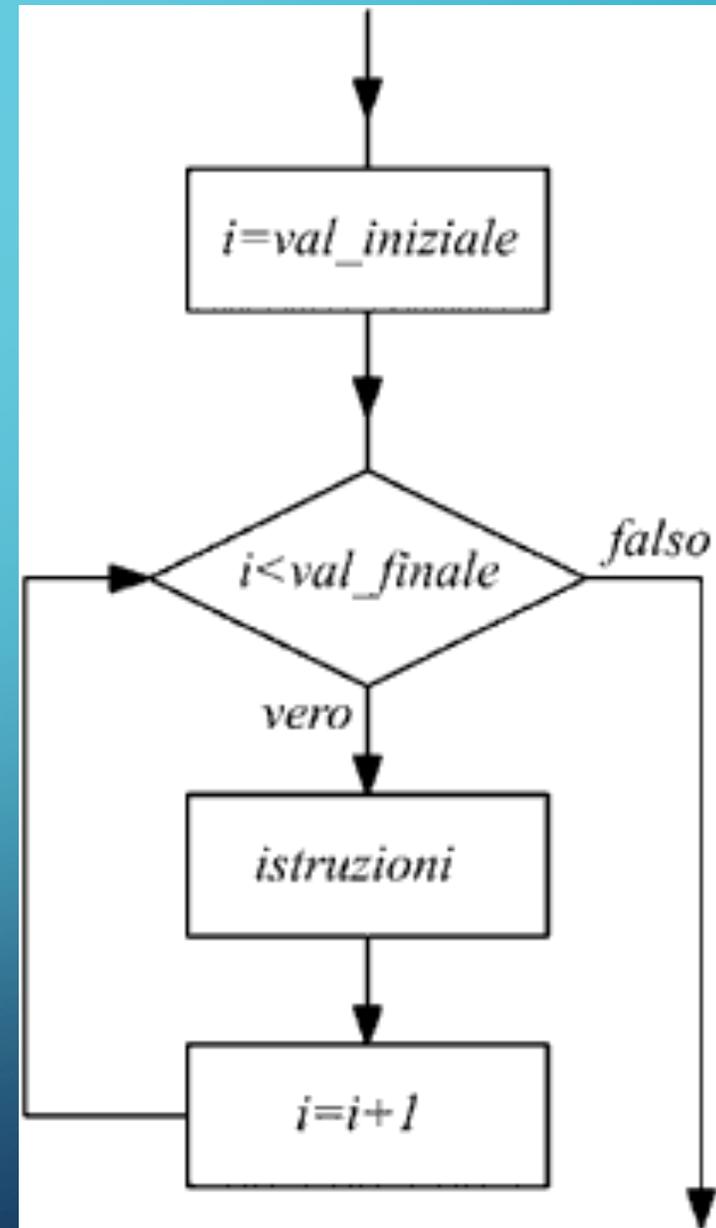
SINTASSI DEL CICLO FOR

Di base è: for(passi da 1 a 10, incrementi di 1)

Ho un valore iniziale che è 1

Ho un obiettivo che è 10, un valore di stop

Ho un incremento



CICLO FOR

```
for (<inizializzazione>; <condizione>; <espressione_iterativa>)  
{  
    // istruzioni  
}
```

VEDIAMO COME SI PUÒ USARE PER FARE UNA MEDIA

Come si fa una media aritmetica ?

- Sommo i valori e poi li divido per il numero di valori

$$media = \frac{6 + 7 + 5}{3} = 6$$

Facciamolo con il nostro arduino e il nostro sensore

CON ARDUINO

PROF. NACLERIO PASQUALE

```
1 void setup() {
2   Serial.begin(9600);
3 }
4
5 void loop() {
6
7   int lettura = 0;
8   int somma = 0;
9
10  for(int i = 0; i < 3; i++){
11
12    lettura = analogRead(A0);
13    somma = somma + lettura;
14
15    Serial.print("la lettura: ");
16    Serial.println(lettura);
17    Serial.print("la somma: ");
18    Serial.println(somma);
19
20  }
21
22  int media = somma/3;
23
24
25  Serial.print("la media: ");
26  Serial.println(media);
27
28  delay(10000);
29
30 }
```

FACCIAMO PIÙ SNELLO

PROF. NACLERIO PASQUALE

```
1 void setup() {
2   Serial.begin(9600);
3 }
4
5 void loop() {
6
7   int lettura = 0;
8
9   for(int i = 0; i < 3; i++){
10
11     lettura = lettura + analogRead(A0);
12
13   }
14
15   int media = lettura/3;
16
17
18   Serial.print("la media: ");
19   Serial.println(media);
20
21   delay(1000);
22
23 }
```

SENSORE ANALOGICO

- **Sensore** = dispositivo che interagisce direttamente con il sistema da misurare
- **Analogico** = una grandezza analogica è una grandezza che può assumere un qualsiasi valore numerico in un intervallo: tra 0 – 5V può assumere valori 0,1V 2,456 V 4,98 V
- **Digitale** = una grandezza digitale è una grandezza che può assumere solo i valori numerici dell'estremo dell'intervallo: tra 0 – 5V può assumere solo valori 0 o 5 V e basta.

SENSORE ANALOGICO ESEMPIO

- Fotoresistenza = è una resistenza che varia il suo valore a seconda della quantità di luce che la colpisce
- Quindi in base alla quantità di luce che lo colpisce avremo un diverso valore di quantità di luce
- per 110 lux avremo 6,7 kOhm, per 400 lux avremo 1,8 kOhm



LUMEN E LUX

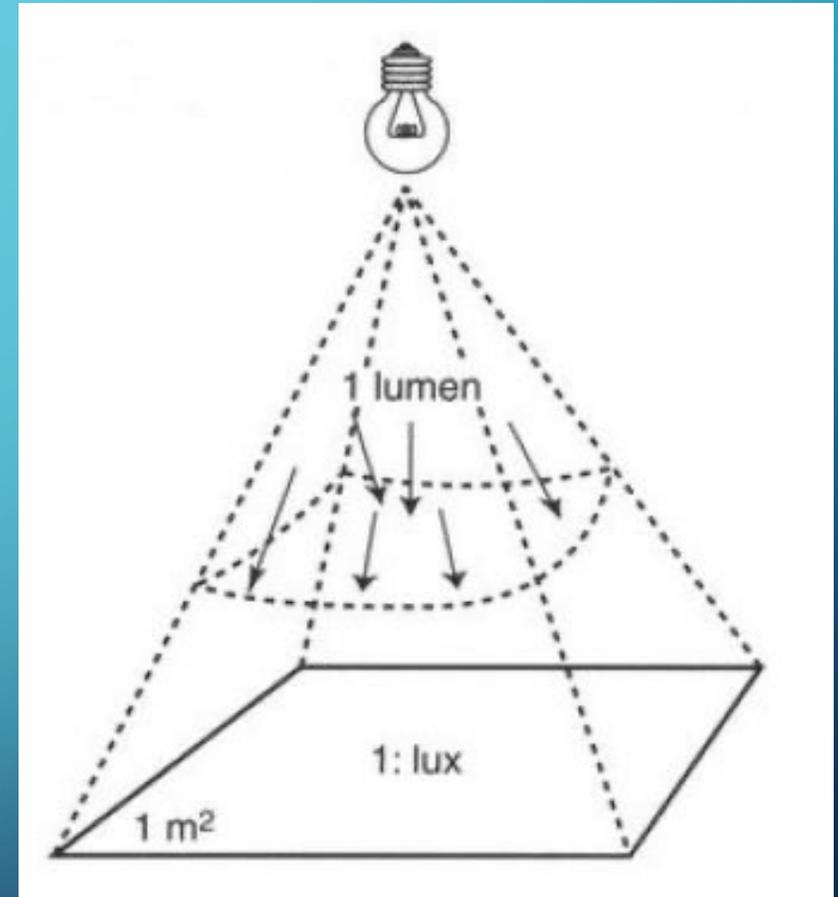
- Il lumen o flusso luminoso è la quantità di luce emessa da una sorgente luminosa.
- Il lux sono i lumen per metro quadro e cioè quanta luce arriva su una superficie.

Se ho una lampada da 1000 lumen

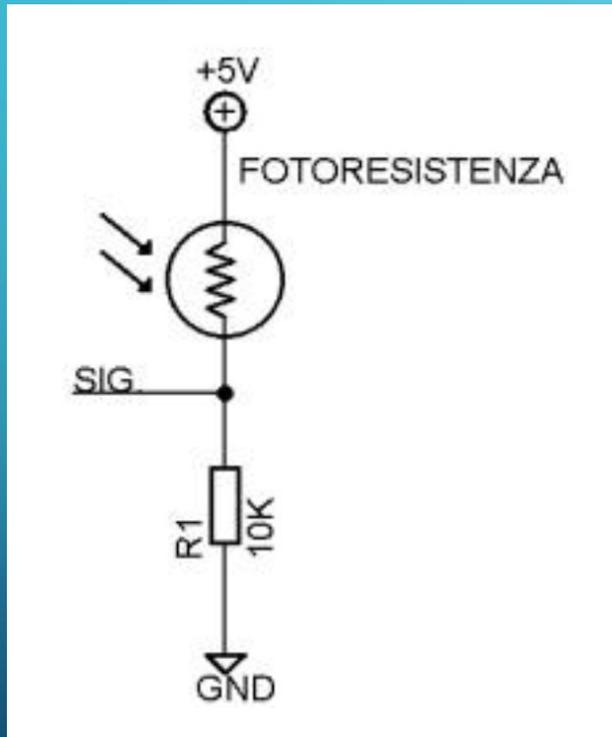
- in una stanza da 1 m^2 illuminerà con 1000 lux
- In una stanza da 10 m^2 illuminerà con 100 lux e quindi dimeno, perché la stanza è più grande.

Il sole ha tra i 30 klux – 100 klux in un ufficio ci devono essere 500 lux

PROF. NACLERIO PASQUALE

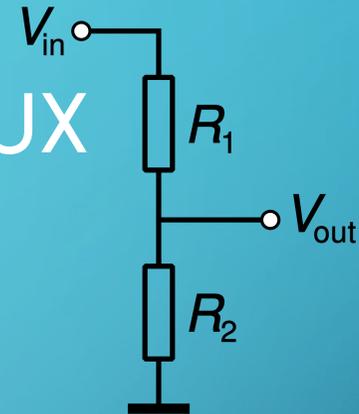


SEMPLICE CIRCUITO PER CALCOLARE I LUX



- Una fotoresistenza
- Una resistenza da 10 kOhm
- Alimentate in serie a 5V

Andiamo a misurare il partitore di tensione.



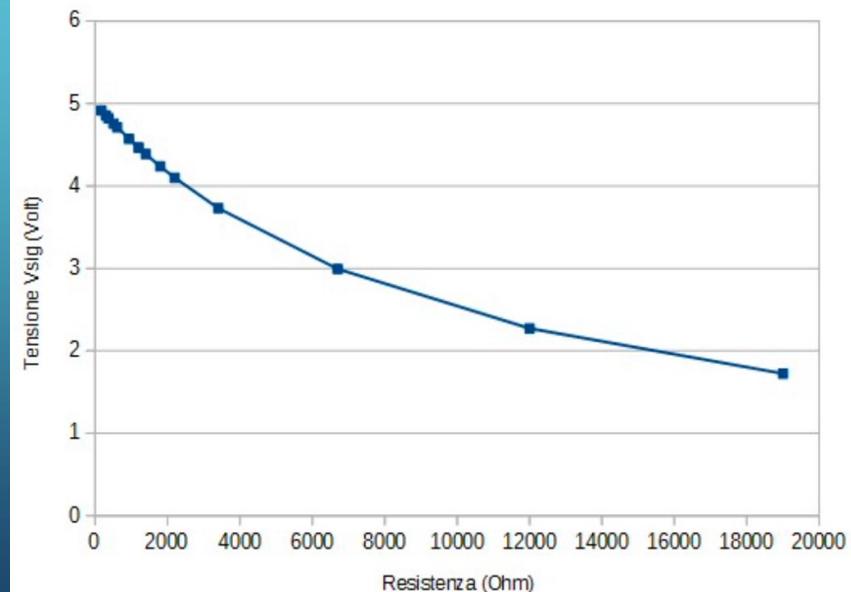
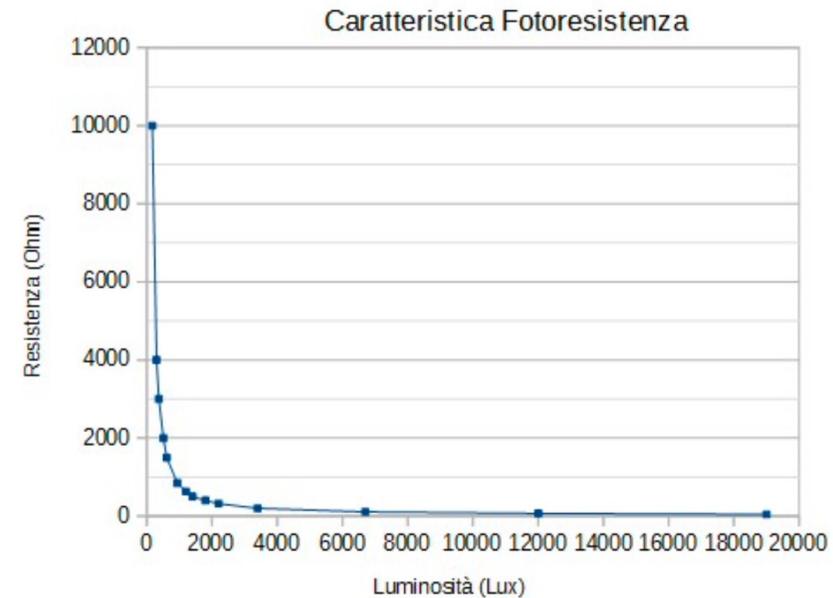
$$V_{sig} = \frac{R_1}{R_1 + R_{foto}} * V_{in}$$

$$V_{sig} = \frac{10 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega + R_{foto}} * 5V$$

FACCIAMO LE MISURE

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

PROF. NACLERIO PASQUALE



CALCOLO DEI LUX

- Come si può vedere il comportamento sia dei Lux che della tensione non è lineare e quindi è difficile stabilire una relazione tra tensione/resistenza/lux
- Occorre quindi usare un metodo più elaborato per trovare una formula che mi leghi il tutto.

$$Lux = \left(\frac{R_{foto}}{R_{1Lux}} \right)^{-\frac{1}{\gamma}}$$

Chi è γ (gamma) ?

(la costruzione di questa formula è approfondita in un documento allegato, per chi vuole approfondire)

GAMMA ?

- Impariamo a leggere un datasheet

Types and Specifications

Specification	Type	Max. Voltage	Max. power	Environmental temp.	Spectrum peak value
Φ5 series	GL5516	150	90	-30~+70	540
	<u>GL5528</u>	<u>150</u>	<u>100</u>	<u>-30~+70</u>	540
	GL5537-1	150	100	-30~+70	540
	GL5537-2	150	100	-30~+70	540
	GL5539	150	100	-30~+70	540
	GL5549	150	100	-30~+70	540

ECCO IL NOSTRO GAMMA

Specification	Light resistance (10Lux) (K Ω)	Dark resistance (M Ω)	γ_{10}^{100}	Response time (ms)		Illuminance resistance <u>Fig. No.</u>
				Increase	Decrease	
$\Phi 5$ series	5-10	0.5	0.5	30	30	2
	<u>10-20</u>	1	<u>0.6</u>	<u>20</u>	<u>30</u>	<u>3</u>
	20-30	2	0.6	20	30	4
	30-50	3	0.7	20	30	4
	50-100	5	0.8	20	30	5
	100-200	10	0.9	20	30	6

CHE COSA È GAMMA ?

- È il risultato di questa formula:

$$\gamma = \text{Log}\left(\frac{R_{10 \text{ lux}}}{R_{100 \text{ lux}}}\right)$$

Questo operatore si chiama logaritmo a base 10 ed è l'inverso della potenza di 10.

Esempio: $10^3 = 1000$ $\text{Log}(1000) = 3$

Nel nostro caso:

$$\gamma = 0,6$$

ED ECCO COME
VARIA LA NOSTRA
RESISTENZA IN
RAPPORTO AI LUX

$$R_{1lux} \approx 100 \text{ k}\Omega$$

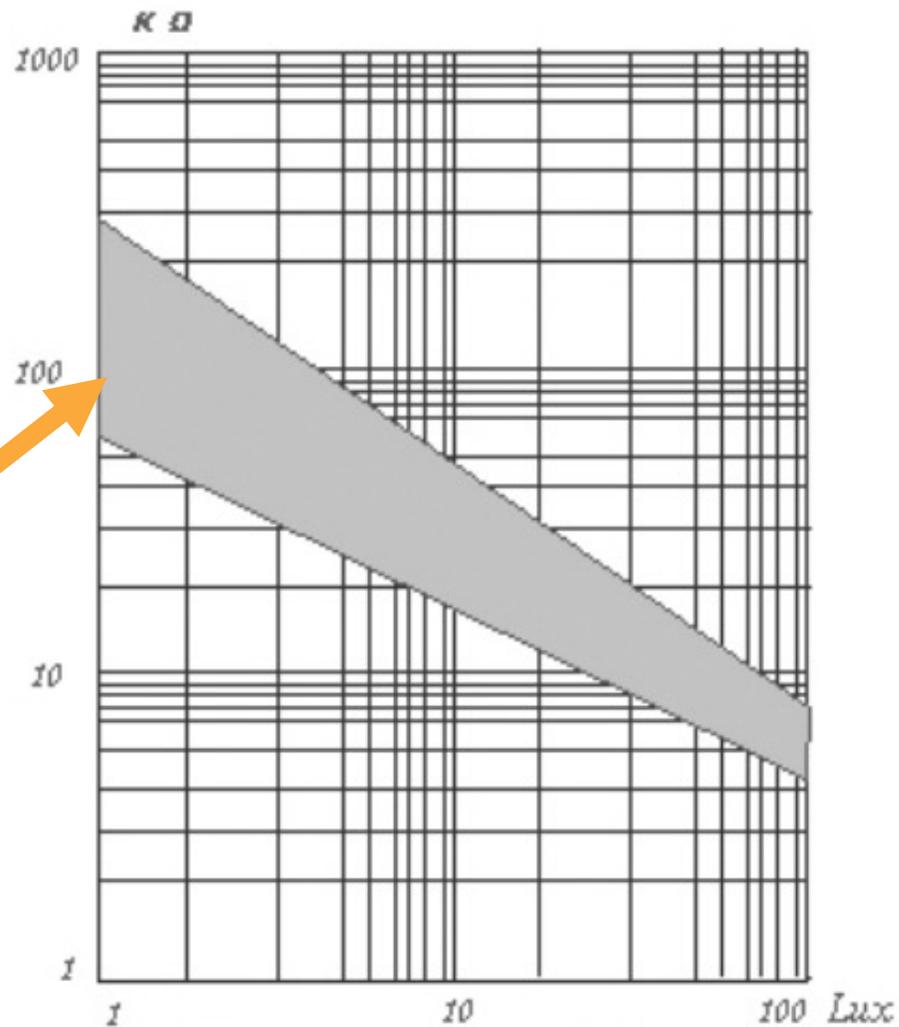
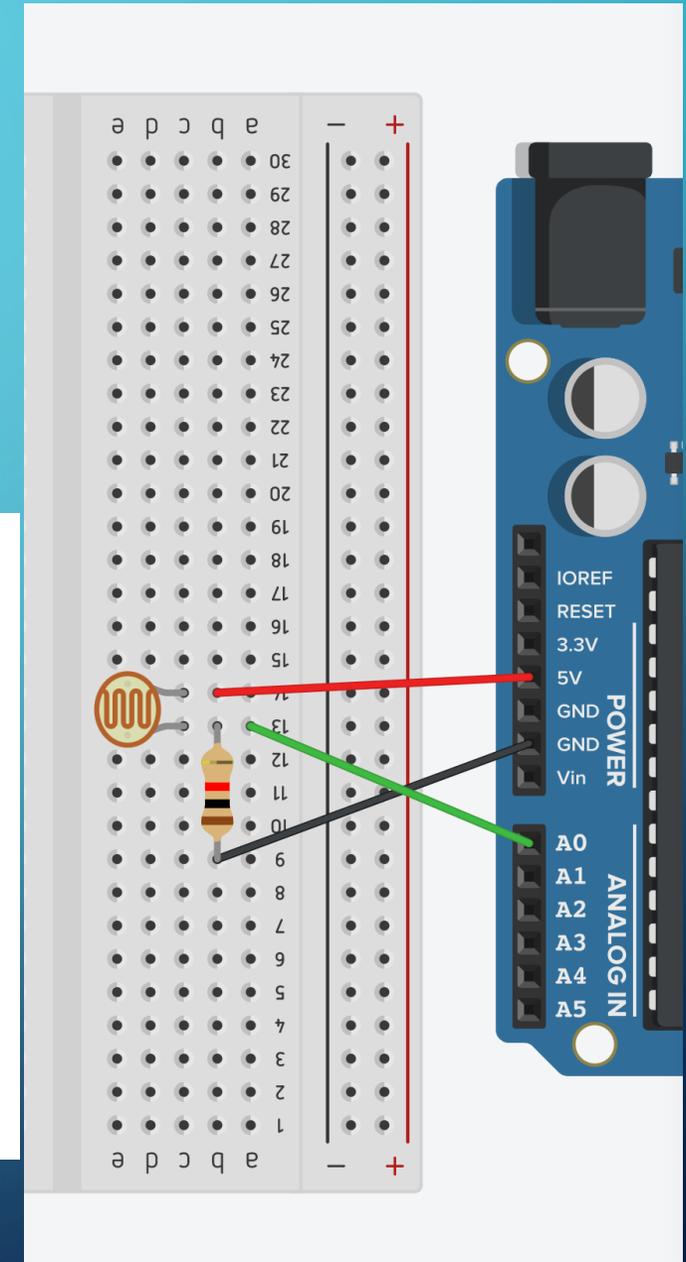
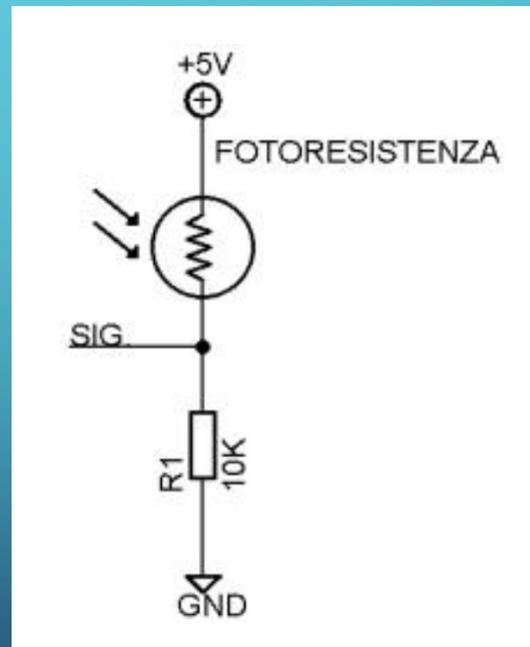


Fig. 3

COSTRUIAMO UN LUXOMETRO

- Mettiamo in serie la fotoresistenza con una resistenza
- Alimentiamo a 5V
- Andiamo a prendere la tensione dalla resistenza, creando così un partitore.



FACCIAMO UN ESPERIMENTO

- Prima di programmare facciamolo a mano.
- Misuriamo due volte con un multimetro la tensione sulla resistenza e ci prendiamo un appunto.
- La prima volta facciamo la misura stando attenti di non coprire la fotoresistenza.
- La seconda volta facciamo la misura coprendo la fotoresistenza, con qualcosa (anche la mano va bene).

RISULTATI DELLA MISURA

1. Senza mano $V_{out} = 4,5 V$
2. Con la mano $V_{out} = 2,3 V$

Adesso iniziamo a fare i calcoli di conversione per ottenere i Lux.

La formula da usare è questa:

$$Lux = \left(\frac{R_{foto}}{R_{1Lux}} \right)^{-\frac{1}{\gamma}}$$

Sappiamo che $\gamma = 0,6$ e che $R_{1Lux} = 100 k\Omega$

Ci manca solo $R_{foto} = ?$

R_{foto}

Nulla di più semplice, basta girare la formula del partitore e ottengo la formula che mi serve.

Formula del partitore $V_{out} = \frac{R}{R+R_{foto}} * V_g$

$$R_{foto} = \left(\frac{V_g}{V_{out}} - 1 \right) * R$$

Ricordo che $V_g = 5V$, $R =$ alla resistenza che ho messo io, $V_{out} =$ a quello che ho misurato

FACCIO I CALCOLO $V_{out} = 4,5 V$

- Suppongo di usare una $R = 1 k\Omega$

$$R_{foto} = \left(\frac{5}{4,5} - 1 \right) * 1000 = 111,1 \Omega$$

$$Lux = \left(\frac{111,1}{100000} \right)^{-\frac{1}{0,6}} = 83909,26 lux$$

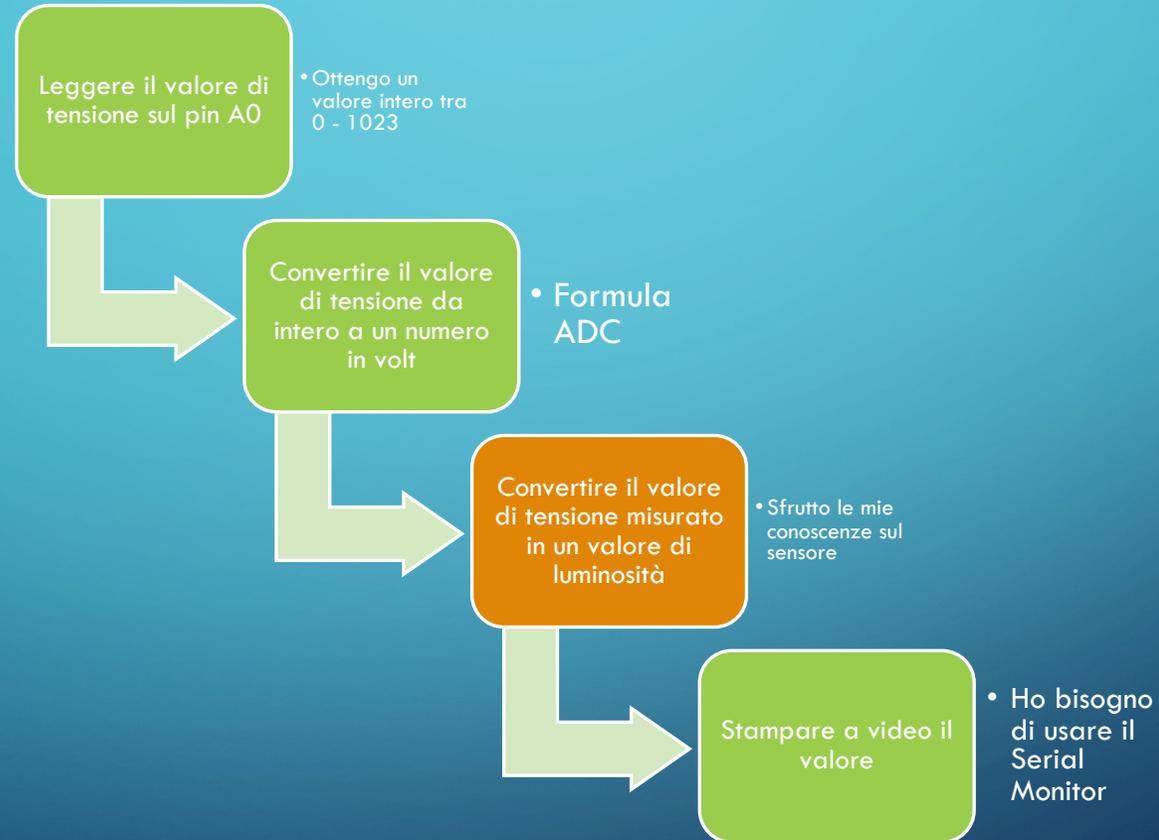
FACCIO I CALCOLO $V_{out} = 2,3 V$

- Suppongo di usare una $R = 1 k\Omega$

$$R_{foto} = \left(\frac{5}{2,3} - 1 \right) * 1000 = 1173,9 \Omega$$

$$Lux = \left(\frac{1173,9}{100000} \right)^{-\frac{1}{0,6}} = \mathbf{1649 lux}$$

COSA DEVE FARE IL NOSTRO PROGRAMMA?



QUASI TUTTO COME PRIMA...

Il programma è per la maggior parte uguale a quello di prima.

Perché?

Perché in realtà sto facendo una misura di tensione comunissima...

Dopo la misura non devo far altro che fare i calcoli.

PROF. NACLERIO PASQUALE

```
1 const double vg = 4.9;
2
3
4
5
6 void setup() {
7   Serial.begin(9600);
8
9 }
10
11 void loop() {
12   int lettura = analogRead(A0);
13
14   double vo = lettura*(vg/1024.0);
15
16
17
18
19
20
21
22
23   Serial.print("Livello di luce: ");
24   Serial.print(luce);
25   Serial.println(" lux");
26   delay(300);
27
28 }
```

INSERISCO I DATI CHE MI SERVIRANNO PER FARE I CALCOLI

- Tensione di alimentazione vera $V_g = 4.9 V$
- Resistenza per il partitore $R = 1007 \Omega$
- Resistenza a 1lux $R_{foto} = 100000 \Omega$
- gamma $\gamma = 0,6$

```
1 const double vg = 4.9;
2 const double R = 1007;
3 const double Rlux = 100000;
4 const double gamma = 0.6;
5
6 void setup() {
7
8 }
9
10 void loop() {
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26 }
27
```

FACCIAMO I CALCOLI

$$R_{foto} = \left(\frac{V_g}{V_{out}} - 1 \right) * R$$

$$Lux = \left(\frac{R_{foto}}{R_{1Lux}} \right)^{-\frac{1}{\gamma}}$$

$$= pow\left(\frac{R_{foto}}{R_{1Lux}}, -\frac{1}{\gamma} \right)$$

PROF. NACLERIO PASQUALE

```
10 void loop() {  
11  
12  
13  
14  
15  
16 double Rfoto = ((vg/vo) - 1)*R;  
17  
18  
19 double luce =pow((Rfoto/RLux),(-1/gamma));  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26 }  
27
```

Per fare l'elevamento a potenza serve una speciale funzione

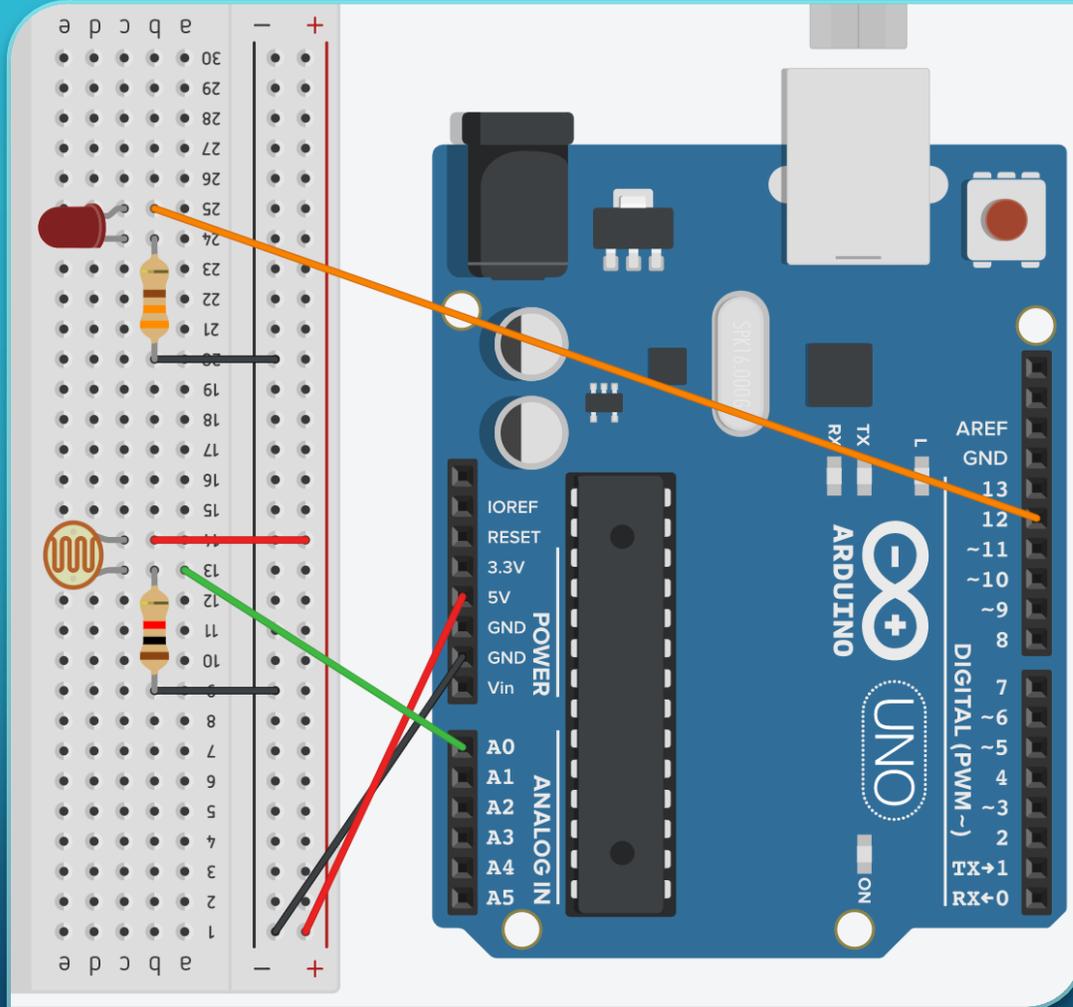
$pow(X, Y) \Rightarrow X^Y$

```
1 const double vg = 4.9;
2 const double R = 1007;
3 const double Rlux = 100000;
4 const double gamma = 0.6;
5
6 void setup() {
7   Serial.begin(9600);
8 }
9
10 void loop() {
11   int lettura = analogRead(A0);
12
13   double vo = lettura*(vg/1024.0);
14
15
16   double Rfoto = ((vg/vo) - 1)*R;
17
18
19   double luce = pow((Rfoto/Rlux),(-1/gamma));
20
21
22   Serial.print("Livello di luce: ");
23   Serial.print(luce);
24   Serial.println(" lux");
25   delay(300);
26 }
27
```

COSTRUIAMO UN SISTEMA DI ILLUMINAZIONE CREPUSCOLARE

Per fare questo non dobbiamo fare altro che aggiungere un punto luce (nel nostro caso un led) e una logica di controllo che accenda la luce solo quando ho un certo livello di lux

PROF. NACLERIO PASQUALE



PROF. NACLERIO PASQUALE

```

1 const double vg = 4.9;
2 const double R = 1007;
3 const double Rlux = 100000;
4 const double gamma = 0.6;
5
6 int led = 12;
7
8 void setup() {
9   Serial.begin(9600);
10  pinMode(led, OUTPUT);
11 }
12
13 void loop() {
14   int lettura = analogRead(A0);
15
16   double vo = lettura*(vg/1024.0);
17
18   double Rfoto = ((vg/vo) - 1)*R;
19
20   double luce = pow((Rfoto/Rlux),(-1/gamma));
21
22   Serial.print("Livello di luce: ");
23   Serial.print(luce);
24   Serial.println(" lux");
25   delay(300);
26
27   if(luce < 2500){
28     digitalWrite(led, HIGH);
29   }
30   else{
31     digitalWrite(led, LOW);
32   }
33 }
34 }

```