



# METROLOGIA

*Stage estivo 2002*



Stagisti: *Adriano Di Caprio*  
*Antonio Roncaccia*

Tutori: *Alvaro Ceccarelli*  
*Alberto Franceschi*

## Nozioni di teoria

- ▶ Cenni storici sulla metrologia;
- ▶ concetto di misura: la misurazione, il valore numerico, modo diretto, modo indiretto;
- ▶ unità di misura del Sistema Internazionale – multipli e sottomultipli;
- ▶ cenni sulla teoria dell'errore: errore assoluto, errore relativo, errore percentuale, errore dell'operatore, errore di parallasse, errore sistematico, errore accidentale, etc...
- ▶ incertezze di tipo casuale e sistematico;
- ▶ nozioni elementari di statistica: media, minimo, massimo, deviazione standard, etc...
- ▶ tolleranze geometriche: di forma, di orientamento, di posizione

## Scopo dello stage

Lo scopo dello stage è stato quello di imparare ad utilizzare i vari strumenti di misura sia tradizionali che tecnologicamente più avanzati, eventualmente assistiti da calcolatore.

In questa attività siamo stati assistiti dai tutori: A. Ceccarelli e A. Franceschi i quali ci hanno fornito i concetti base di misura e di misura meccanica in particolare, oltre all'utilizzo dei vari strumenti.

Questi strumenti vengono utilizzati per misurare parti meccaniche complesse con altissima precisione e con lo scopo di controllare le tolleranze fissate nel progetto. Quindi questo reparto (Metrologia) ha lo scopo di verificare la rispondenza dei particolari prodotti alle specifiche di progetto.

## Strumentazione usata

Gli strumenti che abbiamo utilizzato sono i seguenti:

### calibro meccanico e digitale

È uno strumento di misura che ci offre la possibilità di effettuare diversi tipi di misure: per esterni, interni e di profondità. Si apprezza 0,05 mm.

Il calibro digitale si differenzia da quello meccanico perché la lettura della misura non avviene su una scala graduata ma direttamente su un display elettronico. Ha una risoluzione di 0,01 mm;

### Micrometro meccanico e digitale

Il micrometro meccanico da noi usato è servito per fare misurazioni esterne. La sua risoluzione è di 0,01 mm.

Il micrometro digitale si differenzia da quello meccanico perché la lettura della misura non avviene su una scala graduata ma direttamente su un display digitale. Ha una risoluzione di 0,01 mm.

### Comparatore meccanico e digitale

Il comparatore (centesimale) è uno strumento che ci offre la possibilità di effettuare diversi tipi di misure: planarità, parallelismo, ortogonalità, cilindricità, conicità.

Il comparatore digitale con stativo rispetto al precedente ha il vantaggio di offrire misure più affidabili dovute alla sua stabilità. La sua risoluzione è di 1  $\mu\text{m}$  ed ha un campo di misura che va da 0 a 30 mm



Strumenti tradizionali

### Micro-hite

Il micro-hite è uno strumento per misure di altezze con righe in vetro; la presa e l'elaborazione dei dati è assistita da un ordinatore insieme alla compensazione automatica degli errori sistematici; E' stabile e scorrevole su pattini d'aria e quindi ci offre una grandissima affidabilità di misura. La sua precisione è di  $\pm 4 \mu\text{m}$ .



Micro Hite

### Videomicrometro

Lo strumento consiste in una stazione di misura ottica per misure bidimensionali e controlli di qualità dell'oggetto. Il nostro videomicrometro consente di effettuare misure nelle direzioni orizzontale e verticale, mediante l'utilizzo di un sistema telecamera-monitor. Il videomicrometro

può memorizzare fino a sei calibrazioni (da 50 a 1000 ingrandimenti) per altrettanti fattori di ingrandimenti. Questo strumento ci permette di apprezzare il  $\mu\text{m}$ .



Videomicrimetro

### Proiettore di profili

Il proiettore di profili è uno strumento ottico per misure bidimensionali. Tale strumento è costituito da una sorgente luminosa e da un sistema di lenti. La tavola del proiettore di profili è provvista di due viti micrometriche, con le quali si porta il profilo campione a coincidere con gli assi x e y rendendo possibile la misurazione degli scostamenti. Le corse delle tavole sono di 50 mm. Obbiettivi con ingrandimenti da 10/50/100 x. Il proiettore di profili è particolarmente indicato per il controllo rapido e preciso di: ruote dentate, filettature, fori etc... E' corredato di un software di gestione delle misure, denominato QC 4000. Si apprezza il centesimo di mm.



Misuratore di profili

### Macchina TRD

La macchina TRD è un centro di misura tridimensionale. E' composta da una parte hardware e da una parte software. Le guide della parte hardware sono costruite in granito al fine di evitare dilatazioni termiche. Tali guide scorrono su pattini di aria che riducono al minimo l'attrito. Le misure si ottengono tramite righe ottica. Il tastatore è uno degli elementi fondamentali della macchina ed è formato da uno stelo in acciaio alla cui estremità è collegata un sfera di rubino.

Il software “ GEO SOFT EL2000” permette di gestire le coordinate dei punti in modo da poter associare ai punti gli enti geometrici prescelti per il controllo tridimensionale dei particolari in esame. Questo consente la ricostruzione di forme geometriche complesse.

I risultati forniti permettono di effettuare un confronto tra i disegni dei pezzi e il protocollo stampato che indica i valori misurati, i loro scostamenti rispetto alle quote teoriche ed eventuali difetti di forma.

Campo di misura in x: 1160 mm; in y: 1000 mm; in z: 600 mm.

Precisione nel volume della macchina  $\pm 0,004$  mm.

Risoluzione: 0,001 mm.

Con questa macchina, alla fine del corso, siamo stati in grado di realizzare autonomamente vari programmi di misura in modalità CNC.

Vogliamo ricordare che per ogni singolo strumento sono state effettuate esercitazioni su pezzi meccanici.

Per elaborare i dati ottenuti, e la stessa relazione finale, sono stati usati due programmi informatici: il foglio elettronico EXCEL e WORD.

Per ogni strumento da noi utilizzato nelle esercitazioni, sono state compilate delle schede descrittive nelle quali sono state riportate le caratteristiche tecniche dello strumento (principi di funzionamento, campo di misura, risoluzione, precisione, taratura e manutenzione), allegate in calce.

Durante il periodo dello stage sono stati consultati i seguenti testi:

tecnologia meccanica 2 di Domenico Lucchesi – casa editrice Sansoni  
manuali tecnici consultati:

poli EL2000 GEO SOFT 1 – sistema di misura tridimensionale;

A & P electronics – VIDEOMICROMETRO DIGITALE VM-2000 T

Tesa MICRO-HITE mesureure vertical de longueurs à programme assistè par microprocesseur.

Nikon Proiettore di profili QC-4000 OPERATORS MANUAL

### Metodologia del lavoro

Durante il periodo di apprendimento sulla macchina tridimensionale abbiamo avuto l'occasione di controllare la qualità di pannelli dell'esperimento LHCb (che sarà installato presso il CERN di Ginevra). I pannelli sono dei componenti delle camere a fili, rilevatori di particelle ionizzanti. Lo spazio di 5 mm tra due pannelli costituisce una camera sigillata riempita con un gas (i pannelli rappresentano i “coperchi” della camera). In questo spazio si trova un piano di fili sottilissimi, tra loro paralleli e distanti 1,5 mm l'uno dall'altro ed equidistanti dai due pannelli.

Questi fili vengono posti ad una certa tensione anodica (circa 3000 V) mentre la superficie ramata del pannello si trova a tensione nulla (cioè “a massa”) e rappresenta perciò il catodo del rilevatore. Quando una particella ionizzante penetra all'interno della camera ionizza il gas e gli elettroni “strappati” agli atomi migrano verso i fili ad alta tensione producendo un segnale elettrico.

L'ampiezza del segnale è proporzionale all'energia persa dalla particella nella camera, mentre la posizione del filo che indica un segnale permette di individuare il punto di passaggio della particella. E' possibile anche misurare l'istante del passaggio della particella.

Per il corretto funzionamento del rilevatore, è fondamentale che i pannelli siano perfettamente planari, in modo che la distanza tra i due pannelli (cioè la dimensione della camera contenente il gas) sia costante entro 50  $\mu\text{m}$ , in ogni punto del rilevatore.

In questo modo, l'ampiezza del segnale elettrico non dipenderà dal punto in cui passa la particella, cioè il rilevatore funzionerà in modo uniforme in ogni sua parte.

Altre caratteristiche richieste a questi pannelli sono: la leggerezza, la robustezza, il costo di produzione contenuto. Queste caratteristiche possono essere soddisfatte realizzando il pannello nel seguente modo: si inietta una schiuma poliuretana espansa fra due fogli di vetronite monoramata posti in uno stampo di altissima precisione. Quando la schiuma solidifica, il pannello è pronto: si tratta di un sandwich di 1 cm di spessore costituito da due fogli da 1 mm ciascuno e da 8 mm di schiuma posta fra essi.

In figura 1 si possono vedere i risultati delle misure effettuate e relative ai pannelli presentati in figura 2 e 3.

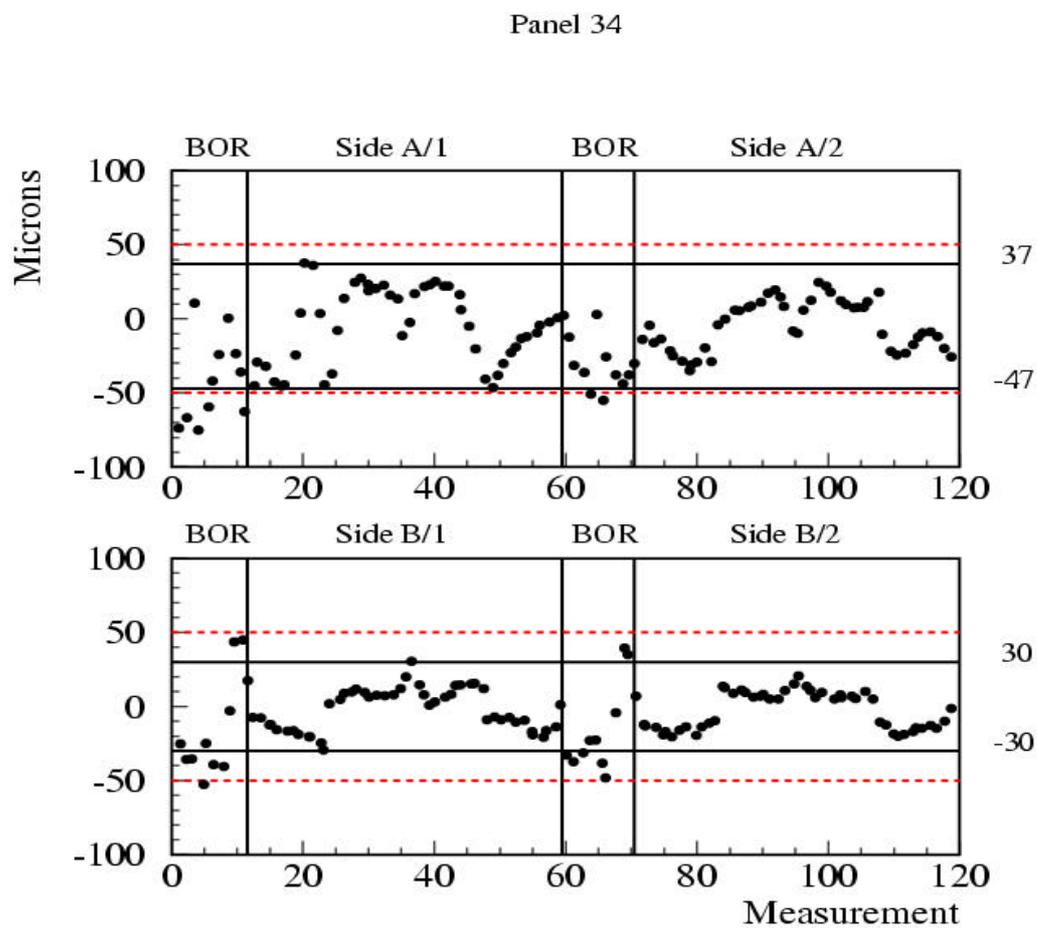


Figura 1: Misure di planarita' del pannello n.34

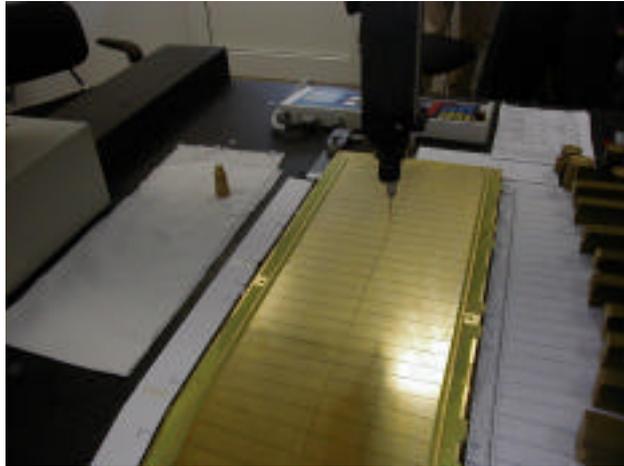


Figura 2: fasi di misura di un pannello di LHCb



Figura 3: fasi di misura di un pannello di LHCb

## Schede strumentali

**Nome Strumento:** Calibro (Borletti)

Tipologia: meccanico per esterni, interni, e profondità.

Misura: lunghezza.

### **Caratteristiche**

Campo di misura: 0-200 mm.

Precisione: 0,05 mm.

Risoluzione: 0,1 mm.

### **Procedure d'uso**

Pulizia: panno/alcool

Taratura: blocchetto pianparallelo

Misure: generiche

**Nome Strumento:** Calibro digitale (Mitutoyo)

Tipologia: digitale

Misura: lunghezze

### **Caratteristiche**

Campo di misura: 0-200 mm

Precisione: 0.01 mm

Risoluzione: 0.01 mm

### **Procedure d'uso**

Pulizia: panno e alcool

Taratura: campione di taratura

Misure: /

**Nome Strumento:** Micrometro (Mitutoyo)

Tipologia: meccanico

Misura: lunghezza

### **Caratteristiche**

Campo di misura: 0-25 mm

Precisione: 0.05 mm

Risoluzione: 0.01 mm

### **Procedure d'uso**

Pulizia: panno e alcool

Taratura: blocchetto pianparallelo

Misure: rondelle

**Nome Strumento:** micrometro Tesa

Tipologia: digitale per esterni

Misura: lunghezza

### **Caratteristiche**

Campo di misura: 0-30 mm

Precisione: 0.001 mm

Risoluzione: 0.001 mm

### **Procedure d'uso**

Pulizia: panno e alcool

Taratura: blocchetto pianparallelo

Misure: vedi appunto

**Nome Strumento:** comparatore Borletti

Tipologia: meccanico a orologio

Misura: planarità

**Caratteristiche**

Campo di misura: 0-10 mm

Precisione: 0.01 mm

Risoluzione: 0.01 mm

**Procedure d'uso**

Pulizia: panno e alcool

Taratura: blocchetto pianparallelo

Misure: planarità

**Nome Strumento:** comparatore Mitutojo

Tipologia: digitale

Misura: spessore

**Caratteristiche**

Campo di misura: 0-30 mm

Precisione: /

Risoluzione: 0.001 mm

**Procedure d'uso**

Pulizia: panno e alcool

Taratura: blocchetto pianparallelo

Misure: planarità

**Nome Strumento:** videomicrometro

Tipologia: ottico

Misura: bidimensionali

**Caratteristiche**

Campo di misura: 0-1 mm

Precisione: /

Risoluzione: 0.0000001 mm

**Procedure d'uso**

Pulizia: panno e alcool

Taratura: campione di taratura

Misure: controllo dimensionale

**Nome Strumento:** micro-hite (Tesa)

Tipologia: meccanico

Misura: altezza

**Caratteristiche**

Campo di misura: 0-500 mm

Precisione: 0.004 mm

Risoluzione: 0.001 mm

**Procedure d'uso**

Pulizia: panno e alcool

Taratura: campione di taratura

Misure: altezze

**Nome Strumento:** proiettore di profili

Tipologia: ottico

Misura: bidimensionale

**Caratteristiche**

Campo di misura: 0-50 mm

Precisione: 0.01 mm

Risoluzione: 0.001 mm

**Procedure d'uso**

Pulizia: panno e alcool

Taratura: blocchetto pianparallelo

Misure: controllo dimensionale

**Nome Strumento:** macchina TRD

Tipologia: meccanico

Misura: tridimensionale

**Caratteristiche**

Campo di misura: in x: 1160 mm; in y: 1000 mm; in z:600 mm;

Precisione: 0.004 mm

Risoluzione: 0.001 mm

**Procedure d'uso**

Pulizia: panno e alcool

Taratura: campione di taratura

Misure: controllo dimensionale