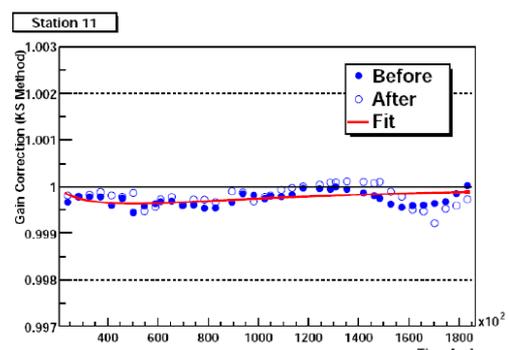
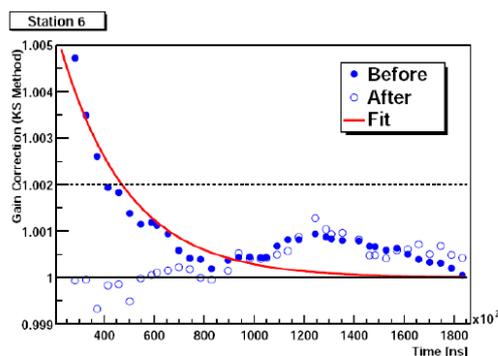


Documento lavoro e risposte referee G-2 V1-11-11-13

- **Requirement precisi di stabilita` DeltaG/G del sistema con motivazioni:**

N.B.: consideriamo nel seguito la stabilita' per le fluttuazioni di guadagno short term, ossia all'interno dell'intervallo di misura del fill (0-700 μ s).

Ricordiamo che nel precedente esperimento il guadagno veniva monitorato (e corretto) attraverso il metodo dell'endpoint (vedi documento **risposta_referee_v2.pdf**). Questo metodo risentiva delle sistematiche del pileup e delle fluttuazioni di guadagno che dovevano essere corrette separatamente, attraverso una procedura iterativa. Una volta corretto per il pileup, variazioni dell'ordine dello 0.1-0.2% (in media) erano osservati sul guadagno (nei primi 600-700 μ s), e corretti tramite una procedura di fit. L'errore sistematico associato a queste correzioni era dell'ordine di 0.1 ppm, ottenuto (vedi tesi di Fred Gray) nel seguente modo: veniva valutata l'incertezza su queste correzioni (in questo caso il 40%) e moltiplicata per la dipendenza di ω_a dal guadagno ($\Delta\omega_a/\Delta G \sim 0.2$ ppm). Il tutto traslava in 0.1 ppm. Questo metodo e' stato utilizzato anche nell'analisi dei dati successivi (vedi per esempio tesi di Chris Polly) che otteneva un valore leggermente migliore: 0.06 ppm (che poi diventava 0.12 ppm nella pubblicazione finale, una volta considerate varie analisi con sensibilita' diverse).



Possiamo sintetizzare che correzioni dell'ordine dello 0.1-0.2% conosciute al 40% danno un'incertezza dell'ordine di 0.06 ppm.

Questo e' in accordo con quanto atteso dalla simulazione per cui variazioni "lineari" di guadagno dello 0.2% shiftano ω_a di 0.1ppm.

Seguendo queste considerazioni si stima che per poter raggiungere **0.02 ppm** nel nuovo esperimento le fluttuazioni di guadagno dovranno essere conosciute allo **0.04%**. Questo goal "ultimo" potrebbe essere raggiunto in maniera graduale avendo come primo passo il raggiungimento dello **0.1%** nel controllo delle fluttuazioni di guadagno. Sottolineiamo che un tale risultato, ottenuto con il solo laser, non risentirebbe comunque degli effetti di pileup e permetterebbe quindi un cross-check indipendente della procedura dell'endpoint.

- **la strategia per ottenere la precisione necessaria all'esperimento**

La strategia che vorremmo seguire si basa sul raggiungimento di un primo risultato di un monitoring allo 0.1% e un incremento successivo in accuratezza per raggiungere lo scopo dello 0.04%.

A tal proposito ricordiamo che quando si parla di monitoring allo 0.1% si intende l'accuratezza (statistica e sistematica) su singolo punto di calibrazione in un intervallo di tempo dell'ordine di 30' (composto da tanti fill di 2 ms), che e' il tempo caratteristico di un run di calibrazione.

Per quanto riguarda l'errore **statistico** pensiamo di raggiungere lo 0.04% per singolo punto impulsando il laser insieme agli eventi di fisica ad un rate di $\sim 10\text{kHz}$ ($\% \text{Pileup laser}_{\text{fisica}} < 10^{-4}$). Questo corrisponderebbe a 1 evento ogni 100 ms, ossia 7 eventi tra 0 e 700 ms. Spostando opportunamente il t_0 del laser da fill a fill, e' possibile campionare la curva di guadagno $G(T)$ nei 700 ms con circa 100 punti. Ciascun punto avrebbe ~ 1500 impulsi laser che permetterebbero di raggiungere il goal statistico dello 0.04% per punto.

Per quanto riguarda gli effetti **sistematici**, i principali da considerare sono:

- Deriva/fluttuazioni di guadagno del sistema di monitoring/elettronica associata, ecc... al meglio di 10^{-4} ;
- Stabilita' spaziale e temporale del laser e del sistema di distribuzione (in particolare la perdita' di uniformita' in tempo) al meglio di 10^{-3} ;

Per quanto riguarda la stabilita' del sistema di monitoring, si pensa (vedi paragrafo successivo) ad un sistema ridondante costituito da 2-3 pin diodes per ciascun punto di monitoraggio con un sistema di amplificazione a basso rumore stabilizzato in temperatura. Ad oggi non e' ancora chiaro se mandare l'uscita dei pin diodes ad un integratore di carica o a un gigasampler commerciale o direttamente al WFD che legge ciascun SiPM. Naturalmente i test programmati serviranno a definire questa scelta. Per controllare la risposta del monitoring si utilizzerà una sorgente radioattiva incorporata in un cubetto di NAI, come descritto nel prossimo paragrafo. Si pensa inoltre di studiare la stabilità in guadagno del sistema di monitoraggio con tecnica eterodina (vedi paragrafo sulla sorgente).

La stabilità (spaziale e temporale) della sorgente e del sistema di distribuzione sono delle possibili cause di errore sistematico nel caso in cui il monitoring non “segua” queste variazioni. Per questo sarà importante confrontare il segnale del monitoring con il segnale del laser in ogni punto di distribuzione al variare dell'intensità del segnale. Sarà inoltre importante monitorare l'uniformità in tempo dei segnali in ogni punto di distribuzione e ai sipm, soprattutto nel caso in cui con un singolo segnale si monitori un insieme di canali, come all'uscita della sfera (nel caso del “Pisa Frame” questo effetto è meno importante in quanto si monitora essenzialmente ogni canale). Infine sarà importante valutare gli effetti legati a possibili spostamenti meccanici, termici, ecc... La stabilità del sistema di calibrazione si potrà studiare in laboratorio sia all'interno del tempo caratteristico del fill (0-700 ms) impulsando il laser al MHz, sia nel tempo caratteristico del run di calibrazione (~30') impulsando il laser a ~10kHz (vedi anche il paragrafo sull'elettronica di comando del laser).

- **Monitor**
- **come si utilizza il monitor e quale precisione dovete ottenere per il sistema di monitor;**

Viene monitorato il rapporto dei segnali dei SiPM generati dal laser a quelli corrispondenti nei monitor. Come descritto sopra, la precisione che si vuole ottenere è 10^{-3} in una prima fase per poi puntare al goal ultimo di $\sim 10^{-4}$ (su un periodo di ~30').

- **come pensate di controllare la stabilità del sistema di monitor durante l'esperimento e quali sono i parametri che vanno tenuti sotto controllo (alimentazioni, temperature, altro);**

Nella progettazione di un monitor, vi sono due elementi da considerare:

- 1) La stabilità assoluta della risposta del monitor (relativa a temperature, spostamenti, stress meccanici, stabilità del fascio laser, etc)
- 2) La stabilità nel rapporto della risposte dei segnali da monitorare e quella dei monitor .

Alcuni degli effetti che influiscono sulla stabilità del monitor (es., in particolare, la stabilità del laser) influiscono anche sulla risposta dei fotorivelatori da monitorare. Questi verrebbero eliminati nel rapporto tra la loro risposta e quella del monitor. Quello che si deve monitorare al 0.1% (per poi passare allo 0.01%) è questo rapporto ma è chiaro che la stabilità della risposta del monitor relativa ad effetti particolari a se stesso (es. temperature, stress meccanici, stabilità dei propri fotorivelatori – i PIN

diodes in particolare) deve essere assicurata allo stesso livello di precisione. La stabilità del monitor viene controllata dai segnali generati in ogni monitor dal proprio "impulsatore" (Am241+NaI). Rapporti tra i segnali generati dallo stesso laser in diversi monitor forniranno informazioni aggiuntive relativa alla stabilità dei monitor. La temperatura verrà monitorata dai termistori incorporati in ogni monitor al fine di evidenziare sistematiche. Lo stesso discorso vale per le tensioni di bias.

- **avete ridondanza sul sistema di monitor ?**

Sì, pensiamo a 3 diodi PIN per ciascun punto di monitoring.

- **tipo di elettronica adottata per la lettura e caratteristiche richieste;**

Il sistema di misura che proponiamo, presenta diversi elementi di complessità e necessita di uno studio dettagliato per la selezione della componentistica. Questo in particolare riguarda l'elettronica di lettura del monitoring che va scelta tra soluzioni commerciali e schede tipo Gigasampler, WDF usati per la lettura dei SiPM, o schede di tipo "custom".

Qui sotto presentiamo uno sviluppo di una possibile scheda di amplificazione, con le seguenti specifiche:

- Rivelatore candidato, Diodo PIN (modello da definire)
- Accuratezza di misura dell'ordine del ‰
- Risoluzione del campionatore 16Bit
- Stabilità a lungo termine, meglio del ‰
- Rate previsto del LASER 10Khz
- Preamplificatore in carica, sensibilità 100mV/pC
- Banda passante del preamplificatore, 200Mhz
- Dinamica del campionatore < 2.5V
- Campionatore ultraveloce a 16 Bit
- Processore ARM-M3
- Protocollo di comunicazione previsto con l'utente, ETHERNET
- Trasferimento completo dei Dati su pagina Web
- Compensazione automatica della temperatura accuratezza 0.1°C

Architettura del sistema

Il sistema in questione è costituito da un rivelatore Si PIN photodiode, il cui candidato potrebbe essere Hamamatsu, seguito da un preamplificatore di carica necessario a compensare la capacità del Si PIN, la quale cambia, ed è funzione della tensione inversa applicata.

In questo momento non è chiaro se utilizzare un'architettura a costante fissa di scarica, oppure con tecnica di reset tramite switch, in quanto richiede uno

studio profondo dell'intero sistema, comunque le due strade portano allo stesso risultato finale, con qualche piccola ma importante variazione.

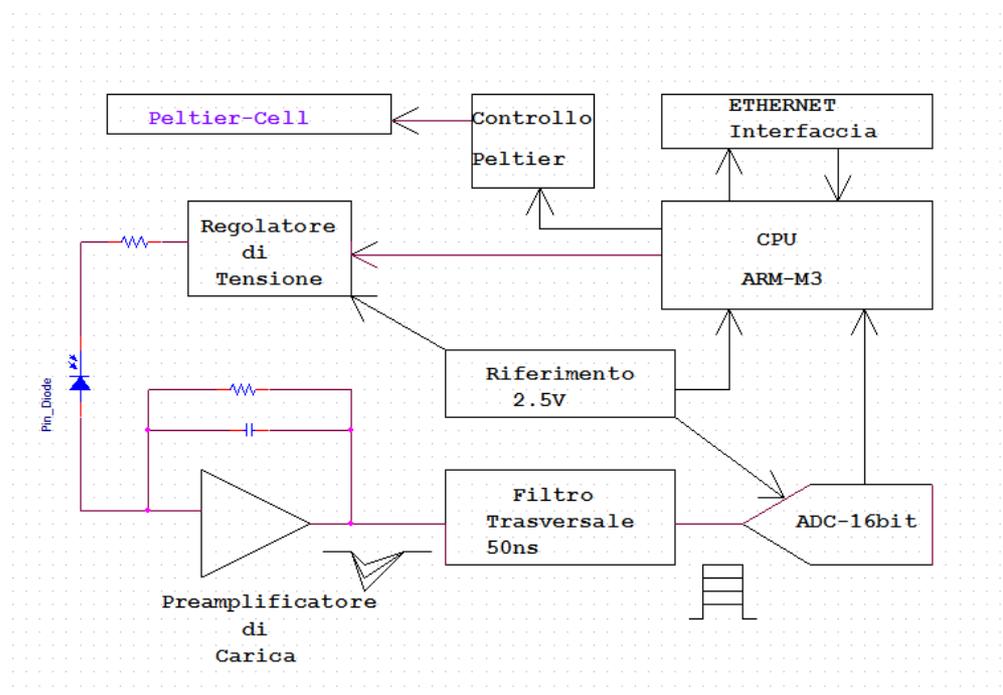
L'uscita del preamplificatore di carica è una tensione a forma di triangolo, così com'è, è poco utile per campionare ad istanti precisi, per cui si pensa di seguire con uno stadio detto filtro trasversale, il quale contiene il polo zero compensazione e trasforma la carica in un rettangolo con tempi alla base di circa 50ns, la cui ampiezza varia linearmente con la carica.

L'ampiezza di uscita verrà letta in tensione, con una accuratezza di 16bit, la velocità del campionatore sarà decisa in seguito.

L'intero sistema sarà controllato da un processore ARM-M3, necessario alla lettura dell'ADC e alla sottrazione del piedistallo, nonché prevedere con apposito algoritmo la linearizzazione dei campioni letti. Inoltre dovrà provvedere a trasferire i dati della carica e dello slow-control via protocollo Ethernet, e di compensare le temperature dell'intero sistema con apposita cella Peltier.

Il sistema prevede la generazione di un trigger di uscita in corrente "standard NIM".

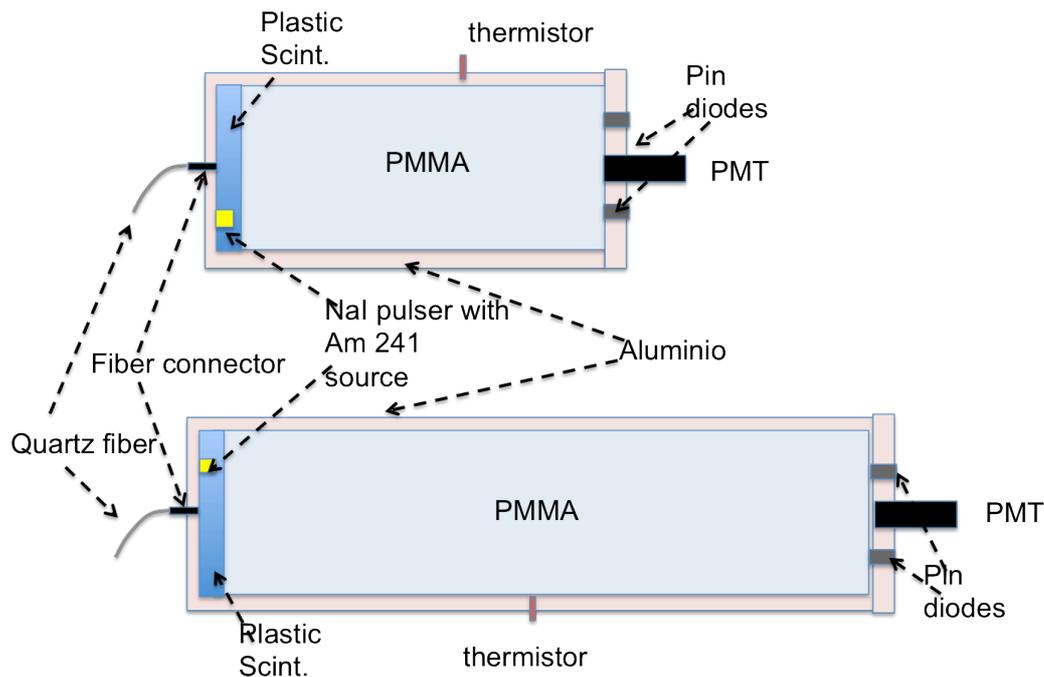
Per progettare il sistema definitivo sarà necessario effettuare alcuni test, per esempio: realizzare il preamplificatore con il filtro ed acquisirlo con un oscilloscopio digitale, per poter studiare la fattibilità dell'intero sistema. Per cui bisognerà progettare e realizzare alcuni prototipi di circuiti stampati multistrato ed acquistare dei componenti sia attivi che passivi, prima di poter progettare il sistema finale, che sarà dotato di una meccanica autonoma.



Programma di lavoro sul Monitoring (TS/UD)

Per quanto riguarda i monitor, il nostro obiettivo da qui a fine d'anno sarebbe quello di stabilire i limiti di stabilita' di monitor abbastanza semplici.

A questo fine abbiamo avviato la costruzione di un paio di monitor ispirati da ATLAS:



Al fine di monitorare la stabilita' dei singoli monitor e' utile avvalersi di sorgenti radioattive ma questo si puo' solo fare a costo di introdurre amplificazione elettronica (assieme alla propria instabilita') del segnale. Si configurano dunque i nostri monitor con piccoli cristalli di NaI ("NaI pulsers") che incorporano piccolissima quantita' di Am241 (5-10 cts/sec) e un PMT del Hamamatsu (H5783) (con "cockroft - walton" generatore di HV incorporato) per la rilevazione dei relative segnali. La stabilita' del PMT potra' essere monitorata separatamente collocando un NAI pulser a contatto con con i PMT.

I segnali generate dai "NAI pulsers" potranno anche essere rilevati anche dai PIN diodes, con opportuna amplificazione (vedi sopra) ma, in un primo approccio, eviteremo di amplificare i segnali dei PIN diodes al fine di separare la stabilita' di amplificazione dagli altri effetti (soprattutto operando ad intensita' di laser elevate).

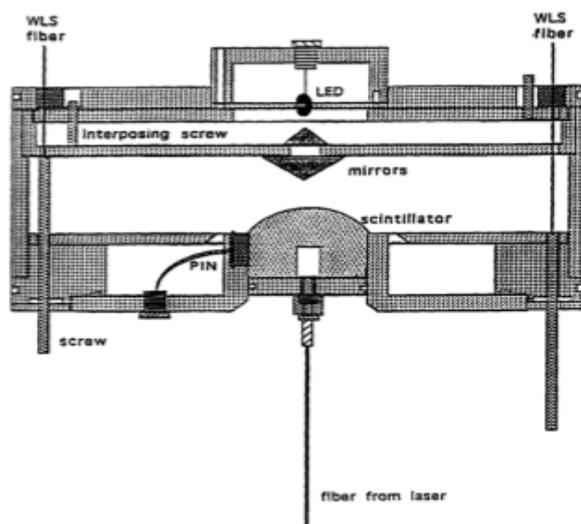
La luce di un laser impulsato (larghezza~ qualche ns) verra' "splittata" tra i due monitor. Eccitera' lo scintillatore plastico in entrata al monitor e le relative scintillazioni verranno rilevata dai fotosensori (PIN e PMT). Le temperature del

monitor verranno monitorate dai termistori. Alternativamente, si puo' trasmettere la luce di un laser con lunghezza d'onda piu grande che verra' trasmessa dallo scintillatore. Disponiamo per ora solo di un laser impulsato a picosecondi nel rosso (anziche nel blu) ma dovrebbe essere comunque idoneo allo studio.

Monitorando il rapporto tra le risposte dei monitor potremmo studiare l'effetto di fluttazioni nell'intensita' del laser e gli effetti di variazioni nel processo di "beam splitting" o trasporto da parte delle relative fibre.

Collocando un monitor all'interno di una camera climatica e l'altro all'esterno potremmo studiare gli effetti di temperatura.

Gli stessi confronti possono essere fatti con uno dei distributori/monitor congegnati per CDF:



La distribuzione ed il monitoraggio sono integrati in questo sistema. Il monitoraggio della stabilita' del laser viene fatto dallo scintillatore centrale, che viene illuminato dalla luce laser trasmessa dalla fibra. La scintillazione cosi' generata viene letta da 3 PIN diodes (dei quali si vede solo uno nello spaccato)

Con l'uso di questi, potremmo anche distribuire la luce a dei SiPM. Potremmo anche indagare la possibilita' di modificare questo sistema in base alle esigenze di g-2. Quando gli amplificatori saranno pronti, potremmo integrarli al sistema per amplificare i segnali dei PIN.

Per lo splitting del fascio laser disponiamo, per ora, di splitter ottici convenzionali ma pensiamo di acquistare al piu' presto una "integrating sphere" e dei semplici splitter a fibra

Possibile schedule temporale lavoro Monitoring (TS/UD):

1) da qui a fine 2013

Con l'attivitа' descritta sopra, speriamo arrivare a fine d'anno con una prima

idea riguardo la progettazione di un prototipo di monitor in grado di soddisfare le nostre esigenze.

2) Nel primo quarto del 2014

Prevediamo di integrare lo studio con il sistema di amplificazione ed il laser a cura di Trieste ed arrivare ad un prototipo di Monitor.

3) Entro la fine del 2014

Costruzione e test del prototipo e configurazione di un sistema laser/monitoring per integrazione con distribuzione (Frascati) ed elettronica (Napoli).

• Stazione di semiautomatica di controllo dei SiPM

Lo sviluppo della stazione di controllo procede. Questo lavoro non è soggetto alla stessa urgenza di cui sopra.

Attualmente siamo in grado di svolgere delle caratterizzazioni statiche (curve I/V) in camera climatica. L'intera misura viene gestita da LabView. Da qui a presto verrà integrata al programma, la misura di dark count.

Misure dinamiche, es. guadagno, pulse shape, e timing vengono ancora fatte manualmente e si sta' facendo uno studio comparative tra i SiPM della FBK, i MPPC dell'Hamamatsu ed altri produttori (e.g. Sensl).

Si stanno integrando dei digitizzatori veloci (DRS) al fine di incorporare le caratterizzazioni dinamiche al programma per una gestione semiautomatica in camera climatica.

Utilizzeremo questa attrezzatura assieme ai monitor per studi di stabilità e "pileup" comparative. Dalle prime misure risulta che i nuovi prodotti della FBK sono competitive con quelli dell'Hamamatsu.

Trasmissione ottica

• caratteristiche necessarie al sistema ottico:

- Le principali caratteristiche necessarie al sistema ottico sono:
 - Alta sensibilità e stabilità del sistema di monitoring che deve essere posizionato nei punti di distribuzione della luce (per es. in corrispondenza di ogni sfera), come descritto nel paragrafo precedente
 - Alta efficienza e stabilità e uniformità della luce trasmessa
 - Ridondanza

Inoltre dal momento che il laser e l'elettronica di controllo devono essere posizionate al di fuori del ring (per evitare perturbazioni al campo magnetico) si dovrà disporre di fibre di lunghezza di ~20 metri per portare la luce del laser al primo punto di distribuzione.

- **uniformità di risposta necessaria al variare della posizione del fascio laser;**

Come detto nella sezione sul monitoring, avendo a disposizione un sistema di monitoring molto sensibile e "pronto" si dovrebbe essere indipendenti da variazioni in tempo e di posizione del fascio laser. Queste variazioni devono comunque precauzionalmente essere controllate al meglio del per mille. Inoltre utilizzando come elemento diffusivo una sfera è probabile che la luce rimanga uniforme anche per variazioni della posizione del fascio laser. Naturalmente test in laboratori verranno fatti per quantificare queste considerazioni.

- **necessità di stabilizzazione meccanica del sistema;**
- sarà necessario stabilizzare meccanicamente il sistema per evitare possibili variazioni di intensità o funzionamento del sistema locali non opportunamente monitorate.

Programma di lavoro sulla trasmissione ottica (LNF/RM2)

Le misure da svolgere nei laboratori di Frascati riguardano la caratterizzazione della sfera integratrice, elemento basilare del sistema di routing. Tali misure, da svolgere nel giro di un semestre, dovrebbero definire l'idoneità delle sfere integratrici e gli eventuali limiti operativi di tale strumento di routing del segnale di calibrazione. Inoltre, tali misure dovrebbero dare indicazioni sulle dimensioni della sfera, visto che il diametro della sfera influenza le caratteristiche dell'uscita (attenuazione, allargamento ed uniformità dell'uscita).

Le misure riguardano la determinazione sperimentale dei parametri rilevanti:

- A) Coefficiente di attenuazione; B) allargamento temporale degli impulsi; C) uniformità radiale dell'intensità alla finestra di uscita.

- A) **Coefficiente di attenuazione.** Il segnale laser inviato alla finestra di ingresso si ritrova attenuato alle finestre di uscita. Misure preliminari hanno mostrato che l'attenuazione probabile ha un ordine di grandezza che si aggira sul 50%, di conseguenza nelle misure verrà considerato

trascurabile il rumore e le derive dell'intensità del laser. La misura di attenuazione verrà effettuata in presenza di un bundle di fibre collegato ad una finestra di uscita della sfera integratrice, in condizioni analoghe a quelle progettate per il sistema di routing definitivo, misurando il segnale in uscita da ognuna delle fibre del bundle. Il sistema di misura sarà costituito da un fotodiodo, scheda di amplificazione e sistema di acquisizione dati. Tutti i componenti avranno caratteristiche idonee all'utilizzo nel sistema finale, quindi con risposte spettrali e tempi di risposta compatibili con un impulso di 1 ns di durata a 420 nm di lunghezza d'onda. In particolare, il sistema di acquisizione dati basato sulla tecnologia "DRS4 switched capacitor array" è un candidato per il sistema di monitoring del sistema di calibrazione finale e permette campionamenti ogni 200 ps (5 GS/s) con risoluzione di 14 bit. Si pensa quindi di acquistare una scheda "DRS4 Evaluation Board" a 4 canali dal Paul Scherrer Institut, utilizzata per le misure di Frascati e poi sarà consegnata ai colleghi di Napoli per una completa caratterizzazione.

Materiali da acquistare:

- Fotodiodo (candidato: Hamamatsu S597302: Bandwidth 1.5 GHz, QE = 91% @ 410 nm, Active area $\phi = 0.4$ mm).
- Scheda amplificazione (FEMTO HSA-Y-2-40: Bandwidth 1.9 GHz, Rise/fall time 185 ps, Gain 40 dB).
- Sistema di acquisizione dati (DRS4 Evaluation Board from PSI – 4 CH, 14bit, 5 GS/s - <http://www.psi.ch/drs/evaluation-board>).
- Bundle di fibre in quarzo.

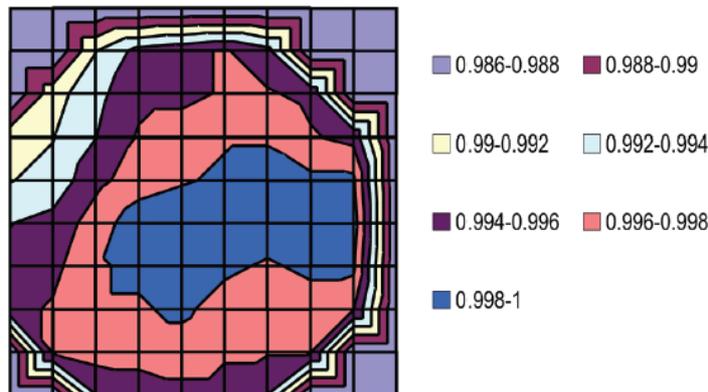
Materiali a disposizione:

- Tavolo ottico
- Laser impulsato Hamatsu PLP-10 (404 nm, 400 mW su 70 ps impulso)
- Sfera integratrice $\phi = 4$ cm (se disponibile dai colleghi di Mu2e)

B) Allargamento temporale degli impulsi. L'impulso laser inviato alla finestra di ingresso della sfera integratrice si ritrova allargato alle finestre di uscita. I calcoli prevedono un allargamento di 2 ns per la sfera a disposizione del laboratorio ($\phi = 4$ cm) e proporzionale al diametro della sfera. Una sfera di dimensioni maggiori dovrebbe peggiorare il segnale in uscita. Il sistema di misura è identico al precedente punto A), visto che tutti i componenti sono stati scelti in modo adeguato. La misura prevede l'invio di un impulso laser più stretto dei 2 ns attesi di allargamento, ad esempio 500 ps, e il campionamento dell'impulso di uscita con cadenza di 200 ps mediante la scheda DRS4 del PSI.

C) **Uniformità radiale dell'intensità alla finestra di uscita.** Il segnale laser inviato alla finestra di ingresso si ritrova alla finestra di uscita, con un certo grado di uniformità. Di seguito una immagine delle specifiche del prodotto, che mostra disuniformità dell'ordine del 0.15% (insufficienti per le specifiche dell'esperimento).

TYPICAL LUMINANCE UNIFORMITY MAPPING



Le misure proposte dovrebbero verificare tali specifiche, in particolare se è effettivamente possibile selezionare una certa area con uniformità più elevata, e controllare la stabilità nel tempo di tale uniformità.

La misura di uniformità verrà svolta mediante una fotocamera a 16 bit direttamente collegata alla finestra di uscita della sfera integratrice, senza ottica al fine di evitare problemi di aberrazioni introdotti dalle lenti. Il sensore deve essere ampio a sufficienza per coprire l'intera finestra di uscita della sfera integratrice. L'intensità del laser dovrà essere impostata correttamente in modo da massimizzare il segnale in arrivo al sensore senza rischiare problemi di saturazione.

Tra i sensori disponibili, generalmente quelli di tipo CCD hanno una uniformità maggiore ed un rumore inferiore, al costo di una minore velocità di conversione e quindi un numero inferiore di frame acquisiti al secondo. Poiché il rate degli impulsi laser inviati alla sfera integratrice può essere impostato a piacere, la velocità di acquisizione delle immagini non sembra un parametro rilevante.

A priori non è garantito che l'uniformità e la stabilità del sensore CCD siano superiori a quelle del segnale che vogliamo acquisire, a tale proposito verranno effettuate delle misure di calibrazione del sensore mediante una stazione di calibrazione. Inoltre, è possibile effettuare misure con angoli differenti del sensore CCD per valutare eventuali effetti sistematici.

Misure proposte:

- Taratura del sensore CCD mediante varie tecniche: (a) misure ad angoli differenti, ruotando la camera di 90°, 180° e 270° attorno

all'asse perpendicolare della finestra per verificare la presenza di eventuali errori sistematici del sensore;

- Taratura del sensore CCD: (b) taratura diretta mediante una sorgente luminosa nota (laser) e misurabile delle varie zone del sensore. Il segnale laser di taratura sarà adeguatamente attenuato per evitare fenomeni di saturazione del sensore CCD e sarà monitorato prelevando una frazione del fascio mediante un beam splitter, da inviare ad un sistema di monitoring affidabile (fotodiodo-scheda amplificazione-sistema acquisizione dati dei punti A e B precedenti) e con la sensibilità richiesta (0.1%). Per effettuare la taratura di tutto il sensore CCD sarà necessario l'acquisto di due slitte micrometriche per la movimentazione del sensore stesso.
- Acquisizione di un frame alla finestra di uscita della sfera, che sia sincronizzato con l'invio di un impulso laser di adeguata durata temporale (inferiore ad 1/30 di secondo, ma tale da non saturare la fotocamera).
- Il confronto tra frame successivi nel tempo fornirà informazioni riguardo l'uniformità al passare del tempo. Questa misura si può effettuare anche se il guadagno del sensore CCD cambia nel tempo, infatti effettuando il rapporto pixel per pixel si può stimare la variazione del guadagno del CCD mediante la media dei rapporti della totalità dei pixel e stimare la variazione di uniformità nel tempo dallo scarto dal guadagno medio.
- Ripetizione delle misure precedenti inserendo un bundle di fibre ottiche tra la finestra della sfera integratrice e la fotocamera.

Il ruolo del laser è ininfluenza nelle misure di uniformità alla finestra di uscita della sfera, poiché una variazione di intensità dell'impulso laser modifica il segnale di tutti i pixel della fotocamera.

Materiali da acquistare:

- Fotocamera a 16 bit, sensore maggiore di 1x1 cm²
- Slitte micrometriche per il sistema di taratura del sensore CCD.
- Beam splitter e filtri attenuazione laser per il sistema di taratura del sensore CCD.
- Bundle di fibre senza connettore.

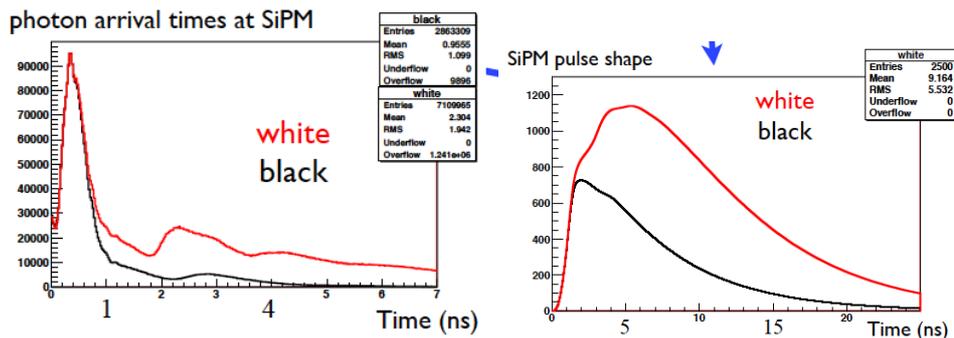
Sorgente Laser

- **caratteristiche temporali e di ampiezza della sorgente LASER**
emotivazioni;

La sorgente laser deve simulare le caratteristiche della luce Cherenkov prodotta da un elettrone di ~ 2 GeV che incide sulla faccia del calorimetro. La lunghezza d'onda di riferimento ~ 400 nm è ottenuta come buon compromesso tra lo spettro in frequenza della luce Cherenkov, la trasmittività del PbF₂ e l'efficienza quantica dei SiPM (piccata ~ 450 nm).

L'energia luminosa per singolo impulso stimata corrisponde a ~ 0.01 pJ per singolo cristallo, ossia ~ 10 pJ per eccitazione di tutti i canali del calorimetro (1300). Assumendo una perdita in intensità della luce trasmessa lungo il cammino ottico del 90% (osia un fattore di trasmissione del 10%) il laser deve produrre un segnale di ~ 0.1 nJ per impulso.

La larghezza temporale deve essere dell'ordine di qualche ns per riprodurre il segnale dei fotoni in arrivo ai SiPM, come mostra la simulazione (fig. a sinistra). Come noto il SiPM induce un allargamento temporale con un rise time di qualche ns e una coda più lunga; di conseguenza anche impulsi di larghezza di qualche ns (come per esempio quello del laser) non dovrebbero creare differenze nella risposta del SiPM (rispetto al segnale degli e⁻).



Si prevede (vedi paragrafo sull'elettronica di guida laser), diversi modi di funzionamento per il laser a seconda della diagnostica e calibrazione. Per la calibrazione si pensa di impulsare il laser a 10 kHz durante i fill di fisica.

- **precisione richiesta su queste caratteristiche e motivazioni e quali di queste non possono essere tenute in conto attraverso il sistema di monitor;**

La precisione ultima richiesta per singolo punto di calibrazione è di 0.04%, ottenuta integrando circa 1500 impulsi (per punto) in 30'. Come descritto nel paragrafo sul monitoring, è importante che le fluttuazioni in intensità temporali e spaziali del laser e del sistema di distribuzione siano "seguite"

ugualmente dal sistema di monitoring e SiPM. Fluttuazioni indipendenti tra monitor e SiPM (per esempio variazioni locali di temperatura) non si potranno “controllare” dal sistema di monitoring e devono essere pertanto tenute sotto controllo alla precisione richiesta.

- **necessità e motivazioni della misura del profilo temporale;**

Per quanto il monitoring possa tenere conto delle fluttuazioni in ampiezza e spaziali del laser, è auspicabile che il laser sia stabile anche temporalmente.

Infatti alla precisione richiesta, possibili variazioni temporali del segnale, possono produrre un disallineamento tra la risposta dei SiPM e quella del monitoring. Occorre quindi studiare la risposta del monitoring alle variazioni temporali del segnale, che ricordiamo essere largo $\sim ns$.

È inoltre possibile che l'impulso della sorgente laser cambi la sua forma a causa della propagazione attraverso elementi dispersive del sistema di distribuzione: ciò rende necessaria la misura del profilo temporale degli impulsi in vari punti del cammino ottico di distribuzione.

Infine, segnali più stretti possono essere usati (in futuro) per il controllo del pileup attraverso la lettura di un canale completo cristallo+SiPM+WFD al variare della distanza (temporale) tra gli impulsi laser in ingresso al cristallo.

- **specifiche dell'elettronica necessaria a controllare il LASER per la presa dati e per eventuali simulazioni (flight simulator);**

Rimandiamo questa discussione al capitolo sull'elettronica di comando e Flight Simulator

- **stabilità necessaria della posizione del fascio LASER.**

- Come detto in precedenza è importante che variazioni di funzionamento o posizione del fascio laser non modifichi (allo 0.1%) il rapporto intensità della luce al SiPM/monitoring. Sarà importante controllare questo rapporto al variare della posizione del fascio.

Programma di lavoro Sorgente Laser (TS/UD)

Il programma previsto per il 2014 verterà sullo studio della sorgente laser necessaria per la calibrazione del sistema di acquisizione dell'esperimento G-2. Nel 2013 si procederà all'acquisto di fotodiodi ed amplificatori a basso rumore

per la rivelazione dei fasci laser, insieme ai necessari materiali ottici e meccanici, utilizzando i fondi anticipati dalla Comm. I. Il sistema di monitoraggio su accennato verrà provato in laboratorio, utilizzando la sorgente laser CW 1064 e 532 nm già disponibile, per verificarne la stabilità in rumore ed in guadagno.

La parte successiva del programma, che prevediamo di completare a Gennaio-Febbraio 2014, riguarda l'acquisto della sorgente laser scelta (v. specifiche allegate) e di altri materiali. Nel frattempo si eseguirà la caratterizzazione del sistema di monitoraggio, già provato con il laser in CW, utilizzando il laser impulsato presente nel laboratorio del gruppo collegato di Udine.

Una volta validata la catena di monitoraggio si passerà alla verifica delle proprietà della sorgente laser impulsata appena acquistata. In particolare: la stabilità dell'energia per impulso a breve e lungo termine e la stabilità temporale degli impulsi in termini di triggering e di forma dell'impulso.

In una prima fase, che prevediamo di concludere nella prima metà del 2014, si potrà verificare, utilizzando la strumentazione disponibile (principalmente oscilloscopio 8-bit con banda passante di 500 MHz) la stabilità in ampiezza del laser scelto con la precisione dell'1%, in modo da avere indicazioni sicure sull'adeguatezza della tecnica proposta per le misure con la precisione richiesta dell'0.1%.

Per procedere oltre, essendo la larghezza dell'impulso da misurare ~ 1 ns occorrerà attendere la disponibilità di strumentazione adeguata, ad esempio un oscilloscopio da 12 bit con banda ≥ 1 GHz del tipo di quello già richiesto.

La strumentazione da acquistare è la seguente

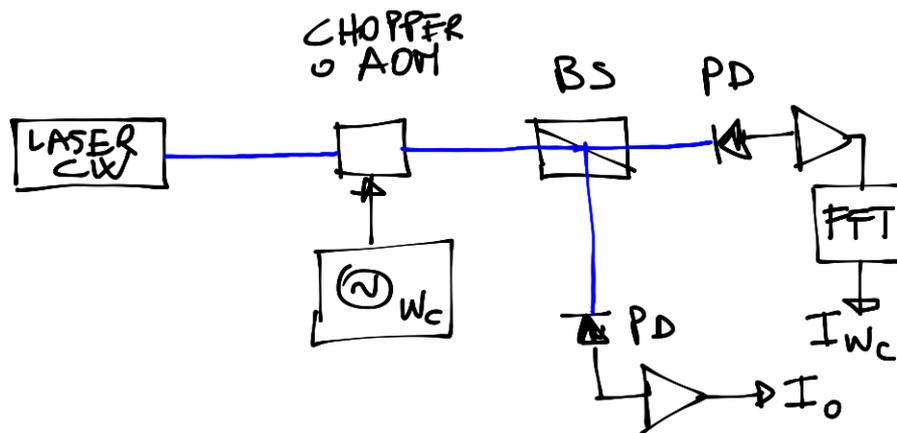
Fotodiodi Hamamatsu: possibile candidato - PIN S5973-02Si
Amplificatore Femto mod. HSA-Y-2-40
Laser impulsato PILAS P040X della Advanced Laser Systems (o altro)
Oscilloscopio LeCroy mod. HDO 6104

Schedule del programma proposto

1. 2103 Novembre-Dicembre

- 1.1. Acquisto materiali
 - 1.1.1. fotodiodi Hamamatsu
 - 1.1.2. amplificatori Femto
 - 1.1.3. materiale e supporti meccanici per ottica
- 1.2. Test preliminari
- 1.3. misura del rumore elettronico di fotodiodo ed amplificatore
- 1.4. test della stabilità in guadagno del sistema di monitoraggio fotodiodo-amplificatore con tecnica eterodina (v. schema di figura): il

fascio laser in CW è modulato in ampiezza alla frequenza ω_c , il rapporto tra la componente DC (I_0) e la componente I_{ω_c} misurate all'uscita è indipendente dalle fluttuazioni in ampiezza del laser e dà indicazioni sulla



stabilità del sistema di rivelazione

2. 2014

- 2.1. Acquisto laser impulsato PILAS (o altro)
- 2.2. Test del sistema di monitoraggio con laser impulsato di UD
- 2.3. Test iniziali sul laser impulsato con sistema di monitoraggio precedentemente provato e strumentazione disponibile (8-bit, BW 500 MHz)

Elettronica controllo laser (NA)

- **specifiche dell'elettronica necessaria a controllare il LASER per la presa dati e per eventuali simulazioni (flight simulator);**

In uno schema molto semplificato del sistema di calibrazione e monitoring del calorimetro (Fig 1) la scheda si colloca tra il DAQ ed il laser, con lo scopo di pilotare quest'ultimo.

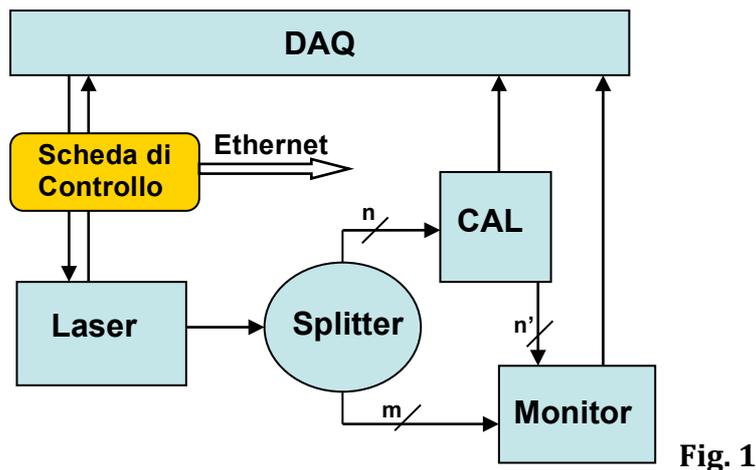


Fig. 1

Dal punto di vista delle possibili operazioni, la scheda potrà/dovrà funzionare sia sincrona con i segnali della macchina, che disaccoppiata da quest'ultima. Pertanto dovrà contemplare lo scambio dei segnali di FILL e di END_OF_FILL, più eventualmente un altro segnale che rappresenti lo stato generale della macchina. Essa dovrà fornire verso il DAQ/macchina sia un segnale di READY che un segnale di BUSY/ENABLE nonché l'informazione che definisce la modalità di operazione del laser. Verso il Laser essa dovrà scambiare sia un segnale di START sia un'informazione di ritorno che indica lo STATUS del laser. In generale dovrà gestire sia il RESET della procedura che un segnale di WARNING/FAULT e/o un segnale di EMERGENCY.

La scheda dovrà pilotare il laser nelle tre modalità di funzionamento previste:

- 1) generazione di impulsi temporalmente equispaziati (10 kHz) nella finestra di 700 micros;
- 2) generazione di impulsi di ampiezza variabile in un range dinamico di 3-4, a scopo di calibrazione dei SiPM;
- 3) generazione di impulsi temporalmente distribuiti secondo un esponenziale ($\tau=64$ micros) per riprodurre le condizioni di presa dati, ma anche per monitorare il guadagno dei singoli canali durante la presa dati e quindi stimarne la stabilità a breve.

Lo schema di massima della scheda contempla (Fig 2) :

- 1) una sezione di IN/OUT con adattamento dei segnali e sincronizzazione;
- 2) una FPGA la quale fornisce segnali secondo programmazione;
- 3) una sezione che contiene una CPU/microcontrollore in grado di pilotare l'FPGA;
- 4) una sezione che permette il dialogo con il mondo esterno (porta Ethernet);
- 5) una sezione di disaccoppiamento con il laser, che eviti le pesanti interferenze che altrimenti la generazione del segnale laser determina sulla stessa scheda di controllo.

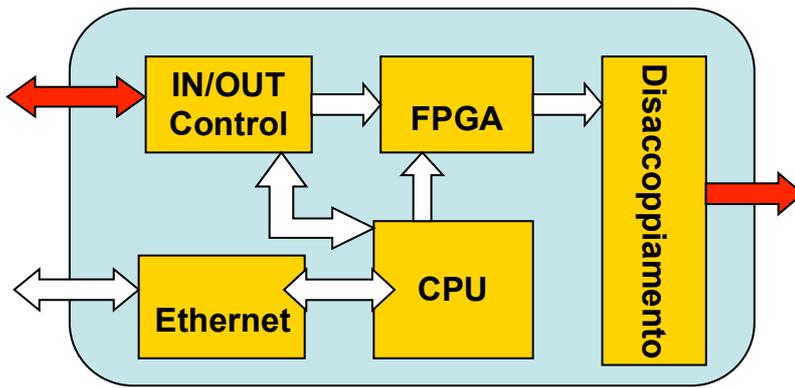


Fig. 2

Programma di lavoro Elettronica di controllo Laser (NA)

Per quanto attiene al programma di lavoro e sviluppo, possiamo dire che le direttrici su cui si intende operare corrispondono a 2 opzioni possibili e praticabili:

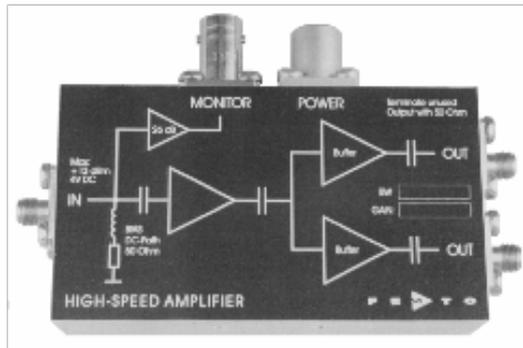
- 1) Si dispone di una scheda di sviluppo ML507 VIRTEX5, la quale ha tra le altre cose un powerPC embedded nella FPGA. Cominceremo a provarla/farla funzionare.
- 2) La soluzione che al momento il servizio elettronico di Napoli tipicamente supporta : ovvero una scheda la cui FPGA e' pilotata da un microcontrollore separato.

Una aspetto di particolare delicatezza/criticità è il disaccoppiamento con il laser.

In conclusione, si pensa di cominciare ad usare la VIRTEX5, magari tentando di accoppiarla con un laser. E nel frattempo cominceremo a delineare il progetto della scheda definitiva e a svilupparla con il supporto fondamentale del Servizio Elettronica .

L'obiettivo è quello di avere misure e risultati in grado di indicare la soluzione piu' rapida e rispondente alle necessità dell'esperimento per la primavera inoltrata, quindi la scelta della soluzione definitiva ed il progetto relativo per l'estate 2014.

2 GHz High-Speed Amplifier



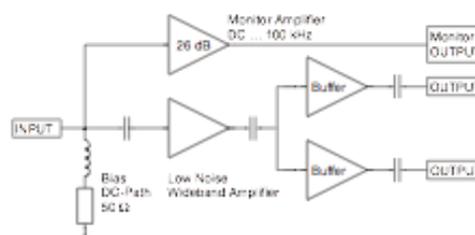
Features

- Bandwidth 10 kHz ... 1.9 GHz
- Rise Time 185 ps
- Gain 40 dB (5 kV/A)
- Input VSWR 1 : 1.2
- Integrated Bias Circuit
- Monitor Output
- Two identical Signal Outputs

Applications

- Pre-amplifier for ultra-fast Detectors (Microchannel-Plates, Photomultipliers, Avalanche-Photodiodes, PIN-Photodiodes etc.)
- Oscilloscope and Transient-Recorder Pre-amplifier
- Time-Resolved Pulse and Transient Measurements

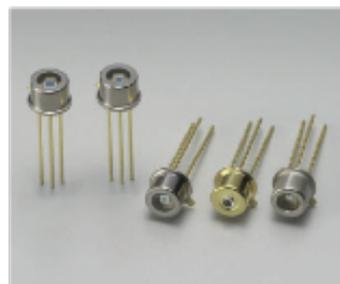
Block Diagram



Specifications

	Test Conditions	$V_s = \pm 15 V, T_a = 25^\circ C, \text{System Impedance} = 50 \Omega$
Gain	Gain	40 dB (5 kV/A)
	Gain Accuracy	± 1 dB
	Gain Flatness	± 0.2 dB
Frequency Response	Lower Cut-Off Frequency	10 kHz
	Upper Cut-Off Frequency	1.9 GHz
Time Response	Rise / Fall Time (10% - 90%)	185 ps
Input	DC Input Impedance	50 Ω
	RF Input Impedance	50 Ω
	50 Ω Noise Figure	4.9 dB ($\text{at } f < 1 \text{ GHz}$)
	Equivalent Input Voltage Noise	650 pV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ ($\text{at } f < 1 \text{ GHz}$)
	Equivalent Input Current Noise	13 pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$ ($\text{at } f < 1 \text{ GHz}$)
	Input VSWR	1 : 1.2 ($\text{at } f < 1.5 \text{ GHz}$)
	Maximum Input VSWR	1 : 1.45 ($\text{at } f < 3 \text{ GHz}$)

Si PIN photodiode



S5971

S5972

S5973 series

High-speed photodiodes (S5973 series: 1 GHz)

S5971, S5972 and S5973 series are high-speed Si PIN photodiodes designed for visible to near infrared light detection. These photodiodes provide wideband characteristics at a low bias, making them suitable for optical communications and other high-speed photometry. S5973 series includes a mini-lens type (S5973-01) that can be efficiently coupled to an optical fiber and a violet sensitivity enhanced type (S5973-02) ideal for violet laser detection.

Features

- High-speed response
S5971 : 100 MHz ($V_R=10$ V)
S5972 : 500 MHz ($V_R=10$ V)
S5973 series: 1 GHz ($V_R=3.3$ V)
- Low price
- High sensitivity
S5973-02: 0.3 A/W, QE=91 % ($\lambda=410$ nm)
- High reliability

Applications

- Optical fiber communications
- High-speed photometry
- Violet laser detection (S5973-02)

General ratings / Absolute maximum ratings

Type No.	Dimensional outline/ Window material *1	Package (mm)	Active area size (mm)	Effective active area (mm ²)	Absolute maximum ratings			
					Reverse voltage V_R Max. (V)	Power dissipation P (mW)	Operating temperature T_{opr} (°C)	Storage temperature T_{stg} (°C)
S5971	⊙/K	TO-18	⌀1.2	1.1	20	50	-40 to +100	-55 to +125
S5972			⌀0.8	0.5				
S5973			⌀0.4	0.12				
S5973-01	⊚/L							
S5973-02	⊙/K							

Electrical and optical characteristics

Type No.	Spectral response range λ (nm)	Peak sensitivity wavelength λ_p (nm)	Photo sensitivity S (A/W)				Short circuit current I_{sc} 100 lx (μ A)	Dark current I_D		Temp. coefficient of I_D T_{CO} (times/°C)	Cut-off frequency f_c (GHz)	Terminal capacitance C_t $f=1$ MHz (pF)	NEP $V_R=10$ V $\lambda=\lambda_p$ (W/Hz ^{1/2})
			λ_p	660 nm	780 nm	830 nm		Typ. (nA)	Max. (nA)				
S5971	320 to 1060	900	0.64	0.44	0.55	0.6	1.0	0.07 **1	1 **1	1.15	0.1 **1	3 **1	7.4 × 10 ⁻¹⁵
S5972		800	0.57		0.55	0.42	0.01 **1	0.5 **3	0.5 **1		3.1 × 10 ⁻¹⁵		
S5973		760	0.52	0.51	0.47	0.09	0.001 **4	0.1 **4	1 **4	1.6 **4	1.1 × 10 ⁻¹⁵ **4		
S5973-01		0.45	0.3 **2	0.42	0.37	0.07			1.9 × 10 ⁻¹⁵ **2, **4				
S5973-02													

*1: Window material K: borosilicate glass, L: lens type borosilicate glass

*2: $\lambda=410$ nm

*3: $V_R=10$ V

*4: $V_R=3.3$ V



PiLas



Picosecond gain switched laser diode module for OEM and R&D applications

- High pulse quality – no satellite pulse and minimized pulse tail
- Variable pulse repetition rate – single shot to 100 MHz
- Pulse on demand
- Wavelengths from 375 – 2000 nm
- High repeatability and 24/7 operation

- Compact, dust-sealed OEM package
- External and internal trigger
- Simple user interface
- Plug & play
- Air cooled
- Remote control
- Maintenance free – no user-serviceable parts inside or outside laser

Picosecond Laser

	PiLas
Center wavelength ¹	375 nm – 2 μm
Pulse duration ²	20 ps – 1 ns variable
Pulse peak power ²	25 – 1000 mW
Pulse repetition rate	single shot – 120 MHz
Output	free space or fiber output
PER	> 23 dB
Timing Jitter	< 3 ps rms
Warm-up time	< 5 minutes
Size laser head	95 x 31 x 147 mm ³
Size control unit	235 x 88 x 326 mm ³
Power consumption	< 15 W
Weight laser head	0.45 kg
Weight controller	2.5 kg

¹ all commercially available laser diode wavelengths in this range
² depending on center wavelength regime

Options

- Single mode or multi mode fiber output, fiber collimator with or w/o microfocus
- Thermal wavelength tuning
- Converter TTL to NIM level for trigger-out
- Narrow spectral line-width DFB-laser
- Single box OEM package



