

microbit display

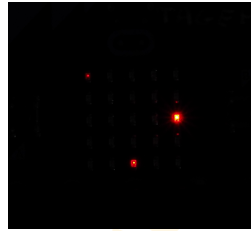
luminosità

Il controllo della luminosità

Per controllare la luminosità di una lampada in corrente alternata si usano i **dimmer**.

In corrente continua si opera analogamente sfruttando le caratteristiche della **tecnica PWM** (Pulse Width Modulation) o modulazione dell'ampiezza di impulso.

Con la tecnica PWM si possono avere luci con diversa luminosità come nella figura:



L'effetto viene raggiunto accendendo un singolo LED per un tempo inferiore a quello previsto per la massima luminosità.

Sono vogliono accendere i tre LED della colonna1 con intensità rispettivamente: 10%, 90%, 50%.

L'intensità luminosa dei singoli LED del display di microbit può essere modulata inviando un comando numerico che impone una durata dell'impulso inferiore alla durata massima.

Il rapporto fra le due durate definisce il **duty cycle** o rapporto di PWM detto anche rapporto di intermittenza; esso varia da 0 a 100% e si calcola facendo il rapporto fra la durata dell'impulso di accensione e la durata massima:

$$d \% = \frac{\text{durata effettiva}}{\text{durata massima}} * 100$$

Per esperimento si vogliono ottenere da tre LED luminosità del 10%, 50%, 90% come nella fotografia soprastante.

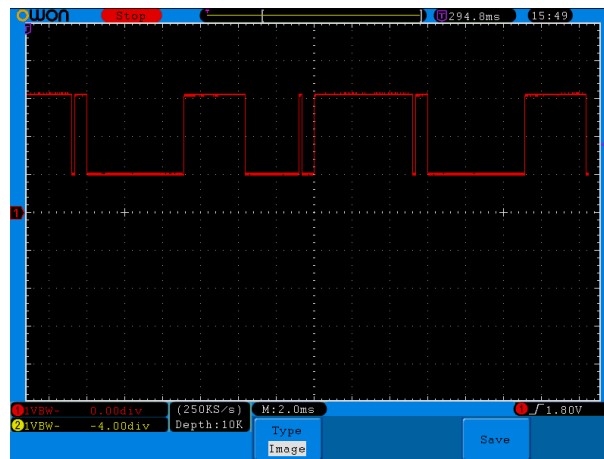
Con MS-editor

Per modulare la luminosità con MS-editor si utilizza la possibilità di accendere i LED usando un comando analogico PWM con valori che variano da 0 a 255.

Si prova ad accendere i tre LED con valori 25, 230 e 128 che si trovano pressapoco ad un decimo, a 9 decimi ed a metà dell'intervallo 0-255 con il codice:



L'oscillogramma della tensione sulla colonna 1 è il seguente:



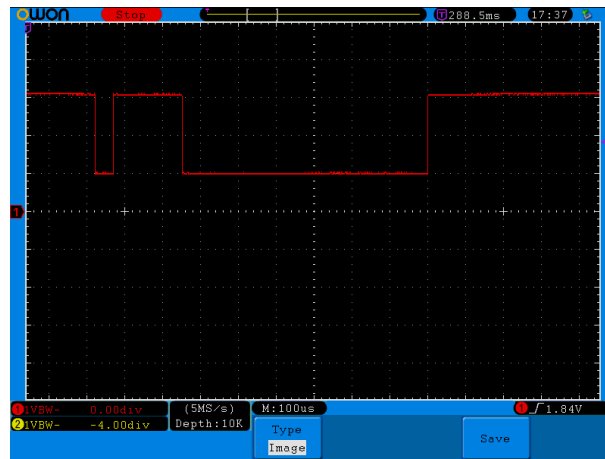
Dato il periodo di 18 ms (9 quadretti) un LED è acceso alla massima luminosità se l'impulso dura un terzo del periodo cioè 3 quadretti che equivalgono a 6 ms.

Nell'oscillogramma si vede che nessun impulso dura 6 ms, giustamente, in quanto nessun LED viene acceso al 100%.

Dall'oscillogramma sopra e da dettagli che si ricavano amplificando l'asse dei tempi si rileva che la durata della accensioni rispetto al totale rispetta le frazioni impostate (attenzione alla base dei tempi, non è la stessa fra i vari grafici).

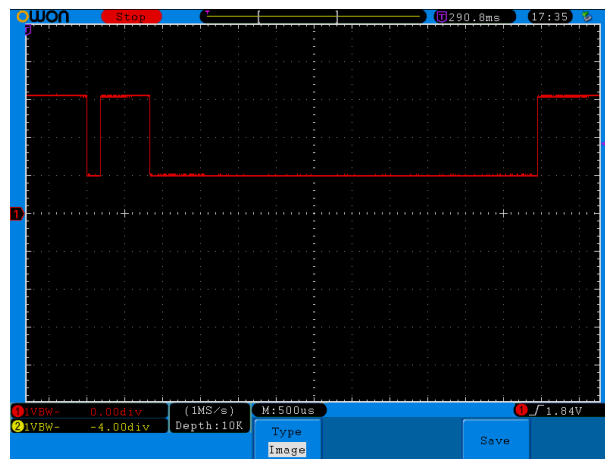
In particolare:

- il LED meno luminoso



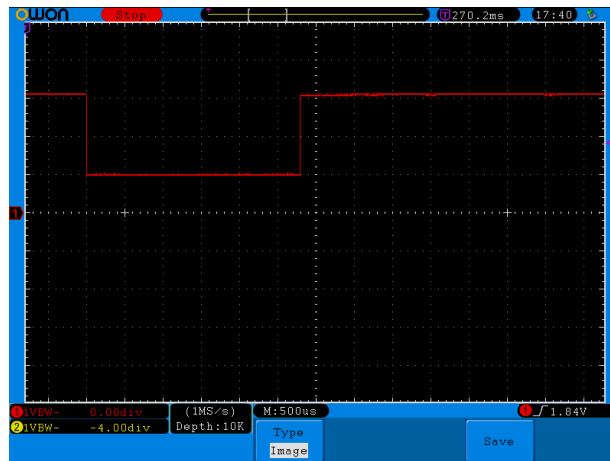
viene acceso per $50 + 650 = 700 \mu s$ su 6000 con un rapporto di PWM = 0,12;

- il LED più luminoso



viene acceso per $200 + 5200 = 5400 \mu s$ su 6000 con un rapporto di PWM = 0,9;

- il LED di luminosità intermedia

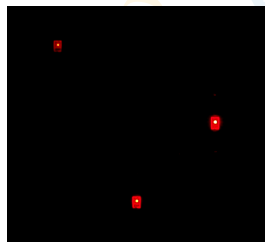


viene acceso per $2800 \mu s$ su 6000 con un rapporto di PWM = $0,47$

Al netto di possibili errori di misurazione, i rapporti di intermittenza corrispondono ai valori percentuali impostati nel codice.

Sensazione luminosa

Guardando il display

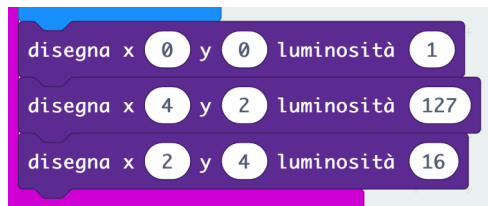


la sensazione luminosa percepita non corrisponde ai valori inseriti e comunque non a quelli attesi.

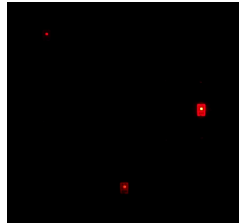
Il LED in alto, acceso con il valore 25 risulta molto più luminoso di quanto ci si possa aspettare con un PWM pari a un decimo e quello in basso acceso con 128 risulta appena meno luminoso di quello intermedio e non la metà del valore massimo.

La sensazione della luminosità non è proporzionale alla durata dell'impulso infatti: la percezione dell'intensità luminosa del sistema occhio-cervello non rispetta la relazione lineare; la sensazione non è direttamente proporzionale all'intensità luminosa.

Con questi comandi



si ottiene una sensazione più vicina a quella attesa del 10%, 90% e 50% come risulta dalla figura:



Le ultime due fotografie sono state ottenute con il codice



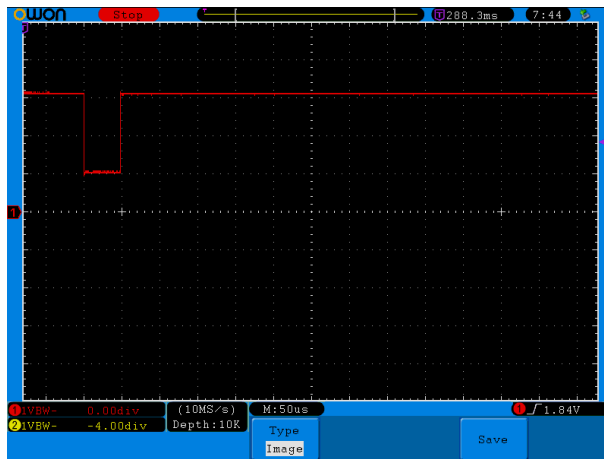
che concedeva tempo sufficiente per effettuare foto nelle stesse condizioni di ripresa ISO200, f16, 1/50) in modo da renderle confrontabili.

Il tutto corrisponde pressapoco a dover dimezzare l'intensità luminosa per avere una diminuzione della percezione sensoriale del 10%¹ come si fa con questa scala:

¹ Mi vengono in mente le scale logaritmiche e i decibel per quel che riguarda le sensazioni sonore.

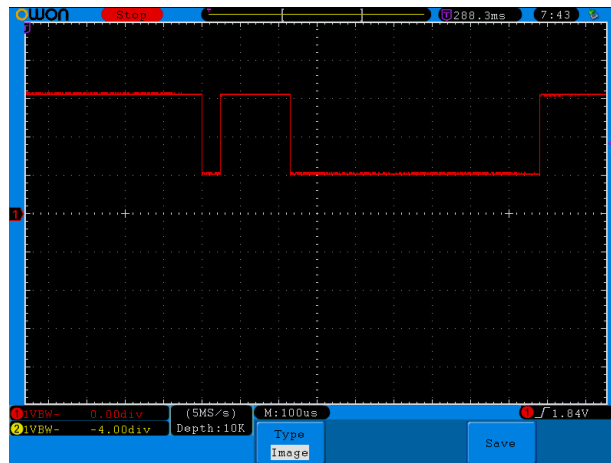
numero	duty cycle %	sensazione luminosa
255	100	massima
128	50	alta
64	25	minore
32	12,5	
16	6	metà
...		
1		minima

L'impulso di breve durata corrispondente al valore 1 di luminosità è:



con durata $45 \mu s$ e duty cycle $45/6000 = 0,7\%$.

L'impulso di corrispondente al valore di luminosità 25 è:



con durata complessiva $45 + 650 \mu s$ e duty cycle $695/6000 = 11,6\%$.

Con python

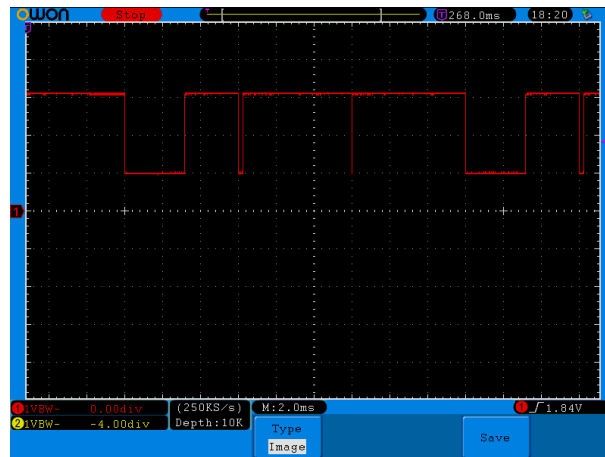
Con [Python editor for microbit](#) è stato realizzato lo stesso esperimento con il codice:

```
display.show(Image('10000:'
                   '00000:'
                   '00008:'
                   '00000:'
                   '00400'))
```

Il codice consente di inserire valori di luminosità compresi fra 0 e 9; il valore 0 corrisponde a LED spento ed il valore 9 corrisponde a LED acceso alla massima intensità.

L'esperimento riprende l'impostazione precedente attribuendo il valore 1 al LED più debole (10%), il valore 4 a quello intermedio (50%) e 8 a quello a luminosità quasi piena (90%).

Questo consente di individuare i tre diversi impulsi di accensione:



Il periodo di refresh è di 18 ms ed un impulso pieno corrisponde a 6 ms come apprezzato in precedenza usando MS-editor.

La durata dei singoli impulsi, che si presentano meno frammentati del precedente esperimento, è:

- $3200 \mu s$ che corrisponde a un duty cycle $3200/6000 = 53\%$;
- $240 \mu s$ che corrisponde a un duty cycle $240/6000 = 4\%$;
- $32 \mu s$ che corrisponde a un duty cycle $32/6000 = 0,5\%$.

quindi non in regola con le durate ed in effetti la sensazione corrisponde a quanto atteso.

La modulazione degli impulsi è ancora diversa da quanto impostato nel paragrafo precedente.