

QUARRO DEI DATI

$$\text{PD} \quad \eta = 50\% \quad \lambda = 620 \text{ nm} \rightarrow S_{\text{PD}} = \eta \frac{\lambda}{1,24} = 0,25 \frac{\text{A}}{\text{W}}$$

$$I_B = 1 \text{ pA}$$

$$S_{iB}^{1/2} = \sqrt{2q I_B} = 5,7 \cdot 10^{-4} \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$$

$$\text{PMT-S20} \quad \eta = 4\% \quad \lambda = 620 \text{ nm} \rightarrow S_{\text{PMT}} = \eta \frac{\lambda}{1,24} = 0,02 \frac{\text{A}}{\text{W}}$$

$$G \approx 10^7$$

$$\text{corrente di buia al catodo} \quad \mu_B = 50 \text{ el/s} \rightarrow I_B = q \mu_B = 8 \cdot 10^{-18} \text{ A}$$

$$S_{iB}^{1/2} = \sqrt{2q I_B} = 1,6 \cdot 10^{-18} \text{ A}/\sqrt{\text{Hz}}$$

$$\text{Carica} \quad R_L = 1 \text{ k}\Omega \quad C_L = 1 \text{ pF} \quad T_L = R_L C_L = 1 \text{ ns}$$

$$S_{iL}^{1/2} = \sqrt{\frac{4kT}{R_L}} = 4 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$$

Preamplificatore

$$S_{iA}^{1/2} = 1,5 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$$

$$S_{VA}^{1/2} = 1 \text{ mV}/\sqrt{\text{Hz}} \rightarrow S_{iA2}^{1/2} = \frac{S_{VA}^{1/2}}{R_L} = 1 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$$

Rumori dei circuiti

$$S_{ie} = S_{iL} + S_{iA} + S_{iA2} = (4^2 + 1^2 + 1^2) \frac{(\text{pA})^2}{\text{Hz}}$$

$$S_{ie}^{1/2} = 4,25 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}} \approx S_{iL}^{1/2}$$

a) Misura di singolo impulso con GI

- Fotocorrente $i_F(t) = I_F e^{-t/T_F}$, carica $Q_F = I_F T_F$

- Per raccogliere praticamente tutto il segnale usiamo $T_G = 5 T_F = 500 \text{ ns}$

- Tra le componenti di rumore costanti (non dipendenti da i_F) il rumore del circuito dominante

$$S_{i_c}^{1/2} = 4,25 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}} \gg S_{i_B}^{1/2} = 5,7 \cdot 10^{-4} \text{ A}/\sqrt{\text{Hz}}$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{GI} = \frac{I_F T_F}{T_G \sqrt{S_{i_c} f_a}} = \frac{I_F T_F}{S_{i_c}^{1/2} \sqrt{\frac{T_G}{2}}} = \frac{I_F}{\sqrt{\frac{S_{i_c}}{T_F}}} \sqrt{\frac{2 T_F}{T_G}}$$

$$Q_{Fmin} = I_{Fmin} T_F = S_{i_c}^{1/2} \sqrt{\frac{T_G}{2}} = 2,12 \cdot 10^{-15} \text{ C}$$

$$N_{Fmin} = \frac{Q_{Fmin}}{q} = 1,33 \cdot 10^4 \text{ elettroni}$$

Corrispondenti a impulso ottico con energia

$$E_{Pmin} = \frac{Q_{Fmin}}{S_{PD}} = 8,5 \cdot 10^{-15} \text{ J}$$

e numero di fotoni

$$N_{Pmin} = \frac{N_{Fmin}}{\eta_{PD}} = 2,6 \cdot 10^4 \text{ fotoni}$$

- Con il PD il rumore della fotocorrente risulta estremamente inferiore, pertanto il rumore non dipende a livello molto inferiore e quindi irrilevante.

b) Misura di singolo impulso con filtro ottimo

- Il rumore $S_{ie}^{1/2}$ è praticamente bianco rispetto al segnale $i_F(t) = I_F e^{-t/T_F}$

- Funzione peso ottimale $w_{opt}(t)$

$$w_{opt}(t) = \frac{1}{T_F} e^{-t/T_F}$$

con banda di rumore $f_n = \frac{1}{4T_F}$

$$- \text{Segnale} = \int_0^{\infty} i_F(t) w_{opt}(t) dt = \frac{I_F}{2}$$

$$- (\text{rumore})^2 = S_{ie} f_n = S_{ie} \frac{1}{4T_F}$$

$$\left(\frac{S}{N} \right)_{opt} = \frac{I_F \sqrt{T_F}}{\sqrt{\frac{S_{ie}}{T_F}}}$$

$$Q_{F,opt} = I_{F,opt} T_F = S_{ie}^{1/2} \sqrt{T_F} = 1,34 \cdot 10^{-15} \text{ C}$$

$$N_{F,opt} = \frac{Q_{F,opt}}{q} = 8,4 \cdot 10^3 \text{ elettroni}$$

- Il filtraggio con il circuito $T_a = 5 T_F$ risulta deficiente all'ottimo per un fattore $\sqrt{\frac{T_a}{2T_F}} = \sqrt{\frac{5}{2}} = 1,58$

- Per migliorare il risultato ottenuto con G1 si può scegliere meglio T_a , in modo da ottimizzare (S/N)

$$\left(\frac{S}{N} \right) = \frac{I_F (1 - e^{-T_a/T_F})}{\sqrt{\frac{S_{ie}}{2T_F}} \sqrt{\frac{T_a}{2T_F}}} = \left(\frac{S}{N} \right)_{opt} \frac{1 - e^{-T_a/T_F}}{\sqrt{\frac{T_a}{2T_F}}}$$

12/07/2010

P1-4

numericamente si trova che il max è per $\frac{T_G}{T_F} \approx 1,25$

$$\max \frac{1 - e^{-T_G/T_F}}{\sqrt{\frac{T_G}{2T_F}}} \approx \frac{1}{1,11} = 0,899$$

quindi usando $T_G = 1,25 T_F$ il risultato ottenibile con GI è inferiore all'ottimo di un fattore ridotti a 1,11 -

c) Misura di impulsi ripetitivi e frequenza $f_F = 1 \text{ KHz}$

- Numero circolare tra i vari impulsi!
- Eseguendo somme (o medie) di misure su N impulsi il segnale cresce di un fattore N il rumore quadratico cresce di un fattore N il $\frac{S}{N}$ cresce di un fattore \sqrt{N}
- N impiegabile limitato dal valore di N su tempi intensità di fluorescenza $T_V = 10^{-5}$
$$N \leq f_F T_V = 10^4$$
- Per ottenere il fattore di miglioramento massimo ottenibile $\sqrt{N}_{\max} = 100$
- Realizzazione delle somme (o medie) è possibile con sistemi analogici (boxcar e simili) e digitali (conversioni AD di ogni misura GI e successiva elaborazione numerica) -

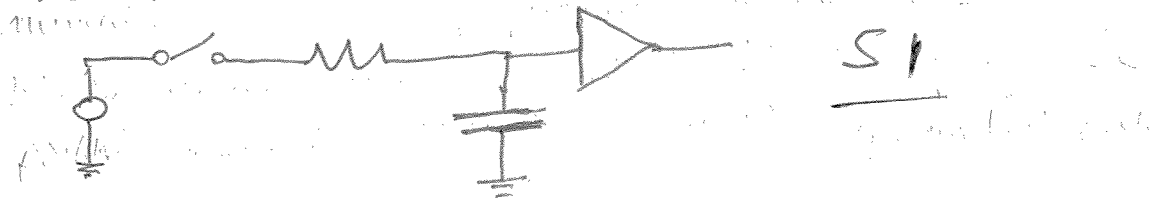
12/07/2010

(P1-5)

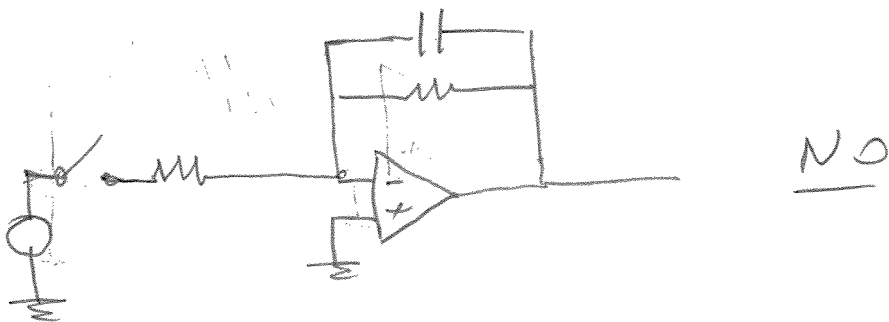
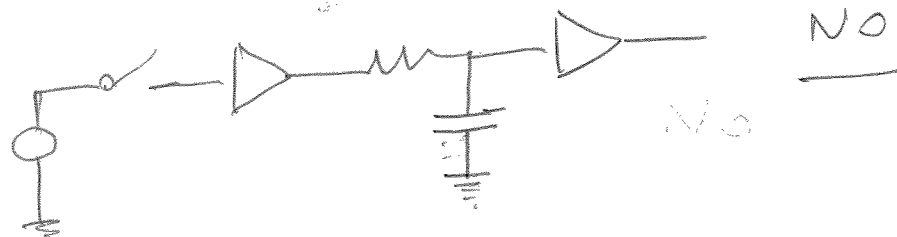
di segnali

Se la frequenza f_r di ripetizione è soggetta a variazioni il sistema di medie (o somme) deve avere una uscita dipendente NON da f_r , ma solo dall'ampiezza dei segnali.

Ve bene un boxcar



Non vanno bene schemi basati sui gate seguito da filtri passabasso e parametri costanti.



d.) Situazioni nelle misure con PMT

- Tra le componenti di rumore costanti (cioè non dipendenti dalle fotocorrenti) domina quella delle correnti di buio I_B poiché il guadagno elevato G del PMT fa parte a livello superiore al rumore dei circuiti.
- Il tempo di acquisizione T_a è breve e pertanto la fotocorrente misurabile massima è limitata dalle sue fluttuazioni (≈ 1 elettrone in T_a) risulta molto maggiore di I_B .
In queste condizioni il rumore di I_B risulta inferiore a quello delle fotocorrenti.
- Quando si sommano le misure su N impulsi il tempo di misura complessivo cresce di un fattore N e di altrettanto diminuisce la massima corrente misurabile.
Quando però NT_a diviene tale che le fluttuazioni di I_B divengono > 1 elettrone in NT_a , risulta dominante le fluttuazioni di I_B e quindi il miglioramento va ora con il fattore \sqrt{N} .
- Le fluttuazioni statistiche del guadagno G del PMT produca un aumento dei valori quadratici medi del rumore del PMT per un fattore F modesto, normalmente $F \approx 1,5 \div 2$.