



Università degli Studi
di Firenze

Dipartimento di Elettronica
e Telecomunicazioni



ANALISI DELL'INCERTEZZA DI MISURA MEDIANTE SOFTWARE

Ing. Simone Giovannetti

Firenze, 29 Maggio 2012

Incertezza di Misura (1/3)

La necessità di misurare nasce dall'esigenza di acquisire e comunicare informazioni oggettive sul mondo fisico.

Il risultato di una misura non consiste di un numero seguito da un'unità di misura ma è bensì una fascia di valori, con associata un'unità di misura, all'interno della quale è presente il valore vero del misurando. L'elemento centrale di tale intervallo potrebbe essere ritenuto come quello maggiormente rappresentativo ma è da sottolineare che in mancanza di qualche elemento aggiuntivo che ci convinca diversamente, ogni elemento di tale intervallo ha la stessa identica valenza degli altri. Matematicamente esprimeremo la misura come la composizione di un valore centrale e una semiampiezza:

$$M = (m \pm u_m) [u. m.]$$

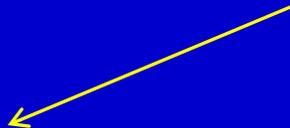
m = valore centrale (detto valore di misura)

u_m = incertezza assoluta di misura

$u. m.$ = unità di misura

Incerteza di Misura (2/3)

Il termine u_m è originato da due tipi di contributi, uno **aleatorio** e l'altro derivante da effetti **sistematici**.



I fattori di influenza di tipo aleatorio derivano da fenomeni casuali e non controllabili e producono sulla misura effetti non prevedibili e diversi ogni volta che si ripete la stessa misurazione.

- Instabilità temporale del misurando
- Instabilità temporale del riferimento

La “*Guide to the expression of Uncertainty in Measurement*” (GUM) fornisce linee guida universali e adottate a livello europeo per valutare l'incerteza nelle misure. La norma distingue le incertezze in due categorie, A e B, la prima riguardante il trattamento di effetti casuali, la seconda per il trattamento di effetti sistematici: l'incerteza complessiva associata al risultato di misurazione è in generale una composizione di incertezze di categoria “A” e “B” denominata “*incerteza composta*”.

Incerteza di Misura (2/3)

Il termine u_m è originato da due tipi di contributi, uno **aleatorio** e l'altro derivante da effetti **sistematici**.

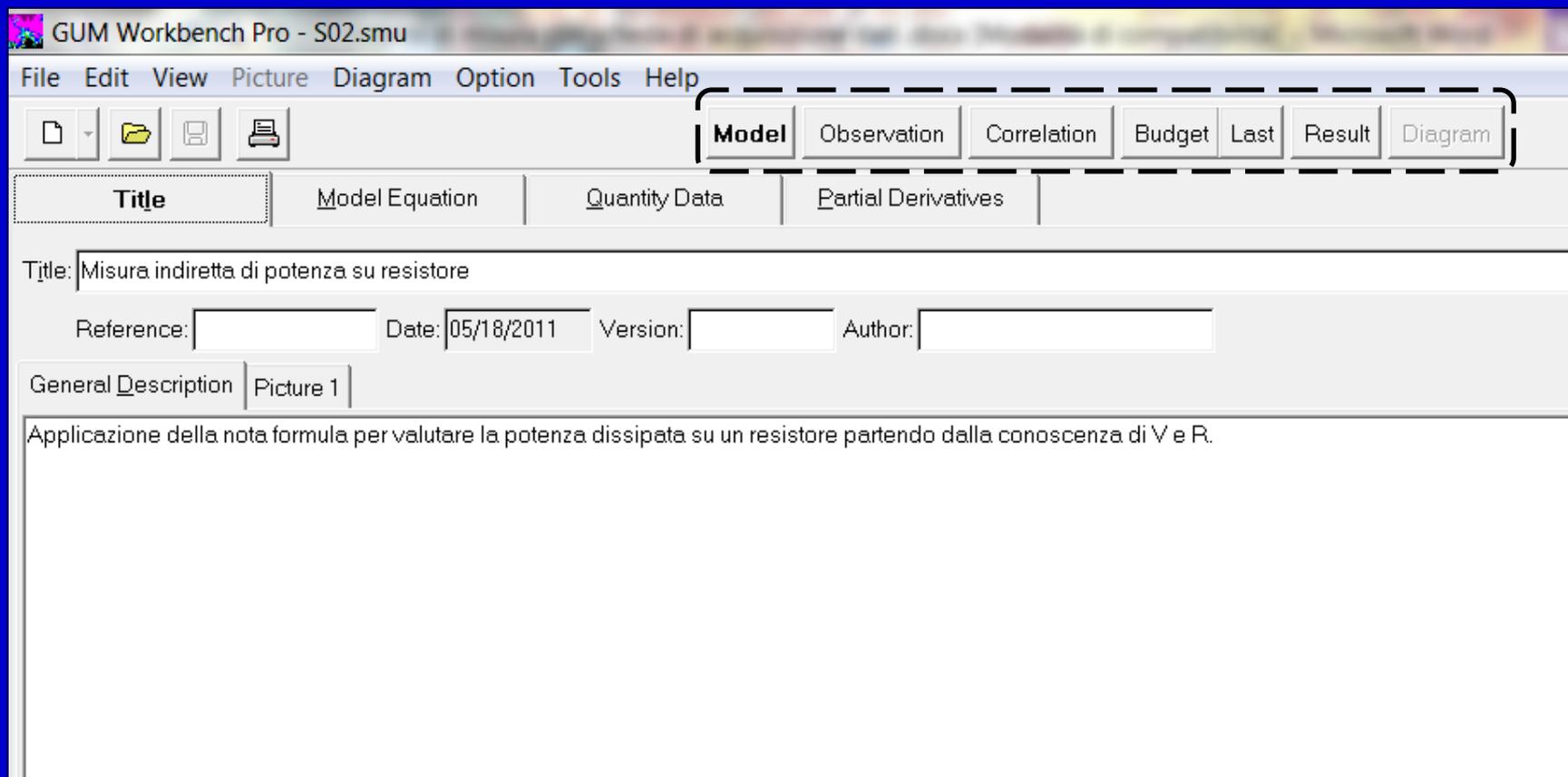
Influenzano la misura sempre allo stesso modo e quindi non si evidenziano, come quelle di natura aleatoria, con una dispersione dei risultati di misurazione

- Difetto di uno strumento
- Errate condizioni operative

La “*Guide to the expression of Uncertainty in Measurement*” (GUM) fornisce linee guida universali e adottate a livello europeo per valutare l'incerteza nelle misure. La norma distingue le incertezze in due categorie, A e B, la prima riguardante il trattamento di effetti casuali, la seconda per il trattamento di effetti sistematici: l'incerteza complessiva associata al risultato di misurazione è in generale una composizione di incertezze di categoria “A” e “B” denominata “*incerteza composta*”.

Introduzione a GUM-Workbench (1/8)

GUM Workbench è un software sviluppato dal Danish Technological Institute e permette di valutare velocemente l'incertezza di misurazioni, test e analisi, incluse tarature e prove fisiche.



Introduzione a GUM-Workbench (2/8)

BARRA DI ANALISI



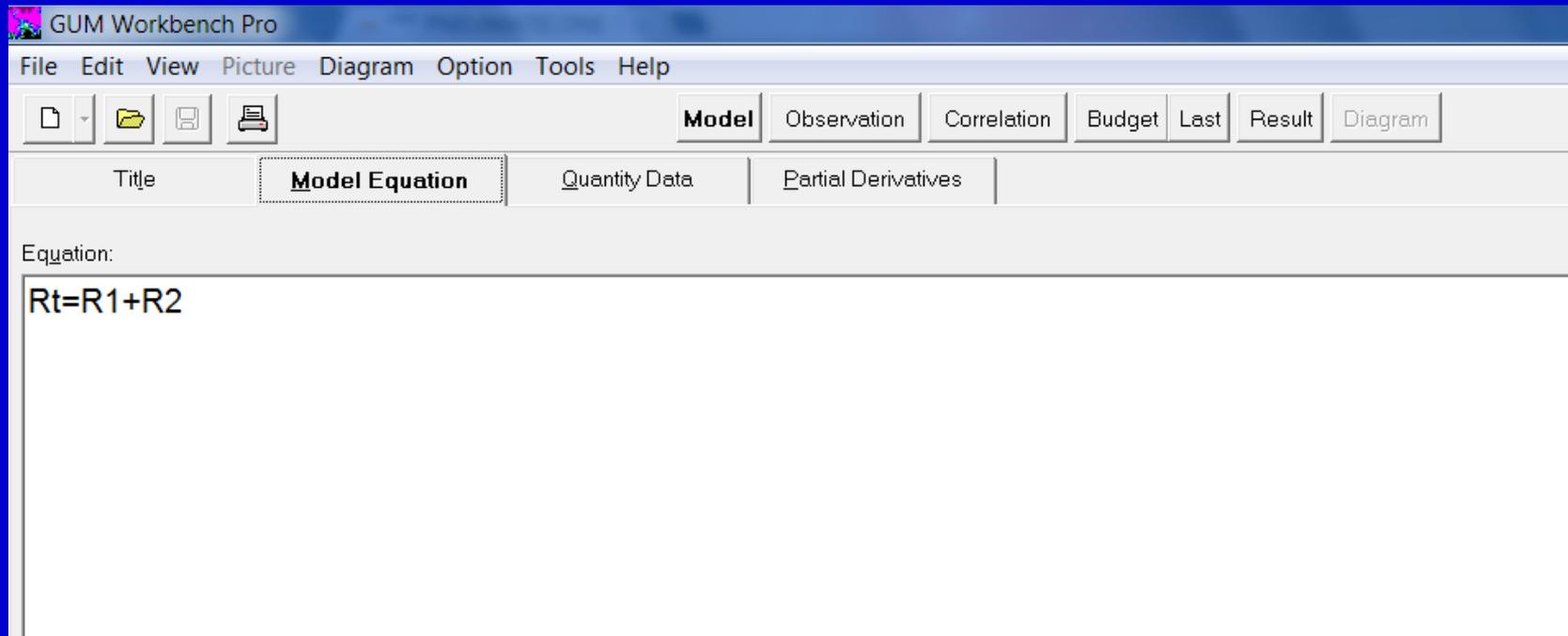
Model scheda composta a sua volta dalle finestre di dialogo Title, Model equation, Quantity data e Partial derivatives

Introduzione a GUM-Workbench (3/8)

Title	Model Equation	Quantity Data	Partial Derivatives
Title: <input type="text"/>			
Reference: <input type="text"/>	Date: <input type="text" value="05/28/2012"/>	Version: <input type="text"/>	Author: <input type="text"/>
General Description	Picture 1		
<input type="text"/>			

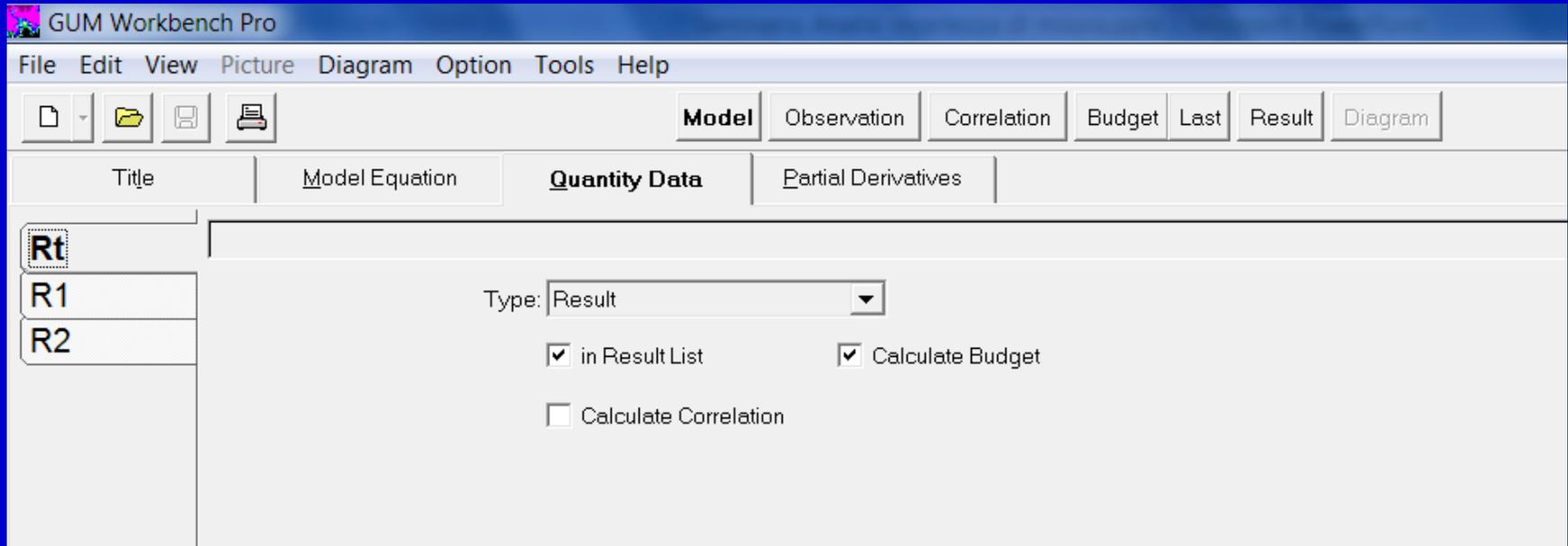
Title: possiamo inserire il titolo del progetto, una descrizione sommaria ed eventualmente un'immagine per illustrare il processo di misura. I dati immessi in questa finestra hanno solo scopo descrittivo

Introduzione a GUM-Workbench (4/8)



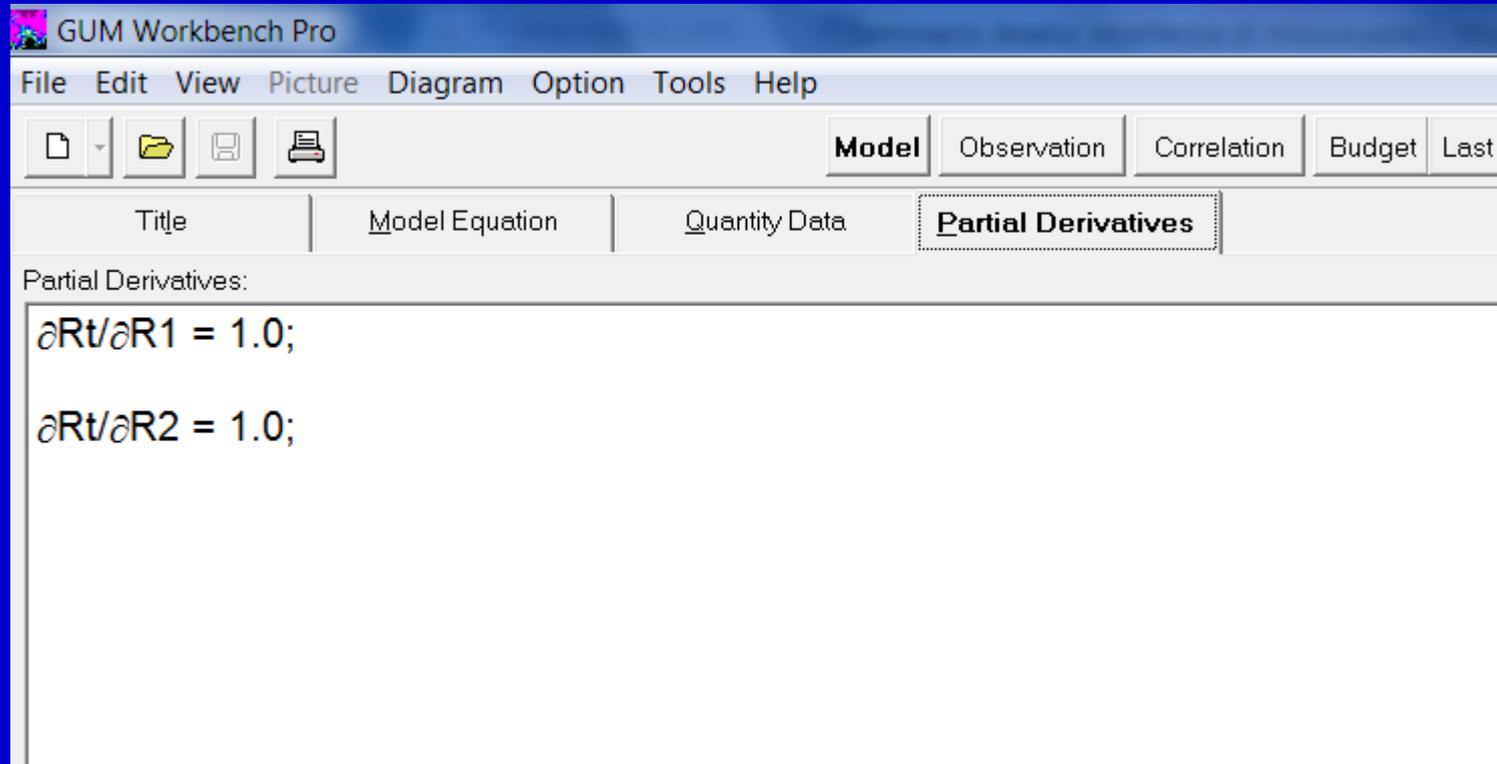
Model Equation: rappresenta la parte centrale del processo di valutazione dell'incertezza, in essa viene inserito il modello matematico per la misura indiretta, definite le varie grandezze e le relative unità di misura

Introduzione a GUM-Workbench (5/8)



Quantity data: vengono riportate tutte le grandezze caratterizzanti il modello e per quelle in ingresso è richiesto l'inserimento del tipo di incertezza, se si tratta di A o B, il valore medio della grandezza di ingresso e l'incertezza standard

Introduzione a GUM-Workbench (6/8)



Partial derivate: figurano le derivate parziali. La loro espressione algebrica è fornita solo a scopo informativo e non viene usata nei calcoli, inoltre lo spazio riservato a tali righe di espressioni è limitato a 1024.

Introduzione a GUM-Workbench (2/8)

BARRA DI ANALISI



Observation finestra nella quale compaiono i dati relativi alle osservazioni; naturalmente la finestra è attiva solo nel caso in cui in Model→Quantity data sia stata selezionata incertezza tipo A, inserito il numero di osservazioni e i relativi valori, in alternativa all'inserimento manuale di tutti i dati è possibile caricare un file tabellare di varie estensioni (.csv,.xls)

Introduzione a GUM-Workbench (2/8)

BARRA DI ANALISI



Correlation riporta la matrice di correlazione con i coefficienti calcolati automaticamente dal software

Introduzione a GUM-Workbench (2/8)

BARRA DI ANALISI



Budget è una scheda che espone un riepilogo delle grandezze di ingresso con le relative incertezze e della grandezza in uscita con rispettiva incertezza estesa, della quale è possibile modificare il fattore di copertura tramite la selezione del tipo di funzione densità di probabilità che si ipotizza avere l'uscita

Introduzione a GUM-Workbench (2/8)

BARRA DI ANALISI



Last mostra l'ultimo budget non ricalcolato (è utile per fare un confronto con i dati della finestra Budget, che sono ricalcolati, nel caso si varino equazione o quantità)

Introduzione a GUM-Workbench (2/8)

BARRA DI ANALISI

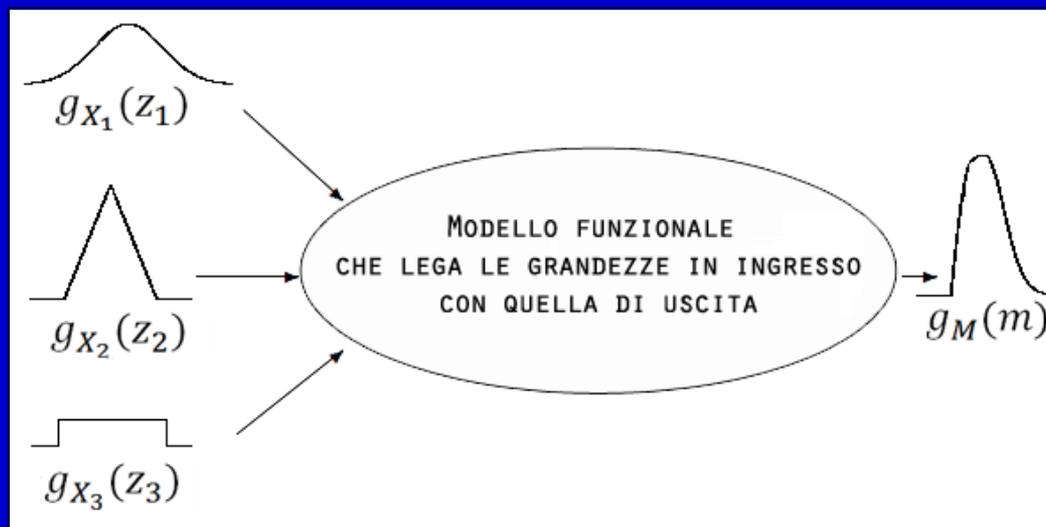


Result riporta il risultato del progetto creato, ovvero valore atteso della grandezza di uscita e relativa incertezza estesa

Introduzione a GUM-Workbench (7/8)

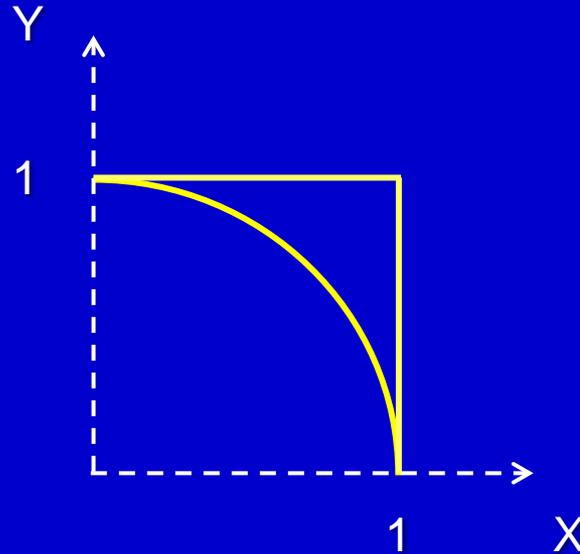
Dalla versione 2.4.1.384 di GUM-Workbench è stata introdotta la simulazione **Monte Carlo**. Con il Metodo Monte Carlo (**MCM - Monte Carlo Method**) si identifica una famiglia di algoritmi statistici non parametrici utilizzati per trarre una stima attraverso simulazione. Si fondano sull'uso di procedimenti di generazione di numeri pseudocasuali con distribuzioni di probabilità attribuite alle variabili aleatorie di ingresso: tali valori sono mandati all'entrata del modello adottato, per ottenere varie realizzazioni dell'uscita.

L'immagine sottostante schematizza la propagazione delle PDF attraverso il modello del sistema, effettuabile mediante MCM:



Introduzione a GUM-Workbench (8/8)

Un'applicazione classica del MCM è il calcolo del π : rapportando il numero di coppie di valori casuali (generati con PDF uniforme) confinati all'interno del quarto di cerchio con quelli all'interno del quadrato si stima il valore $\pi/4$ e conseguentemente il π :



✓ **Esercizio facoltativo** – **Calcolo del π con MCM**

Implementare un MCM con LabVIEW per la stima del π

Esercitazione

✓ **Esercitazione 1 – Misura diretta ed indiretta della serie di 2 resistori**

Misurare direttamente ed indirettamente (avvalendosi anche dell'aiuto di GUM Workbench) la serie di 2 resistori, mediante il multimetro DT9205:

Funzione	Range	Accuratezza	Risoluzione
Misura di resistenza	200 Ω	$\pm(1\%VL+2d)$	0.1 Ω
	2 K Ω	$\pm(0.8\%VL+2d)$	1 Ω
	20 K Ω		10 Ω
	200 K Ω		100 Ω
	2 M Ω		1k Ω
	20 M Ω	$\pm(1.2\%VL+2d)$	10 K Ω
	200 M Ω	$\pm(5\%VL+10d)$	100 K Ω

Nel caso della misura indiretta valutare l'incertezza anche con simulazione Mone Carlo. Confrontare i risultati ottenuti (misura diretta-misura indiretta con metodo probabilistico e simulazione MCM)

Esercitazione

✓ **Esercitazione 2 – Misura diretta ed indiretta del parallelo di 2 resistori**

Misurare direttamente ed indirettamente (avvalendosi anche dell'aiuto di GUM Workbench) il parallelo di 2 resistori, mediante il multimetro DT9205:

Funzione	Range	Accuratezza	Risoluzione
Misura di resistenza	200 Ω	$\pm(1\%VL+2d)$	0.1 Ω
	2 K Ω	$\pm(0.8\%VL+2d)$	1 Ω
	20 K Ω		10 Ω
	200 K Ω		100 Ω
	2 M Ω		1k Ω
	20 M Ω	$\pm(1.2\%VL+2d)$	10 K Ω
	200 M Ω	$\pm(5\%VL+10d)$	100 K Ω

Nel caso della misura indiretta valutare l'incertezza anche con simulazione Mone Carlo. Confrontare i risultati ottenuti (misura diretta-misura indiretta con metodo probabilistico e simulazione MCM)

Soluzione parziale

Dalle singole misure con il multimetro DT9205 si ottiene:

$$\bar{R}_1 = 565 \, \Omega \quad \text{Accuratezza } (R_1) = \pm(0.008 \times 565 + 2) = 6.52 \, \Omega \text{ (portata da 2 k}\Omega\text{)}$$

$$\bar{R}_2 = 2.69 \, \text{k}\Omega \quad \text{Accuratezza } (R_2) = \pm(0.008 \times 2690 + 20) = 41.52 \, \Omega \text{ (portata da 20 k}\Omega\text{)}$$

Misurando direttamente la serie ed il parallelo otteniamo:

$$\bar{R}_s = 3.25 \, \text{k}\Omega \quad \text{Accuratezza } (R_s) = \pm(0.008 \times 3250 + 20) = 46 \, \Omega \text{ (portata da 20 k}\Omega\text{)}$$

$$\bar{R}_p = 467 \, \Omega \quad \text{Accuratezza } (R_p) = \pm(0.008 \times 467 + 2) = 5.736 \, \Omega \text{ (portata da 2 k}\Omega\text{)}$$

Adesso si possono inserire i primi 2 valori in **Model->Quantity Data** e impostando anche il tipo di incertezza il programma riporterà in last il risultato della misura indiretta, sulla base dell'espressione creata in **Model->Quantity Data**.

Per valutare l'incertezza estesa è necessario scegliere dal menu dell'area Budget la PDF di uscita dal modello, in tal senso la simulazione MCM ci può aiutare perché permette di visionare la PDF di uscita.



Università degli Studi
di Firenze

Dipartimento di Elettronica
e Telecomunicazioni



ANALISI DELL'INCERTEZZA DI MISURA MEDIANTE SOFTWARE

Ing. Simone Giovannetti

Firenze, 29 Maggio 2012