
Photon Counting

Uso di un PMT con la tecnica
del “Photon Counting”

Lodovico Lappetito

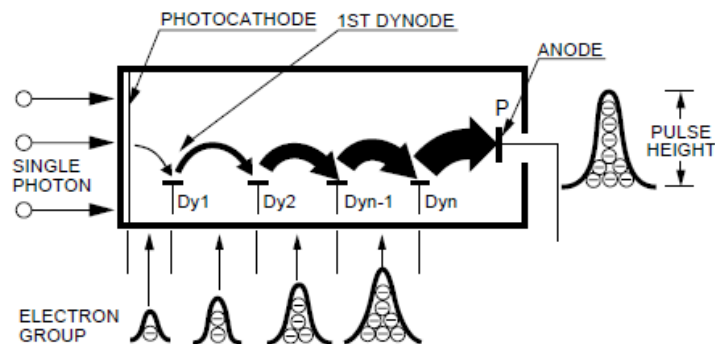
Sommario

La tecnica del “Photon Counting”	3
Fotomoltiplicatore	4
Specifiche del Fotomoltiplicatore.....	4
Setup Sperimentale	Errore. Il segnalibro non è definito.
Setup Sperimentale	6
Misure di Photon Counting.....	7

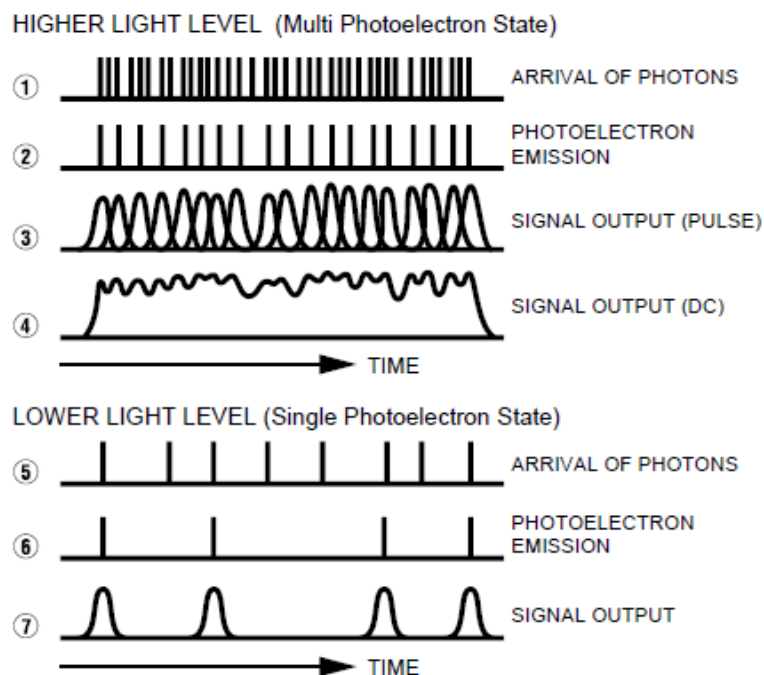
La tecnica del “Photon Counting”

Nella misura di segnali luminosi deboli, il limite ultimo di sensibilità è rivelare l’arrivo di singoli quanti di radiazione ottica nel visibile e nel vicino infrarosso, cioè singoli fotoni. Data l’esiguità dell’energia associata a un fotone è evidente la difficoltà insita in questa misura.

La rivelazione dei singoli fotoni può essere fatta con sensori a stato solido, ad esempio i fotodiodi a valanga (APD) oppure con fotomoltiplicatori (photomultiplier tube, PMT), nei quali tra catodo e anodo è interposta una sequenza di elettrodi, detti dinodi. Un elettrone emesso dal fotocatodo viene accelerato da una tensione di qualche centinaio di Volt e fatto incidere sul primo dinodo, provocando l’emissione secondaria di vari elettroni (normalmente da tre a cinque), che a loro volta vengono accelerati verso il secondo dinodo, dove provocano una nuova emissione di elettroni, e così via. Il numero di elettroni cresce esponenzialmente con il numero di dinodi utilizzati e l’amplificazione raggiunge valori anche maggiori di un milione. Il fattore di amplificazione è affetto da fluttuazioni statistiche che però, data la natura del meccanismo di amplificazione, sono piuttosto moderate.



I fotomoltiplicatori risultano assai utili sia come fotorivelatori analogici, dotati di elevata amplificazione interna, sia come rivelatori digitali di singoli fotoni, collegando all’uscita un circuito che, a partire dagli impulsi forniti dal rivelatore in risposta a singoli fotoni, generi impulsi adatti a essere trattati da circuiti di conteggio o di misura del tempo di arrivo.



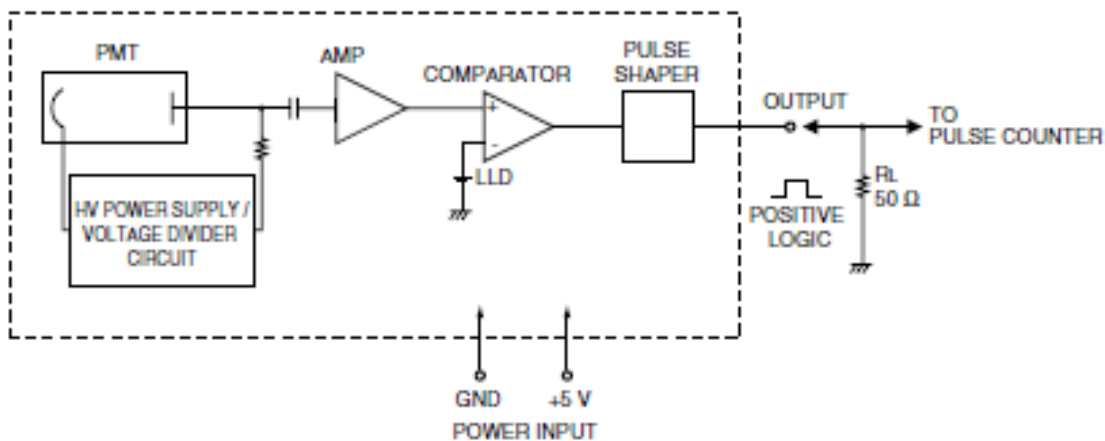
Fotomoltiplicatore



Come fotomoltiplicatore è stato utilizzato il modulo H7828 Hamamatsu, il quale contiene al suo interno un tubo fotomoltiplicatore da 19mm, il circuito ad alta velocità per il conteggio fotoni ed una sezione di alimentazione che fornisce l'alta tensione al tubo. L'alta tensione per il tubo ed il livello di soglia del discriminatore sono pre-settati al livello ottimale in modo da permettere il funzionamento del modulo semplicemente collegando l'alimentazione a +5V.

La risposta spettrale del fototubo va da 300nm a 650nm, il sensore è quindi adatto ad essere utilizzato nella gamma del visibile.

Block Diagram



Specifiche del Fotomoltiplicatore

Input Voltage : 4.5 – 5.5V

Peak Sensitivity Wavelength : 420nm

Dark Count : 200 eventi/s

Pulse-pair Resolution : 70ns

Output Pulse Width : 30ns

Output Pulse Height : 3.0V

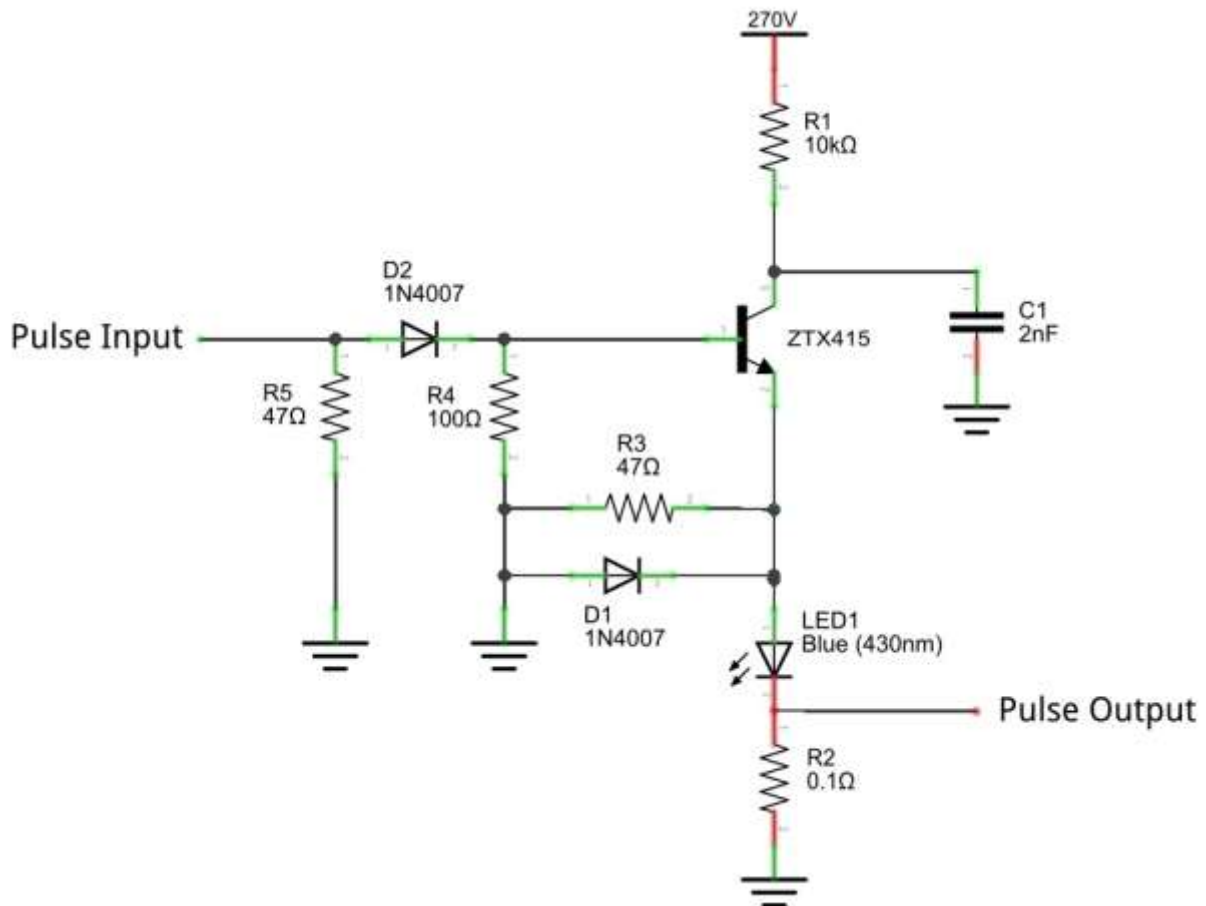
Load Resistance : 50ohm

Signal Output Logic : positive

Fast Pulser

Come sorgente luminosa è stato utilizzato un normale diodo LED (blu - UV) pilotato da un circuito per la generazione di impulsi ultra-brevi. Dallo schema si vede che il LED viene pilotato da un transistor a valanga ZTX415 polarizzato a 270V. La carica viene accumulata nel condensatore C1 e poi rilasciata in un tempo molto breve quando arriva un impulso alla base del transistor. Sulla resistenza R2, da 0.1ohm, può essere prelevato il segnale che corrisponde all'impulso di corrente che fluisce nel diodo LED.

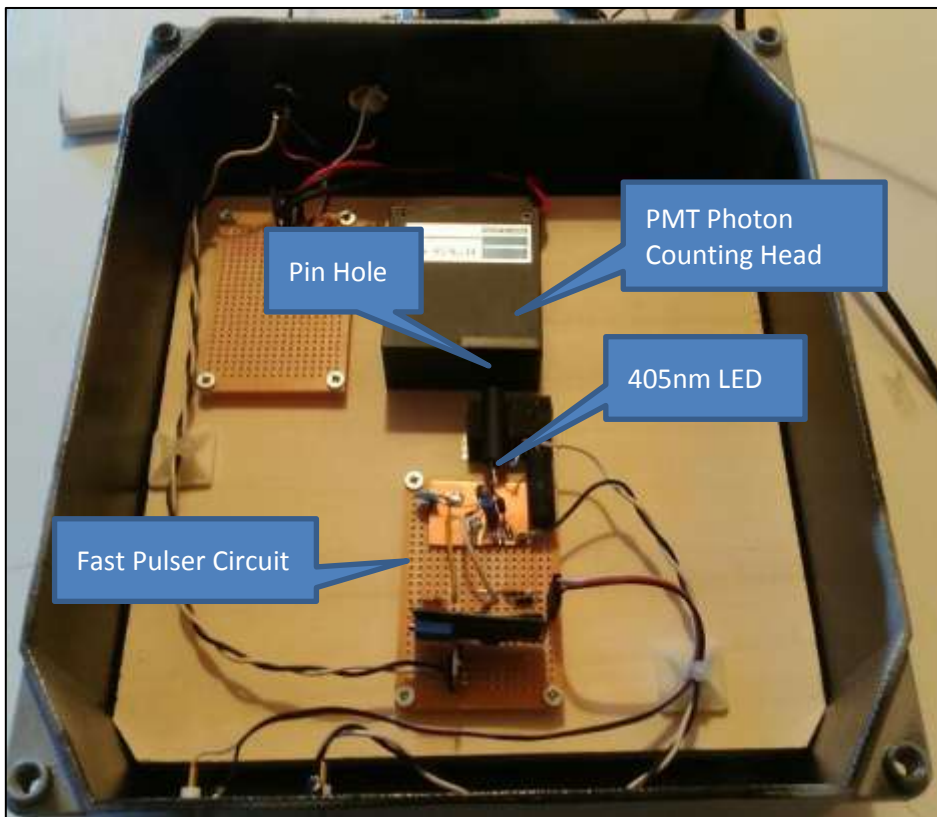
Nelle pagine successive si vede la traccia all'oscilloscopio dell'impulso di corrente : è uno spike da circa **10V** e una durata di **10ns**, quindi estremamente breve. Al fine di ridurre al massimo la durata dell'impulso è necessario mantenere minime le induttanze parassite del percorso seguito dalla corrente, in particolare la resistenza R2 ed i collegamenti tra C1, il transistor, il LED, R3 e D1. Questo si ottiene facendo collegamenti elettrici molto corti ed utilizzando una ampia area di massa. Le resistenze vanno inoltre scelte con bassa induttanza parassita.



Setup Sperimentale

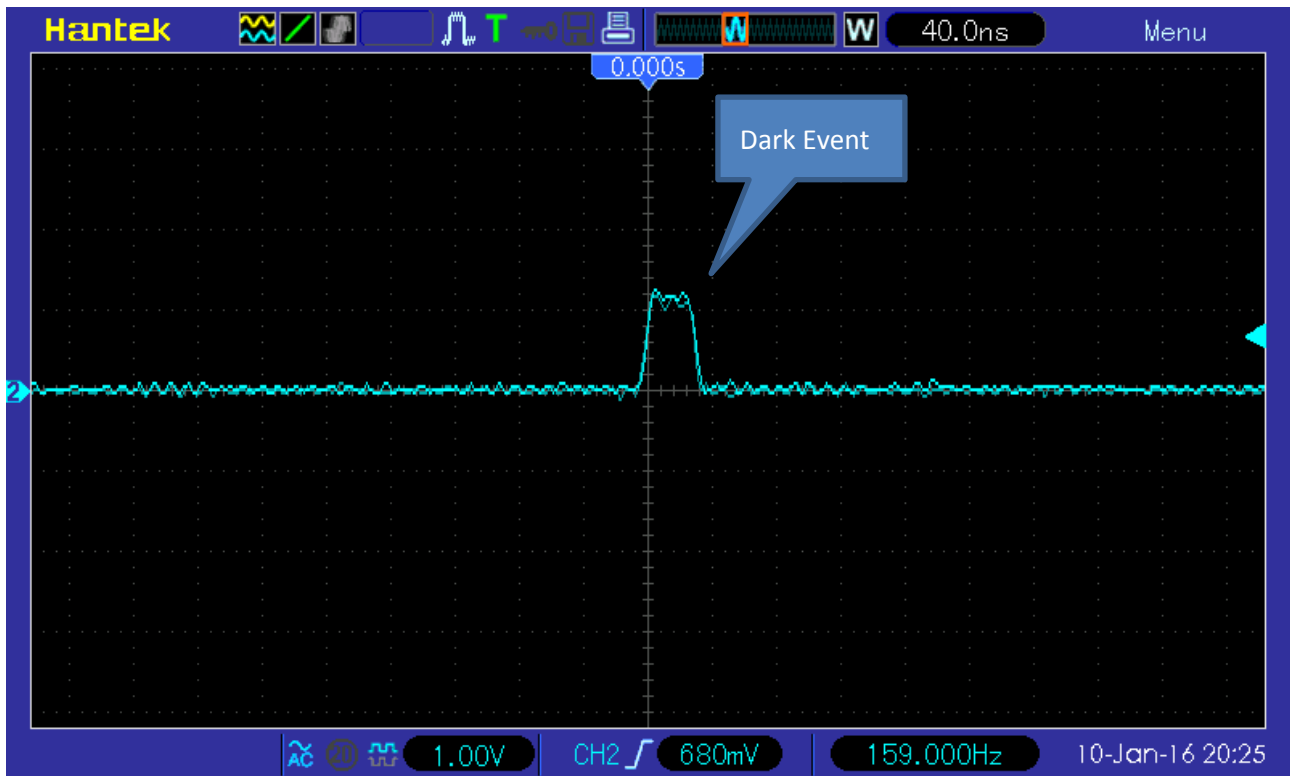


Vista esterna della "Counting Box"

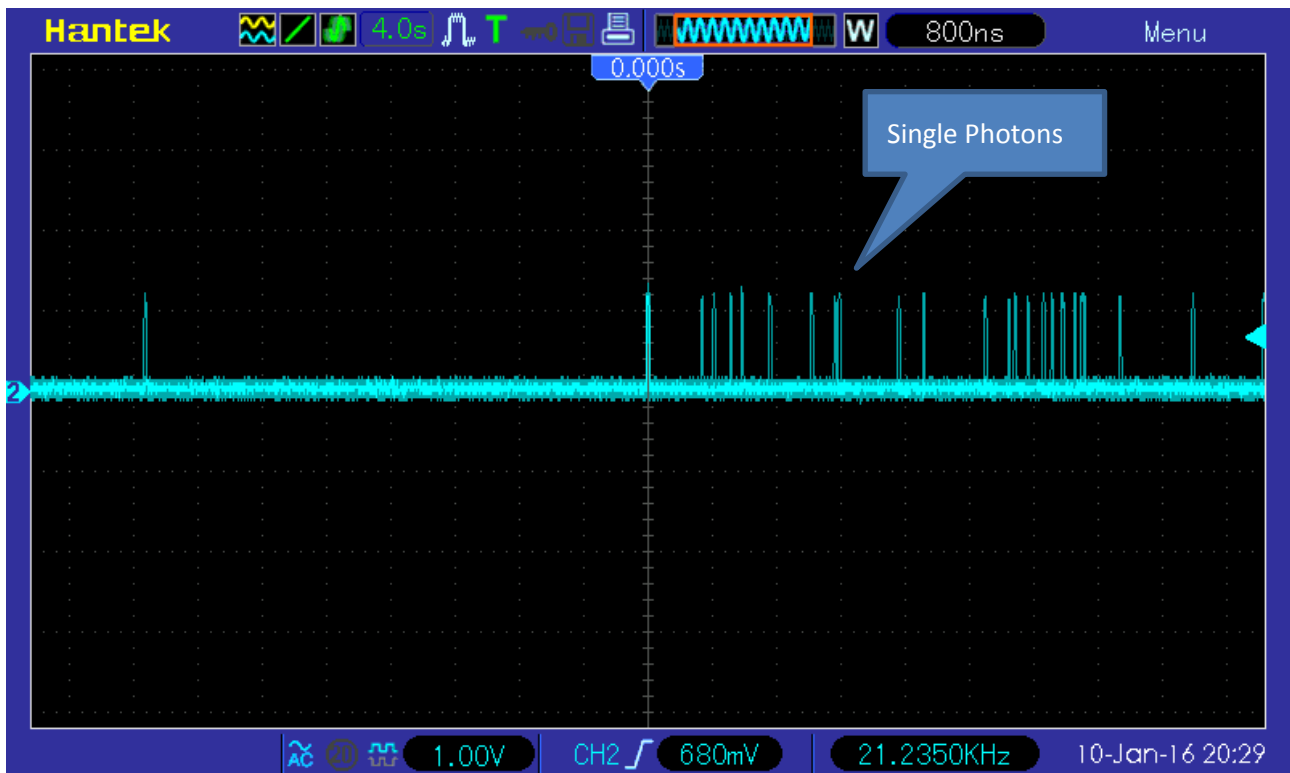


Vista interna della "Counting Box"

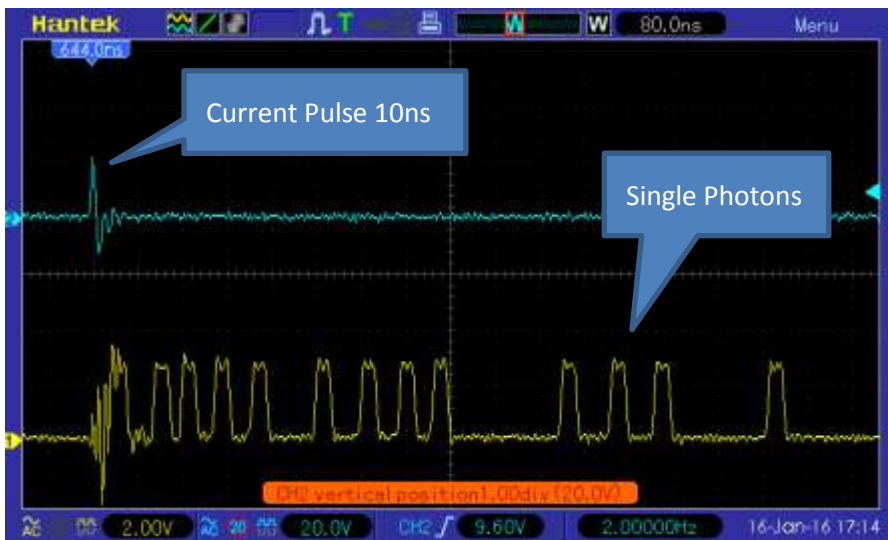
Misure di Photon Counting



Dark pulse – dark rate = 159 Hz ($T = 20^{\circ}\text{C}$)
dark rate = 50 Hz ($T = 0^{\circ}\text{C}$)

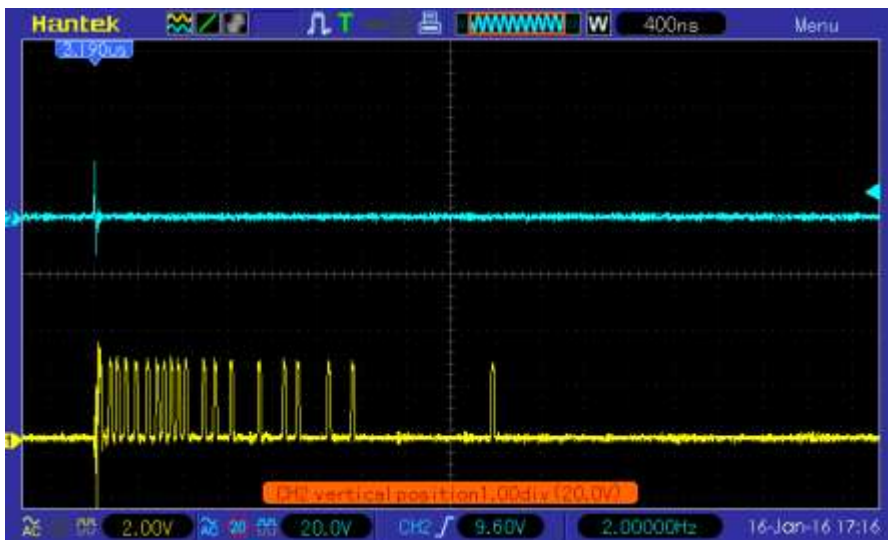


Pulses at low level light



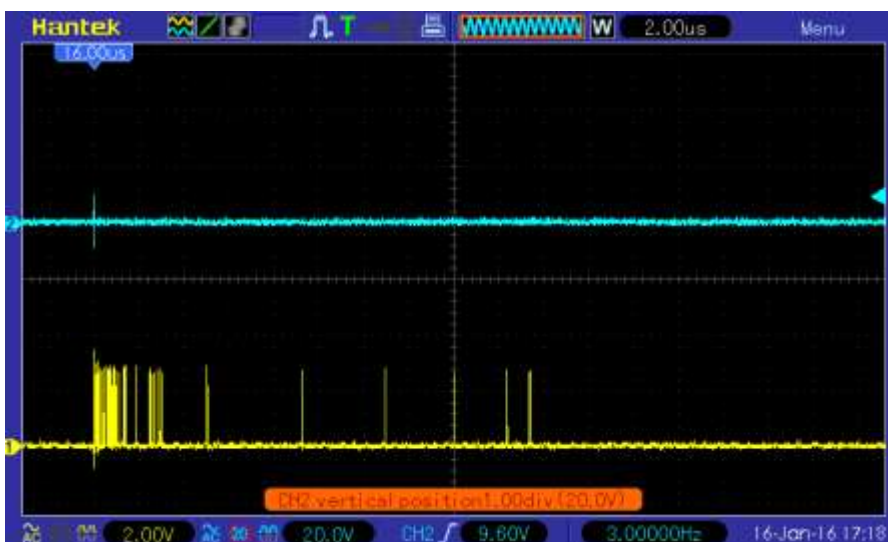
La traccia superiore blu mostra l'andamento dell'impulso di corrente che attraversa il LED. L'impulso, molto breve, ha una durata di circa **10ns**.

La traccia gialla inferiore è l'output del modulo contatore di fotoni. **Ogni impulso corrisponde ad un fotone** catturato dal fotocatodo del PMT.



Traccia dell'oscilloscopio estesa su di una durata temporale di qualche microsecondo.

Si nota come gli impulsi fotonici si estendano per circa due - tre microsecondi successivamente all'impulso di corrente.



Traccia dell'oscilloscopio estesa su di una durata temporale di qualche decina di microsecondi. Si nota come gli impulsi fotonici sono addensati in prossimità dell'impulso di corrente e vadano poi diradandosi dopo la prima fase iniziale : segno che il LED si sta spegnendo.