

Tesi di Laurea triennale in Fisica e Astrofisica  
**Calibrazione della misura del tempo di volo con il rivelatore *MIMA***

**Candidato:** Cosimo Fratticoli

**Relatore:** Prof. Raffaello D'Alessandro *candi@fi.infn.it*

L'obiettivo che si pone questo lavoro è quello di calibrare il sistema di acquisizione dei tempi del rivelatore *MIMA*, che è uno strumento volto ad effettuare misure nel campo della radiografia muonica (o Muografia). La caratteristica principale del rivelatore è quella di riuscire a ricostruire nelle tre dimensioni spaziali le tracce dei muoni che lo attraversano.

Per fare ciò *MIMA* è costituito da tre piani rivelatori di superficie quadrata, paralleli fra loro e centrati su un unico asse, ognuno dei quali misura la coordinata di impatto del muone sul piano. A partire dalle coordinate misurate si possono quindi ricostruire le tracce delle particelle che hanno attraversato il rivelatore.

La precisione che si ottiene nella misura della direzione di provenienza della particella non è però analoga a quella che si ha nel determinare il verso in cui la particella si muove lungo la direzione misurata. Questo problema è dovuto al sistema utilizzato per la misura del tempo di volo della particella: per diminuire il consumo energetico del rivelatore ed abbassare i costi di produzione, è stato utilizzato un circuito che permette di "espandere" il tempo di volo tramite la carica (veloce) e la scarica (più lenta) di una capacità. La misura del tempo di scarica è quindi effettuata per mezzo di un contatore binario a 11 bit che lavora con un *clock* a 250 MHz. Questo sistema permette di ottenere la stessa precisione nella misura dei tempi che potrebbe essere ottenuta con un *clock* con frequenza di circa 7.5 GHz, che richiederebbe un consumo di energia nettamente maggiore ed un costo senza dubbio più elevato.

Il tempo in cui la particella viene rivelata su un piano (tramite dei *Silicon PhotoMultipliers*) è quindi legato al valore del conteggio del contatore ad 11 bit (*TDC*) tramite una relazione lineare del tipo

$$TDC_n = M_n \cdot t_{SiPMn} + K_n$$

dove l'indice  $n$  si riferisce al piano  $n$ -esimo. Una quantità che pesa molto sull'analisi che abbiamo compiuto è il ritardo temporale dovuto alla propagazione del segnale nelle barre di materiale scintillatore che compongono i piani rivelatori di *MIMA*, e per tenere conto di questo termine in maniera corretta abbiamo anche calcolato una stima della velocità di propagazione del segnale nelle barre di materiale. Abbiamo quindi effettuato dei fit per trovare i valori corretti di  $M_n$  e  $K_n$ .

Il sistema di "espansione" e misura dei tempi ha una forte incertezza nella misura delle differenze dei tempi di passaggio dei muoni sui piani rivelatori e quindi non permette di determinare con certezza quale sia il verso di provenienza di ogni singola particella. La determinazione del verso di provenienza può essere trascurata nel caso in cui venga effettuata una misura in cui il rivelatore è posto in direzione verticale (ovvero con i piani traccianti paralleli al terreno), dato che il flusso di muoni proveniente dal sottosuolo è praticamente nullo, ma diventa sempre meno trascurabile quanto più la direzione in cui è orientato il rivelatore è parallela al terreno. Per fare un esempio pratico possiamo citare il progetto *MURAVES*, in cui la muografia è applicata allo studio della struttura interna del vulcano *Vesuvio*: in questo caso il rivelatore è posto a fianco del vulcano in posizione quasi orizzontale ed il flusso di muoni che riesce ad attraversare il cono vulcanico ed arrivare sul rivelatore è molto basso e di gran lunga inferiore al flusso proveniente dal verso opposto: diventa quindi fondamentale riuscire a distinguere il verso di provenienza dei muoni in modo da poter determinare quali siano le tracce valide e quali no.

L'obiettivo della calibrazione è quindi quello di riuscire a discriminare con sufficiente precisione il verso di provenienza delle particelle che incidono su *MIMA*.

Con questo lavoro siamo riusciti a trovare uno stimatore che migliora significativamente la capacità di riuscire a distinguere il verso di provenienza delle particelle che incidono sul rivelatore.