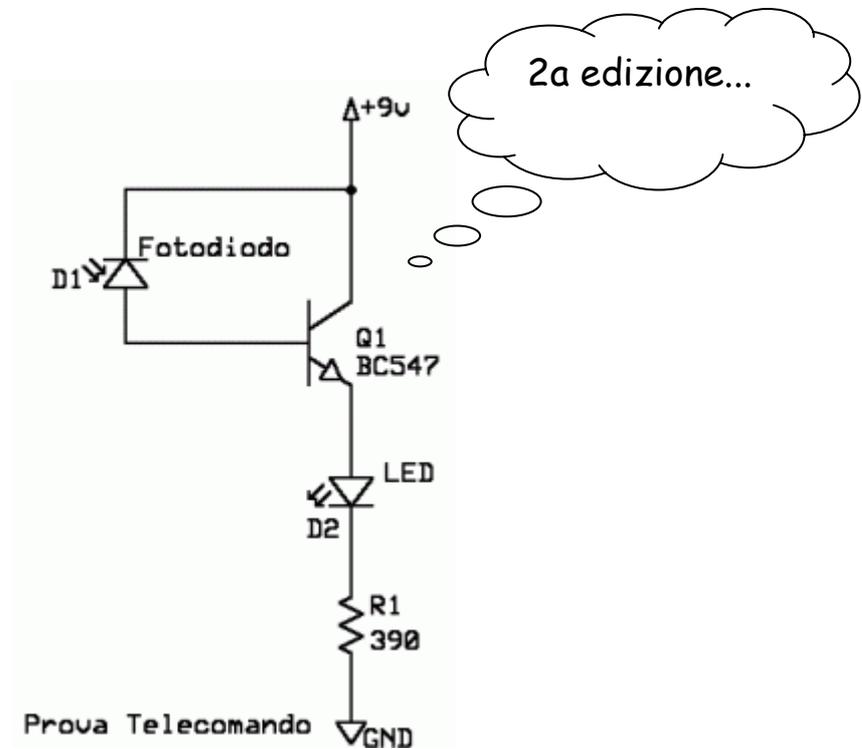


# I fotosensori

tutorial



***Semplici applicazioni per capire  
cosa sono e come funzionano***

Pietro Salvato

# I FOTOSENSORI

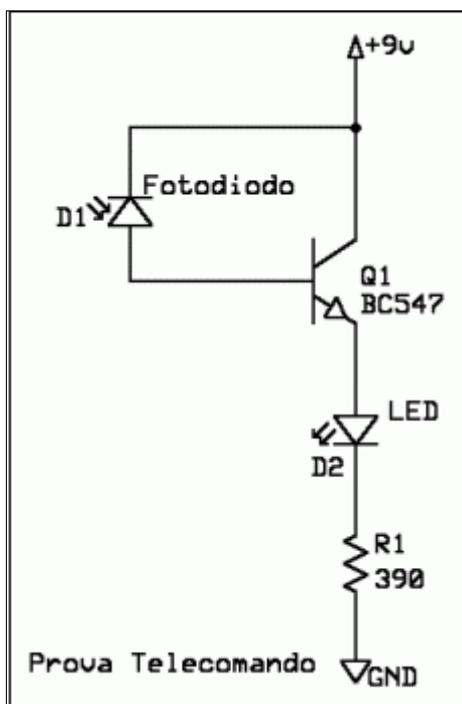
## Semplici applicazioni per capire cosa sono e come funzionano

I fotosensori appartengono alla famiglia dei dispositivi optoelettronici che comprendono una vasta gamma di componenti elettronici la cui funzionalità è legata a fenomeni ottici, in particolare, alla generazione o alla rivelazione di energia luminosa. In questa famiglia troviamo i “visualizzatori” come i LED (i diodi emettitori di luce), i display a LED e a Cristalli liquidi e i tubi fluorescenti. Inoltre troviamo gli “emettitori”, come gli IRED cioè dei LED che emettono radiazioni comprese nella banda dell’infrarosso. I “fotosensori” che includono fotodiodi, fototransistor, fotodarlington, fototriac si basano tutti sul principio per cui le radiazioni, comprese in un certo intervallo di frequenza, incidenti su una giunzione polarizzata inversamente producono una fotocorrente.

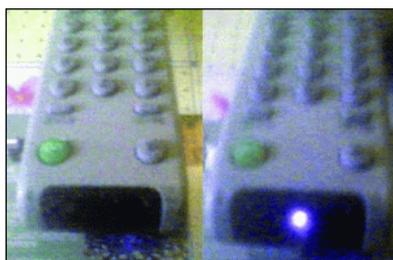
Infine abbiamo i “fotoaccoppiatori” che sono dei circuiti in forma integrata che contengono un diodo IRED e un fotosensore, efficacemente accoppiati e separati da un dielettrico, capaci di far passare, per esempio, un segnale fra due circuiti che non hanno massa comune.

In questo tutorial mi occuperò dei fotosensori e dei LED. In particolare tratterò di semplici applicazioni con fotodiodi, fototransistor, LED e IRED.

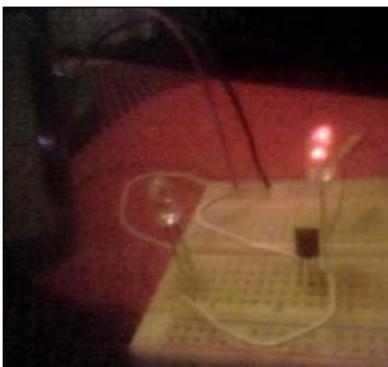
- Il primo circuito che propongo è un semplice e magari utile “**Prova telecomando**”.



◀ Puntando un telecomando verso il fotodiodo D1 (ma nulla vieta di usare, al suo posto, un fototransistor) e premendo poi un tasto, otterremo l’accensione del LED D2. Infatti, la radiazione infrarossa proveniente dal diodo IRED del telecomando (qualsiasi telecomando, quello della tv, dell’impianto HiFi, dell’antifurto dell’automobile ecc.) nel colpire la superficie del fotodiodo genera in quest’ultimo una fotocorrente che raggiunge la base del transistor Q1 che, a sua volta, va in conduzione e così pure il LED D2 il quale emetterà una radiazione luminosa visibile (si accende) per tutto il tempo che sarà premuto un tasto del telecomando.



◀ Contrariamente a quello che appare dalla foto a fianco, l’occhio umano non “vede” la luce infrarossa. La fotocamera del telefonino, invece, “vede” questo tipo di radiazione.

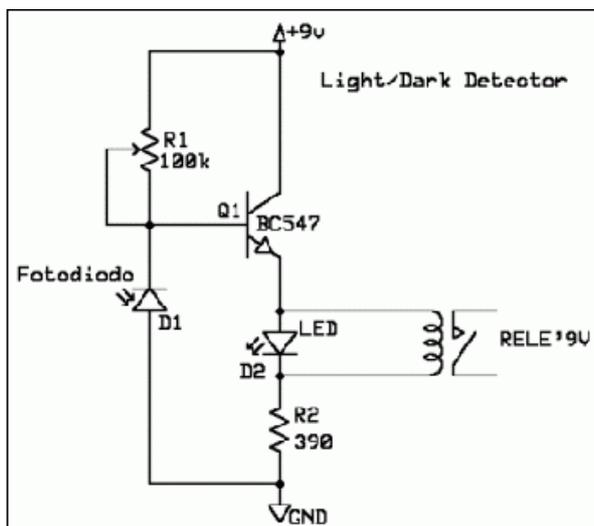


◀ Il circuito del “Prova telecomando” montato su breadboard. A sinistra si nota il fotodiodo (ad occhio del tutto simile ad un LED bianco HB) mentre a destra si notano il transistor e il LED “acceso”. Ancora a sinistra, si nota la “testa” del telecomando della mia tv; infatti il telecomando deve essere posto ad una distanza inferiore a 20-25cm dal fotodiodo.

Se si usa però un fototransistor o meglio ancora un fotodarlington la distanza può essere aumentata. La foto è scura - e per la verità pure sfuocata - poiché, per ridurre le “interferenze” della luce ambiente, ho spento tutte le luci. ☺

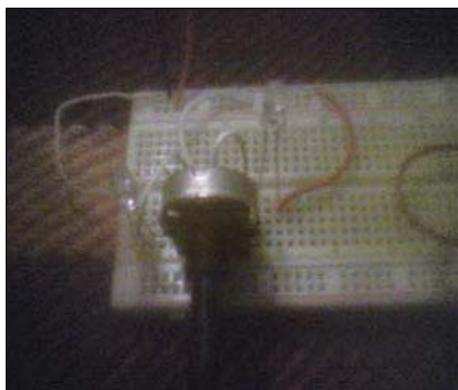
Ancora un suggerimento. Esiste un metodo “sonoro” per provare il vostro telecomando. Avvicinatelo ad una radio AM (meglio se di piccole dimensioni, come il vostro walkman); premete un tasto sul telecomando e... la vostra radio “risponderà” con un sibilo che ricorda il suono dei raggi laser dei primi videogames ☺. Infatti, la radiazione infrarossa interagisce con l’antenna interna in ferrite. Se provate invece con l’impianto HiFi di casa probabilmente non ascolterete niente. Innanzitutto perché l’antenna per l’AM spesso è “esterna” e quindi separata dall’impianto. Inoltre, quasi tutti gli HiFi moderni hanno un proprio telecomando IR, perciò i costruttori “schermano” il sintonizzatore, onde evitare interferenze in ricezione ogni qualvolta si usa il telecomando del HiFi.

- Il secondo circuito l’ho trovato - e poi leggermente modificato - sul sito [www.aaroncake.net/circuits/lightdrk.asp](http://www.aaroncake.net/circuits/lightdrk.asp). Si tratta un semplice circuito capace rivelare lo stato di oscurità o di luce dell’ambiente circostante. Insomma un **Light/Dark Detector**.



◀ Come detto, il mio circuito è un po' differente rispetto a quello del sito web. Infatti, al momento, non avevo a disposizione alcun un relè e così l’ho dovuto “acconciare” ☺. Questo circuito provvede, una volta che si è fatto buio, ad accendere il LED D2. Il potenziometro R1 da 100kΩ regolerà, a sua volta, la sensibilità con cui avverrà l’accensione del LED.

Come avrete notato il fotodiode - che può essere di qualsiasi tipo - il LED, il transistor, il resistore R2 e l’alimentazione sono gli stessi usati nel precedente circuito. Qui, con questi chiari di Luna, non si butta niente! ☺



◀ Montiamo il circuito su breadboard e facciamo luce. Il LED D2 (a destra nell’immagine) risulta infatti spento. In basso a sinistra si nota il fotodiode (lo stesso dell’altro circuito) e il potenziometro da 100k. Dietro, eclissato dal potenziometro stesso, c’è il transistor. Giuro! ☺

► Facciamo calare le tenebre, mentre fuori già si sente l’ululato del coyote ☺ il nostro LED, finalmente, si accenderà.



Da questa immagine crepuscolare, se fate attenzione, si nota pure il transistor. Lì, vicino al potenziometro in basso a destra! Infatti, in questa esperienza, l’oscar come attore non protagonista è proprio per il nostro BC547. Ovviamente, al suo posto, potete usare un qualsiasi transistor bipolare per piccoli segnali e a basso rumore come il BC238 oppure il 2N3904.

Ma questo circuito funziona pure con radiazioni dell’ordine dell’infrarosso? Verifichiamolo subito. Questa volta anziché ricorrere al “solito” telecomando tv (che mi hanno prontamente sequestrato ☺) metteremo sulla breadboard stessa un diodo IRED.

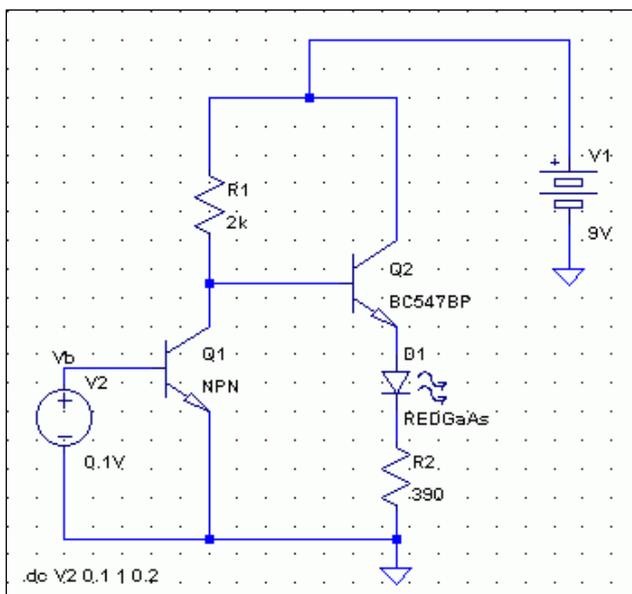
Anche questo diodo è stato “procurato”. Chi di noi non ha mai rotto un telecomando tv? L’avete conservato? Bene, dissaldare da questo il diodo (talvolta sono addirittura 2) IRED dalla scheda. Adesso va montato in prossimità del fotodiodo, ricordando di rispettare la solita polarità (anodo positivo e catodo negativo) e protetto con un altro resistore da 470-680Ω. Vediamo poi che succede.



◀ Nella prima immagine a sinistra si nota un specie di LED bluastro “acceso” proprio sopra al nostro fotodiodo. E’ il mio IRED ricavato dal vecchio telecomando tv. Come detto, in realtà, il nostro occhio non vedrà alcuna luce (al contrario della fotocamera). Il LED posto a destra invece risulta spento. Questo significa che il fotodiodo è stato colpito da una luce (quella infrarossa

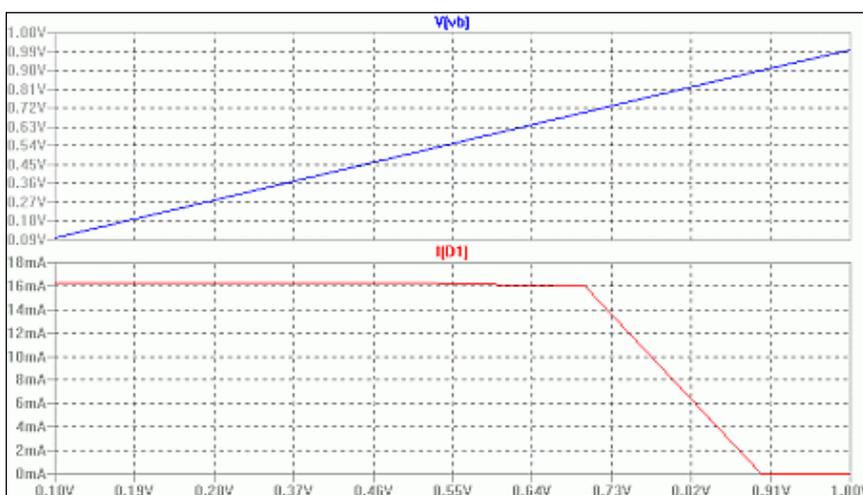
prodotta dal diodo IRED) per cui il transistor non conduce e di conseguenza il LED non si accende.

Viceversa, nella foto a destra, coprendo la sorgente infrarossa (con un ditale da cucito...) il fotodiodo non viene colpito da alcuna radiazione, il transistor va in conduzione e nel LED circolerà una corrente che sarà tanto più alta (quindi emetterà una radiazione tanto più luminosa) quanto più basso sarà il valore assunto dal potenziometro R1.



◀ Ci può venire utile una simulazione SPICE (realizzata con Switchercad III©) del nostro circuito. In mancanza del modello del fototransistor si può ovviare con un normale transistor NPN. Sapendo dalla teoria che qualsiasi transistor per entrare in conduzione deve ritrovarsi con una tensione di base  $V_b \geq 0,6 \div 0,7V$  il nostro circuito può essere “tradotto” così.

Avviamo quindi l’analisi denominata “DC sweep” (in pratica variamo progressivamente i valori della  $V_b$  da 0,1 a 1V con incrementi di 0,2V) in continua. Ricaviamo quindi i valori di  $I(D1)$  (la corrente che circola nel LED) in funzione degli incrementi di della tensione di base  $V(vb)$ .



◀ Dal grafico a destra si nota che per valori di  $V_b \leq 0,7V$   $I(D1)$  ovvero la corrente che attraversa il LED, si mantiene costante a circa 16mA.

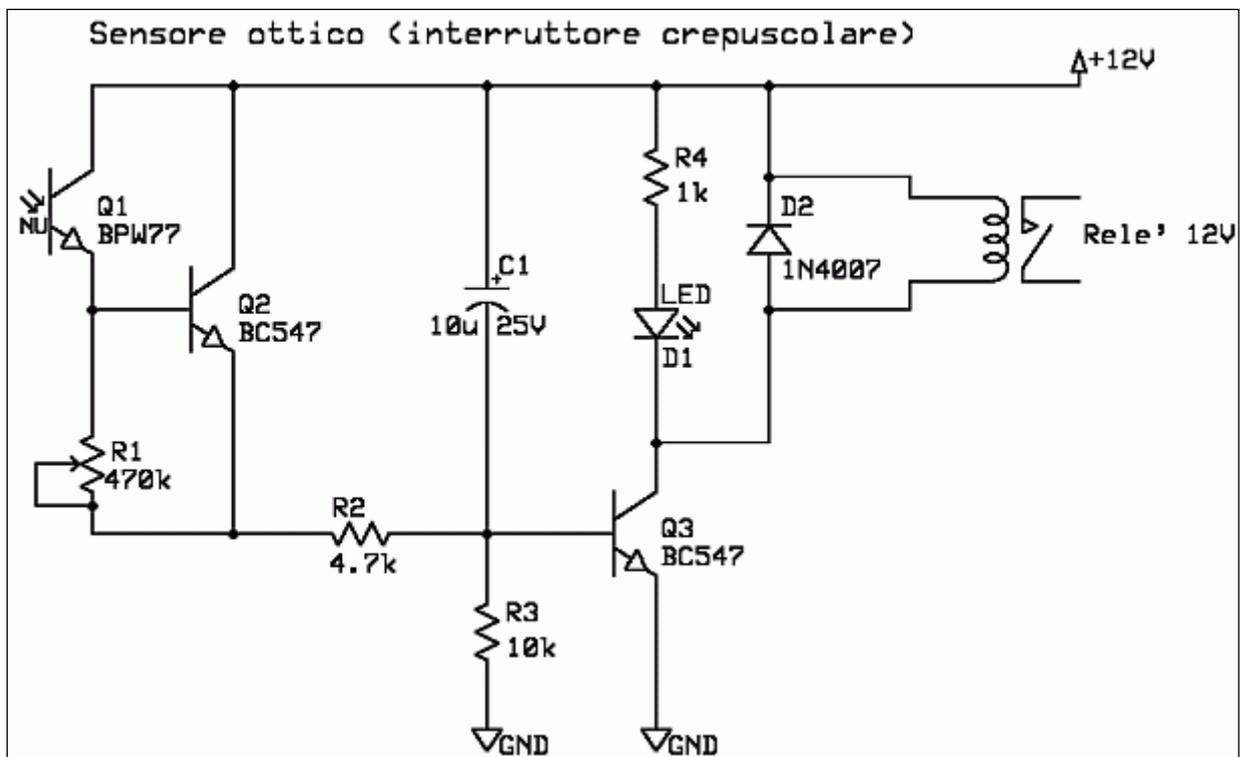
Appena superiamo la tensione di soglia  $V_b \geq 0,7V$  la corrente  $I(D1)$  cala rapidamente portando allo spegnimento del LED. Per comodità si è posto R1 a 2k (cioè ad un valore molto basso) per accentuare la sensibilità.

- Il terzo circuito che propongo è, in un certo senso, figlio dei due che lo hanno preceduto. Si tratta di un **Sensore ottico** a fototransistor capace di eccitare un relè ogni qualvolta un fascio di luce lo colpisce, per poi diseccitarlo non appena tale radiazione si interrompe.

Gli usi possono essere diversi. Può essere uno sbarramento ottico di un antifurto oppure può essere usato come interruttore crepuscolare per accendere una luce al calare dell'oscurità per poi spegnerla all'alba. Io ho deciso di montarlo in un armadietto. Ogni qualvolta lo apro, la luce esterna colpisce il fototransistor (un BPW77) il quale eccita il relè e fa accendere una lampada da 12V illuminando l'armadio. Quando invece chiudo le porte del piccolo armadio, sul fototransistor non arriva più alcuna radiazione luminosa e, quindi, la lampada si spegne.

Ovviamente l'ambiente esterno deve essere illuminato se no il circuito non funziona!

Lo schema del circuito è il seguente.



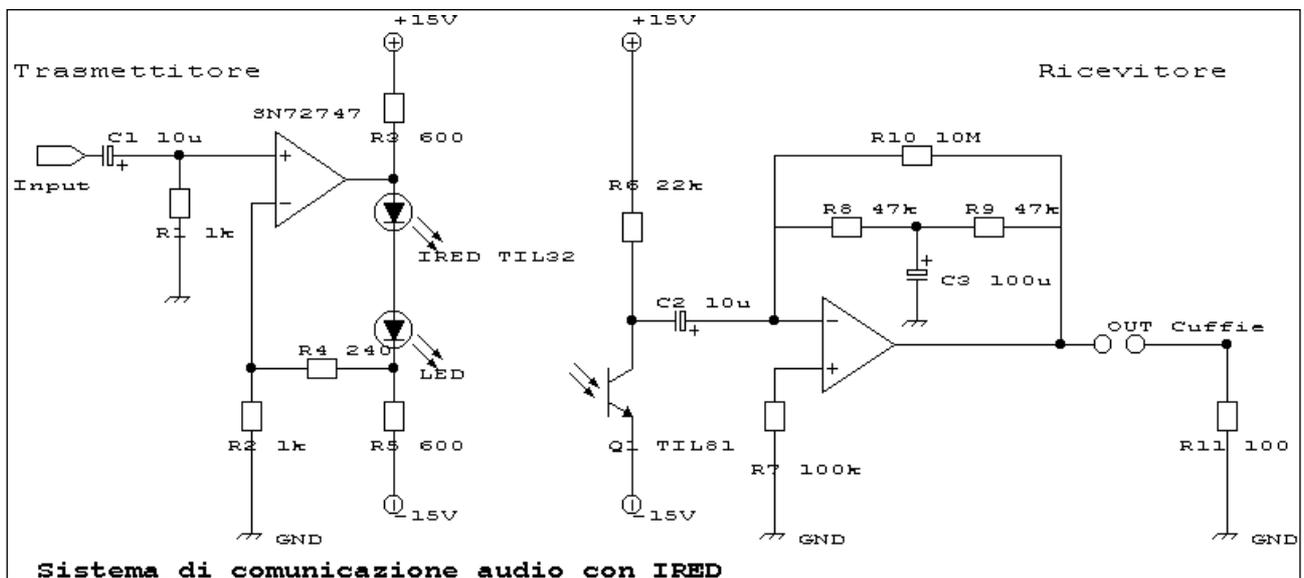
Quando la radiazione luminosa colpisce la base del fototransistor Q1, ai capi del potenziometro R1 ci sarà una tensione che sarà in grado di polarizzare la base di Q2 e lo farà condurre. La tensione dell'emettitore di Q2 polarizza anche Q3 che, portandosi in conduzione, farà eccitare il relè ed accendere il LED D1. Il potenziometro R1 serve a determinare la sensibilità luminosa alla quale si desidera che il relè si disecciti.

La presenza del diodo D2 (1N4007) in parallelo alla bobina (e pertanto dalla sua induttanza) del relè serve da "clapping", cioè a proteggere da sovratensioni il transistor Q3. Ricordo che sul BPW77 pur essendo presente il terminale di Base, questo rimane inutilizzato (NU sullo schema). In alternativa si può sempre ricorrere al nostro solito fotodiode.

- Il quarto ed ultimo schema di questo tutorial è da prendere con le molle o per usare un linguaggio da programma freeware AS IS AS ©... nel senso che non l'ho realizzato io ne l'ho provato. E' tratto da un manuale tecnico della Texas Instruments (Understanding optronics).

Si tratta di un **Sistema di comunicazione audio mediante IRED e fototransistor**.

Lo schema - realizzato con Fidocad© - del circuito risulta:



Il funzionamento è abbastanza intuitivo. Il diodo emettitore all'infrarosso TIL32 ha una risposta spettrale (non spaventatevi... ☺ significa che è compatibile) adatta a quella del fototransistor TIL81 presente nel blocco di ricezione. La radiazione trasmessa modulata dal segnale in ingresso (p.e. un microfono dinamico) del trasmettitore, incide sulla base del fototransistor e determina, quindi, una variazione della corrente di collettore di Q1. Questo segnale in corrente viene convertito in segnale in tensione all'uscita dell'operazionale a basso rumore SN72747 che così lavora come amplificatore corrente-tensione. Il segnale audio in uscita può essere prelevato con delle normali cuffiette.

---

**S**pero che la lettura di questo tutorial sia stata semplice e poco tediosa. Se non avete capito qualcosa tornate sulla frase che non vi è chiara e rileggetela. Ripetete la routine per almeno tre volte. Se ancora continuate a non capire... solo allora potrete imprecare contro l'autore ☺.

*“Se voi volete essere una nuova generazione di giovani infinitamente più matura dovete anche abituarvi all'atrocità del dubbio, anche a questa sottigliezza sgradevole del dubbio, dovete cominciare ad abituarvi a dibattere i problemi veramente, non formalmente. Si applaudono sempre dei luoghi comuni: bisogna ragionare, non applaudire o disapprovare”. – Pier Paolo Pasolini.*

Pietro Salvato (pietro1031@interfree.it)