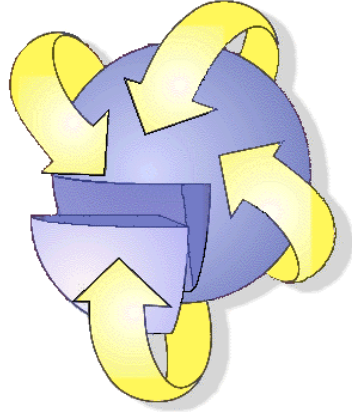




CREI Ven S.c.a.r.l. – Centro Ricerca Elettronica Industriale Veneto

Il “costo dell’incertezza” nella gestione di un laboratorio

# Il “costo dell’incertezza” nella gestione di un laboratorio



**CREI Ven S.c.a.r.l.**

Centro Ricerca Elettronica Industriale Veneto

**[www.creiven.it](http://www.creiven.it)**

**Alessandro Zuccato**

Tel.: 049/8704036

Fax.: 049/8707037

E-mail: [zuccato@creiven.it](mailto:zuccato@creiven.it)



## Incertezza nelle prove

Fare misure accurate

0

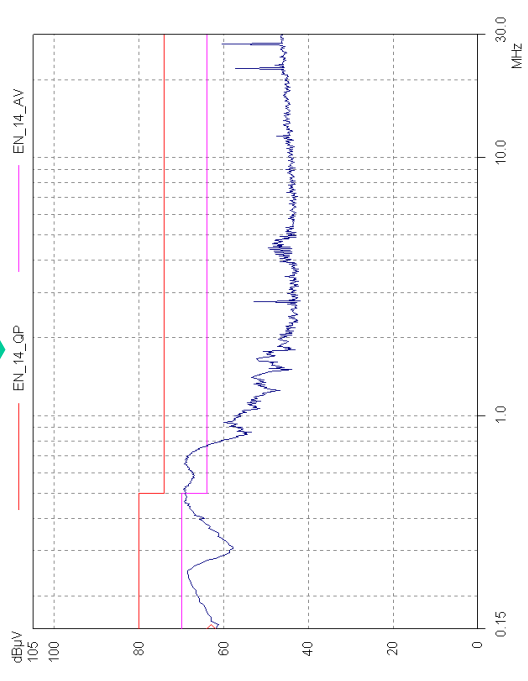
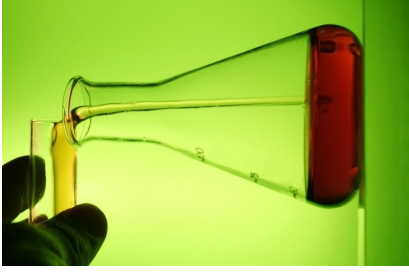
Dichiarare numeri ?



## Produzione



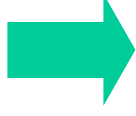
## Servizi di laboratorio



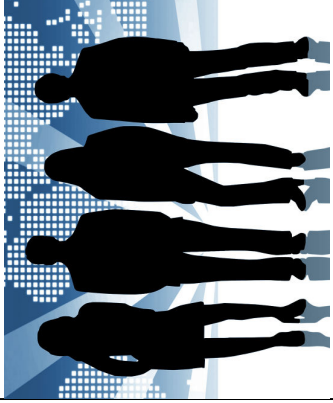


## Misure e prove di laboratorio

E’ difficile riconoscere la bontà del servizio offerto



Valutazione dell’incertezza di misura



Il “costo dell’incertezza” nella gestione di un laboratorio

## I parte: l’intervento degli ingegneri (ma non solo)

Bryan

Incaricato di redigere i calcoli di incertezza per le prove EMC effettuate dal laboratorio

- ingegnere
- colto
- paziente





Bryan:

Il laboratorio lo ha iscritto ad un corso sul calcolo dell’incertezza  
Non ha ancora le idee chiare, nonostante il tempo dedicato e il  
costo sostenuto per il corso.

Decide di utilizzare i documenti disponibili in Internet.

Nel corso gli suggeriscono alcuni riferimenti:

- [sinal.it](http://sinal.it)
- [ukas.com](http://ukas.com)
- [ceiweb.it](http://ceiweb.it)
- [iec.ch](http://iec.ch)



## SINAL.IT

N. di pagine

**DT-0002** 16

Guida per la valutazione e la espressione dell'incertezza nelle misurazioni

**DT-0004** 31

Linee guida per la taratura di strumenti nel settore della compatibilità elettromagnetica e dei campi elettromagnetici ambientali

**DT-0002/1** 17

Esempi applicativi di valutazione dell'incertezza nelle misurazioni elettriche

**DT-0002/6** 15

Guida al calcolo della ripetibilità di un metodo di prova ed alla sua verifica nel tempo

**EA-4/02** 79

Expression of the uncertainty of measurement in calibration

**EA-4/16** 27

EA guidelines on the expression of uncertainty in quantitative testing

**SIT Doc-519** 78

Introduzione ai criteri di valutazione della incertezza di misura nelle tarature



**UKAS.COM**

N. di pagine

**LAB 34**

The Expression of uncertainty in EMC Testing (Aug 2002)

36

**M3003**

The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement (Jan 2007)

82

---

**118**





## NORME IEC / CISPR

N. di pagine

**CISPR 16-4-1**

Treatment of uncertainties in compliance criteria

124

**CISPR 16-4-2**

Uncertainty in EMC measurements

45

**IEC 61000-4-x**

Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4: Testing and measurement techniques

**ENV 13005**



Bryan:

- Alcuni documenti sono molto impegnativi da utilizzare
- Deve dedicare un tempo significativo per studiare il problema
- Gli sembra di ritornare ai tempi dell’università, quando doveva preparare gli esami

Alla fine riesce ad approfondire l’argomento.

E’ pronto ad affrontare i problemi di incertezza.



## Tipici banchi da analizzare

- Misura di emissioni irradiate (30 MHz – 6 GHz)
- Misura di potenza di disturbo (30 MHz – 300 MHz)
- Misura di emissioni condotte (9 kHz – 30 MHz: LISN, VP, ISN, ...)
- Misura di correnti armoniche
- Misura di flicker
- Misura di disturbo intermittente (clic)
- Immunità alle scariche elettrostatiche
- Immunità ai campi elettromagnetici irradiati (80 MHz – 6 GHz)
- Immunità ai fast transient (burst)
- Immunità ai surge
- Immunità ai disturbi condotti (150 kHz – 230 MHz)
- Immunità ai campi magnetici
- Immunità alle variazioni della tensione di rete e ai buchi di rete



## Tipiche varianti dei banchi di prova

- Alimentazione monofase o trifase. Es.:
  - ✓ Emissioni condotte (diverse LISN)
  - ✓ Immunità ai disturbi condotti (diverse CDN)
  - ✓ Immunità ai disturbi impulsivi (diverse reti di accoppiamento)
- Tipi di segnale. Es.:
  - ✓ Emissioni condotte (VP, ISN, CVP)
  - ✓ Immunità ai disturbi condotti (EM CLAMP)
  - ✓ Immunità ai disturbi impulsivi (Capacitive clamp)
- Campi di misura/prova. Es.:
  - ✓ Emissioni irradiate (30 MHz – 1 GHz, 1 GHz – 18 GHz)
  - ✓ Emissioni condotte (150 kHz – 30 MHz, 9 kHz – 30 MHz)
  - ✓ Immunità ai disturbi irradiati (80 MHz – 1 GHz, 1 GHz – 6 GHz)
  - ✓ Immunità ai disturbi impulsivi (Capacitive clamp)

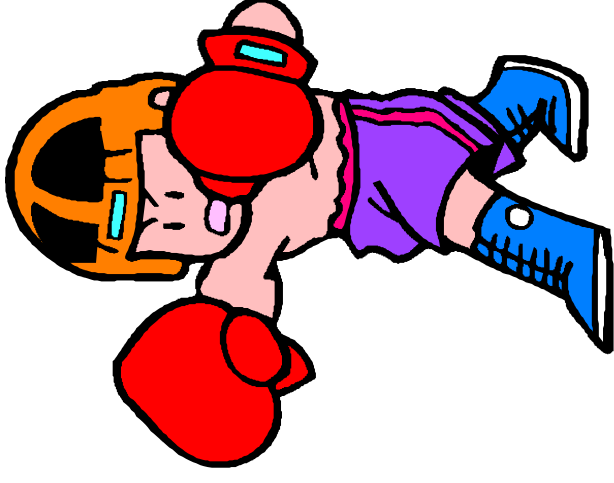
Nello scenario presentato Bryan individua circa 20 valutazioni di incertezza da redigere



## Budget delle risorse

- Obiettivo: determinare i valori di incertezza per ogni banco (e per ogni variante)
- Stima dei tempi: circa 4 ore per ogni banco
- Previsione:  $4 \times 20 = 80$  ore
- In un paio di settimane Bryan finisce
- Si affronta il problema

Il “costo dell’incertezza” nella gestione di un laboratorio





## Emissioni irradiate

Il misurando (E) si ottiene a partire dalla lettura del ricevitore ( $V_r$ ) utilizzando i fattori d'antenna (*free-space*):

$$E = V_r + L_c + F_A + \sum_i C_i^{IQ}$$

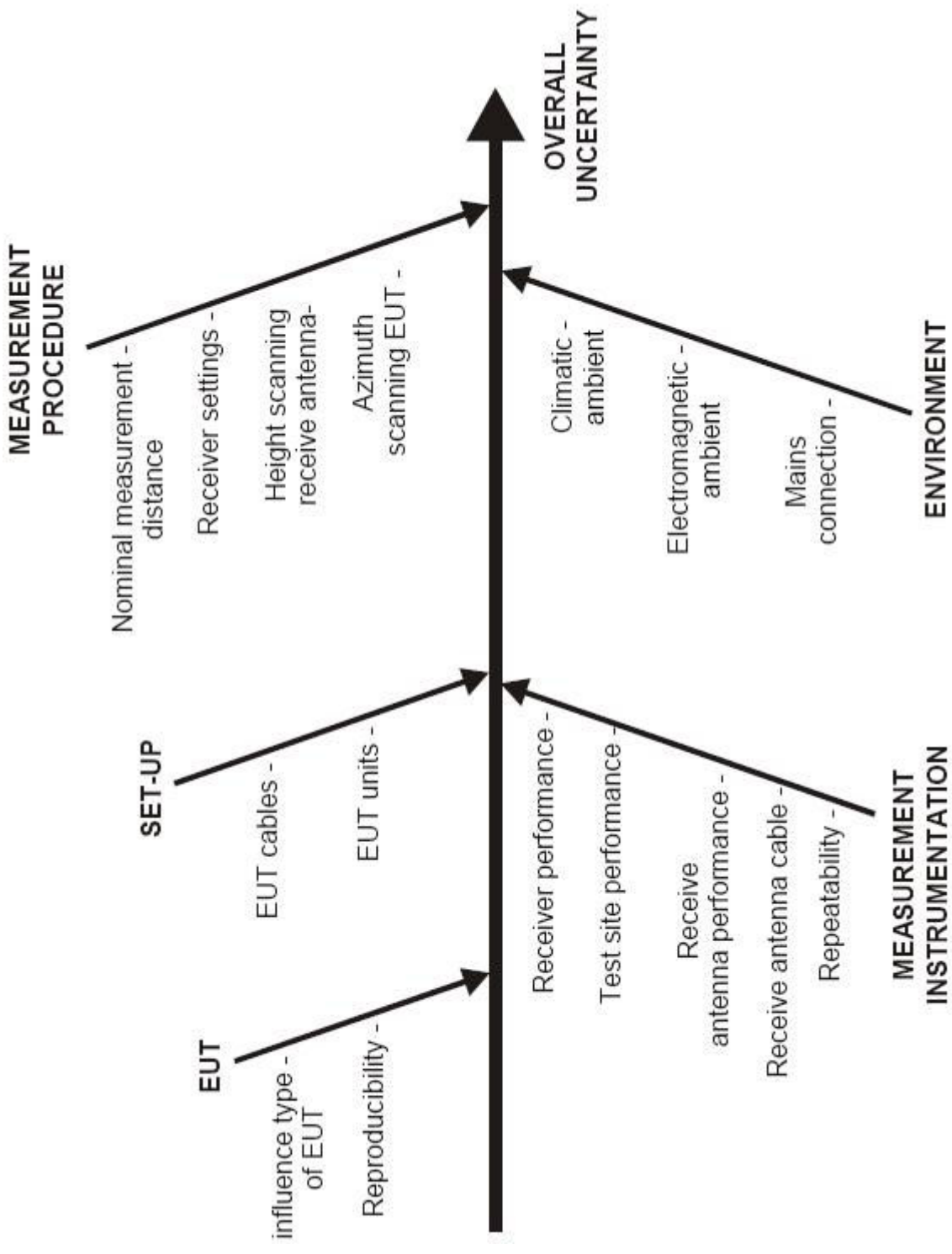
Dove

- E = campo elettromagnetico
- $V_r$  = lettura del ricevitore
- $L_c$  = attenuazione della tratta tra antenna e ricevitore
- $F_A$  = fattori di antenna
- $\Sigma C$  = somma dei contributi forniti dalle varie quantità che possono influenzare l'esito della misura



## Emissioni irradiate – possibili fattori di influenza della misura

Il “costo dell’incertezza” nella gestione di un laboratorio





## Dati necessari

- Rapporto di taratura del ricevitore
  - ✓ Tipicamente realizzato da laboratori esterni
- Rapporto di taratura dell’antenna
  - ✓ Tipicamente realizzato da laboratori esterni
- Rapporto di taratura del sito di misura
  - ✓ Eseguibile in proprio
- Rapporto di taratura dei cavi/attenuatori
  - ✓ Tipicamente realizzato in laboratorio





**Il calcolo dell'incertezza richiede la conoscenza di alcuni parametri che potrebbero non essere valutati a priori**

- Es.: valutazione del contributo di incertezza dovuto al disadattamento della linea
- Viene calcolata dai parametri di scattering mediante l'equazione di Harris e Warner:

$$M = \frac{8.686}{\sqrt{2}} \left[ |\Gamma_g|^2 (|s_{11a}|^2 + |s_{11b}|^2) + |\Gamma_{ric}|^2 (|s_{22a}|^2 + |s_{22b}|^2) + |\Gamma_g|^2 \cdot |\Gamma_{ric}|^2 (|s_{21a}|^4 + |s_{21b}|^4) \right]^{0.5}$$

- dove  $\Gamma_g$  e  $\Gamma_{ric}$  sono rispettivamente il coefficiente di riflessione del generatore di segnali e dell'ingresso del ricevitore.
- Entrambi si ricavano mediante il valore di SWR presente nel rapporto di taratura



## Impiego dei dati di incertezza strumentale

Il “costo dell’incertezza” nella gestione di un laboratorio

Conseguenza:  
aumento del costo delle tarature



## Contributi dovuti alla ripetibilità

La valutazione dell'incertezza del banco richiede anche l'analisi di ripetibilità

La responsabilità per i difetti di ripetibilità può essere attribuita a:

- Apparato sotto test (EUT)
- Prescrizioni contenute nel metodo utilizzato (es. Indicazioni di allestimento del setup)
- Catena strumentale utilizzata

... si accorge che deve fare delle misure aggiuntive !



## Altre tarature richieste

Il “costo dell’incertezza” nella gestione di un laboratorio

- taratura dei cavi e degli attenuatori utilizzati nella misura
- Valutazione del contributo di ripetibilità
  - ✓ misure aggiuntive anche per i cavi
- Valutazione della relativa incertezza di taratura
- taratura del sito di prova
- Valutazione del contributo di ripetibilità
  - ✓ misure aggiuntive anche per i cavi
- Valutazione della relativa incertezza di taratura



## Emissioni irradiate

Il “costo dell’incertezza” nella gestione di un laboratorio

... ci siamo ...



## Il "costo dell'incertezza" nella gestione di un laboratorio

Input quantity	$X_i$	Uncertainty of $x_i$		$c_i M(x_i)^b$ dB
		dB	Probability distribution function	
Receiver reading A1) a	$V_r$	$\pm 0,1$	$k = 1$	0,10
Attenuation: antenna-receiver A2)	$A_c$	$\pm 0,1$	$k = 2$	0,05
Biconical antenna factor D1)	$F_A$	$\pm 2,0$	$k = 2$	1,00
Receiver corrections:				
Sine wave voltage A3)	$\delta V_{sw}$	$\pm 1,0$	$k = 2$	0,50
Pulse amplitude response A4)	$\delta V_{pa}$	$\pm 1,5$	Rectangular	0,87
Pulse repetition rate response A4)	$\delta V_{pr}$	$\pm 1,5$	Rectangular	0,87
Noise floor proximity A5)	$\delta V_{nf}$	<b><math>\pm 0,5/0,0</math></b>	<b>Rectangular</b>	<b>0,29</b>
Mismatch: antenna-receiver A6)	$\delta M$	$+0,9/-1,0$	U-shaped	0,67
Biconical antenna corrections:				
AF frequency interpolation D2)	$\delta F_{Af}$	$\pm 0,3$	Rectangular	0,17
AF <del>div</del> variation with height D3)	$\delta F_{Ah}$	<b><math>\pm 1,0</math></b>	Rectangular	<b>0,58</b>
Directivity difference D4)	$\delta F_{Adir}$ at 3 m	$\pm 0,0$		0,00
	$\delta F_{Adir}$ or 10 m	$\pm 0,0$		0,00
	$\delta F_{Adir}$ or 30 m	$\pm 0,0$		0,00
Phase centre location D5)	$\delta F_{Aph}$ at 3 m	$\pm 0,0$		0,00
	$\delta F_{Aph}$ or 10 m	$\pm 0,0$		0,00
	$\delta F_{Aph}$ or 30 m	$\pm 0,0$		0,00
Cross-polarisation D6)	$\delta F_{Acp}$	$\pm 0,0$		0,00
Balance D7)	$\delta F_{Abal}$	$\pm 0,3$	Rectangular	0,17
Site corrections:				
Site imperfections D8)	$\delta \Delta_N$	$\pm 4,0$	Triangular	1,63
Separation distance D9)	$\delta d$ at 3 m	$\pm 0,3$	Rectangular	0,17
	$\delta d$ or 10 m	$\pm 0,1$	Rectangular	0,08
	$\delta d$ or 30 m	$\pm 0,0$	Rectangular	0,00
<b>Effect of setup table material D11)</b>	<b><math>\delta \Delta_{MT}</math></b>	<b><math>\pm 0,0</math></b>		<b>0,0</b>
Table height D10)	$\delta h$ at 3 m	$\pm 0,1$	$k = 2$	0,05
	$\delta h$ or 10 m	$\pm 0,1$	$k = 2$	0,05
	$\delta h$ or 30 m	$\pm 0,1$	$k = 2$	0,05

<sup>a</sup> Superscripts refer to numbered comments in the annexes, see article A.2.

<sup>b</sup> All  $c_i = 1$ , see article A.2



## Emissioni irradiate

Il “costo dell’incertezza” nella gestione di un laboratorio

Risultato:

Valori tipici di incertezza compresi tra 3 e 5 dB

- Bryan può comunicare ai suoi capi l’incertezza che caratterizza le misure di emissione irradiata
- Le 4 ore iniziali sono solo un ricordo
- Siamo solo al I dei 20 punti previsti !



## Valutazione dell'incertezza

Il “costo dell'incertezza” nella gestione di un laboratorio

simili considerazioni devono essere effettuate  
per le altre 19 situazioni in esame !





## II parte: il contributo dei (bravi) tecnici



Duke e Eric

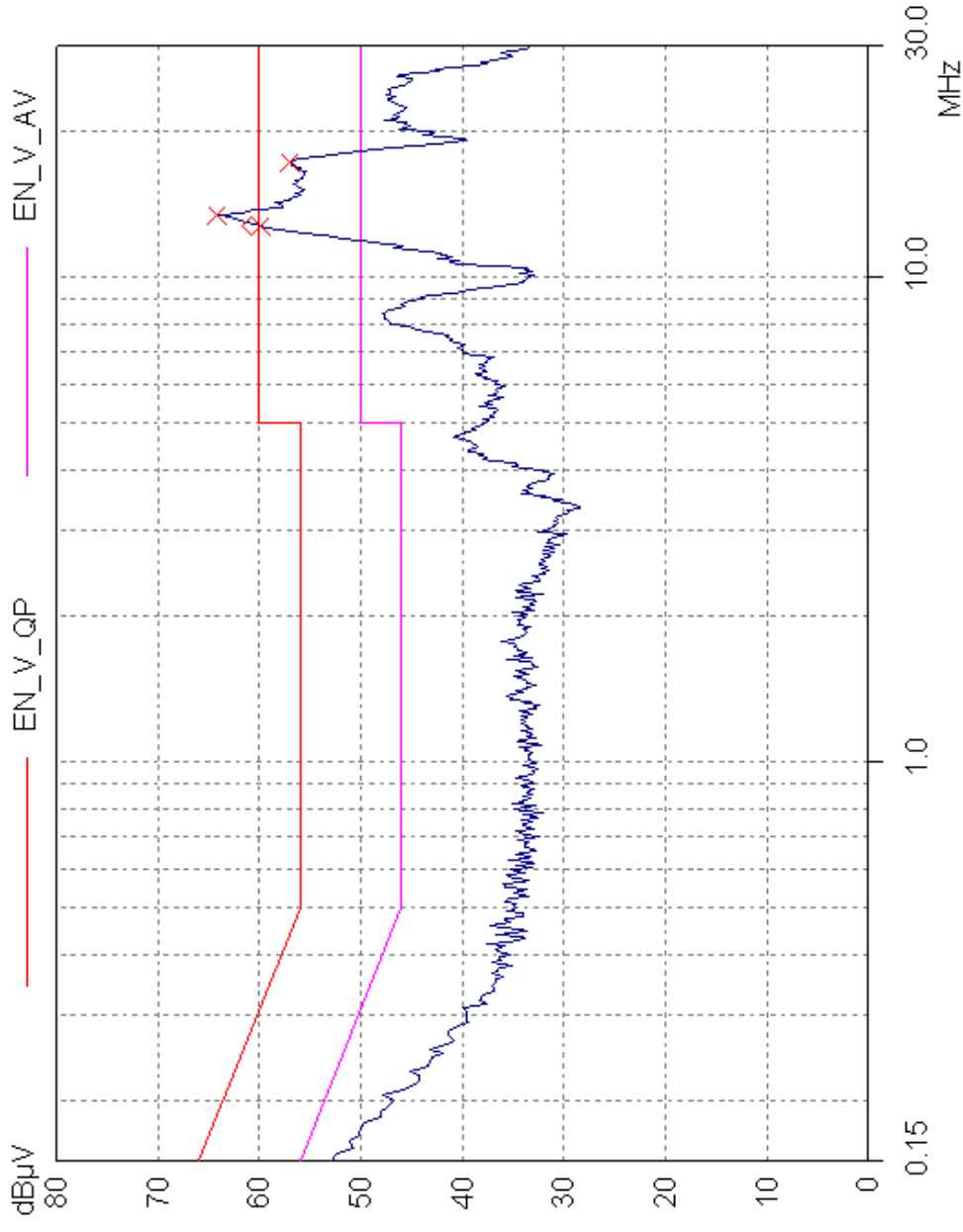
Incaricati di eseguire le prove EMC

- approccio tecnico
- determinante senso pratico
- veloci e precisi
- rilevante conoscenza degli apparati
- grande esperienza



## Em. cond. sul cavo di alimentazione (II)

Il “costo dell’incertezza” nella gestione di un laboratorio

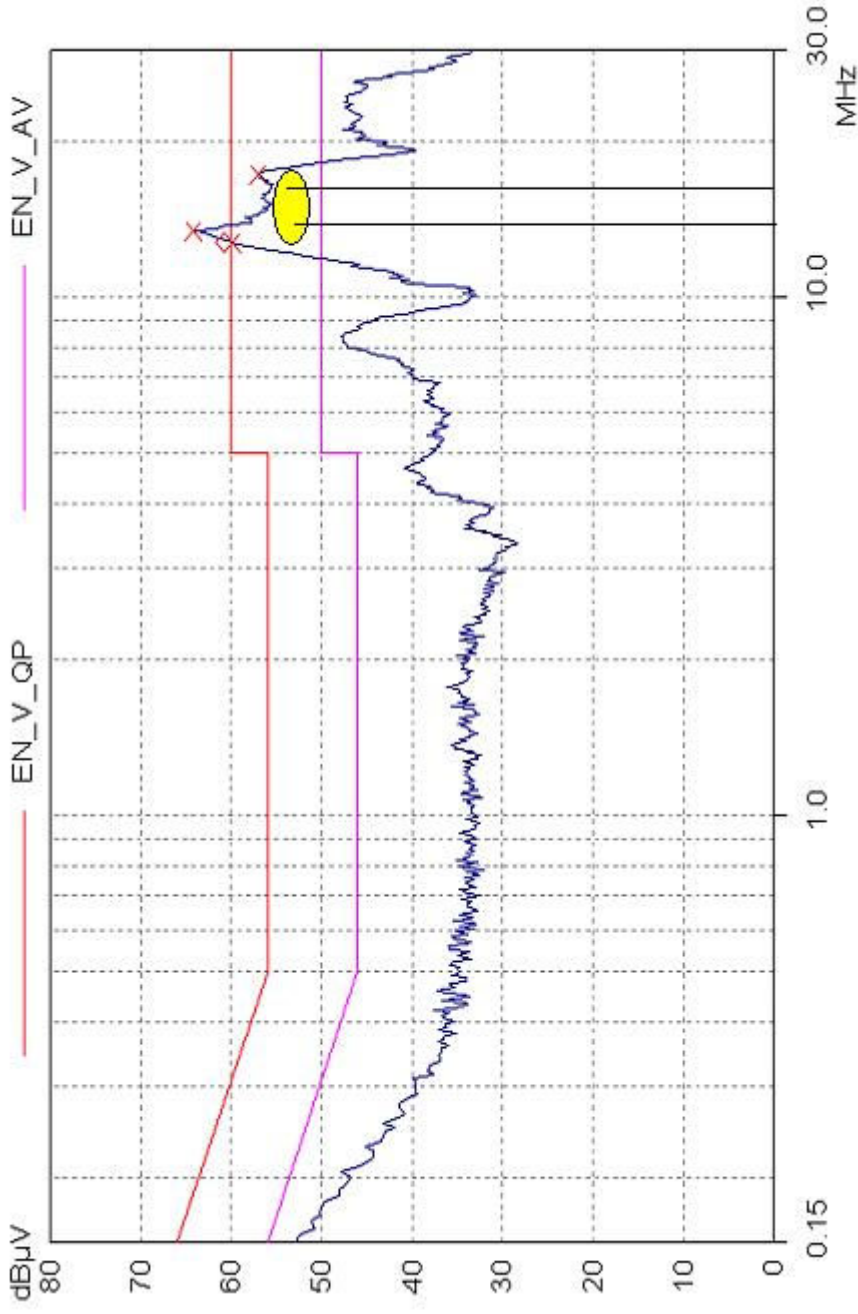


QP e AV < 40 dBμV, esito: PASS



## Duke e Eric comprendono però il prodotto ...

Il “costo dell’incertezza” nella gestione di un laboratorio

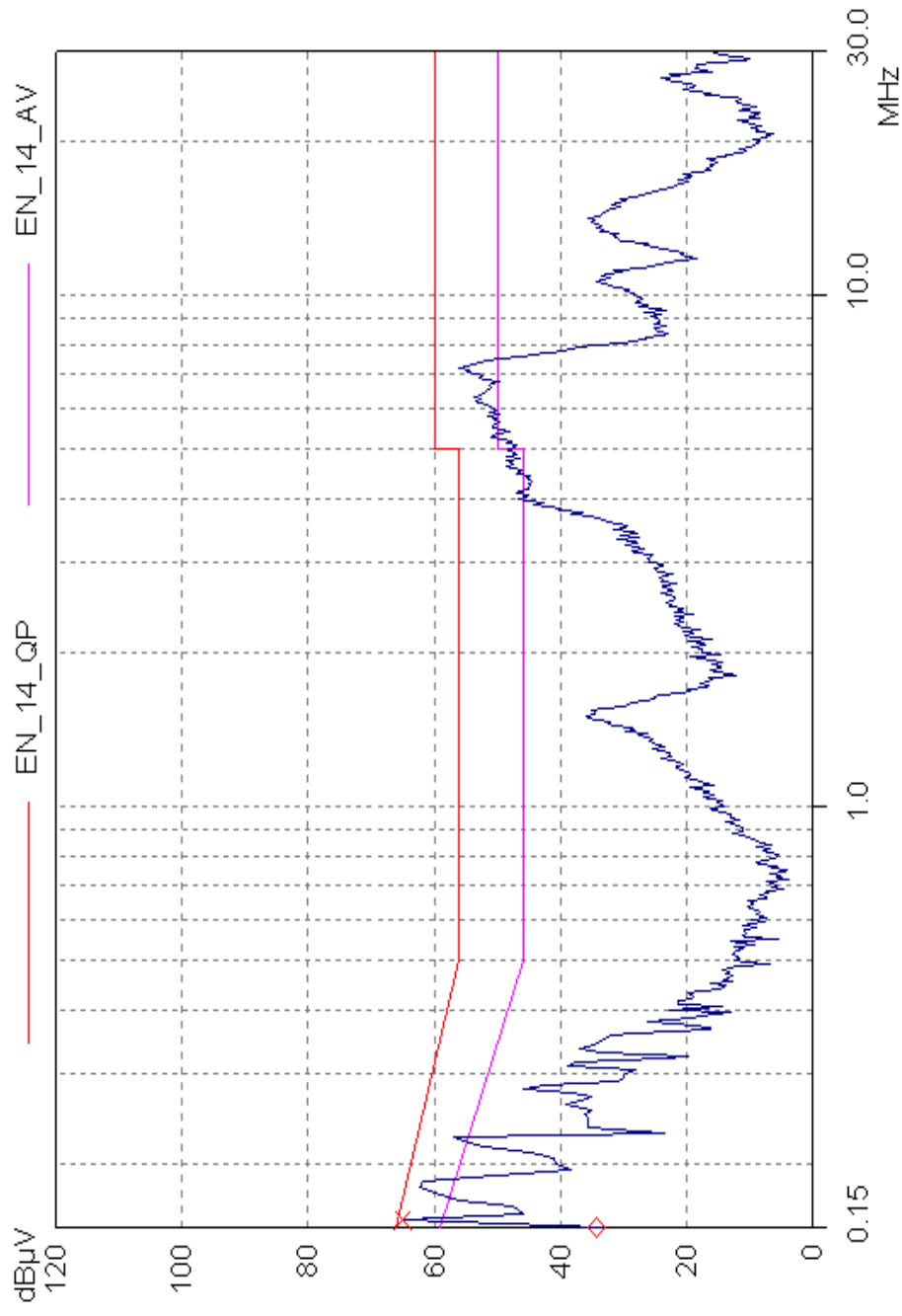


AV < 50 dBμV, esito: FAIL  
... altro che frazioni di dB ...



## Em. cond. sul cavo di alimentazione (II)

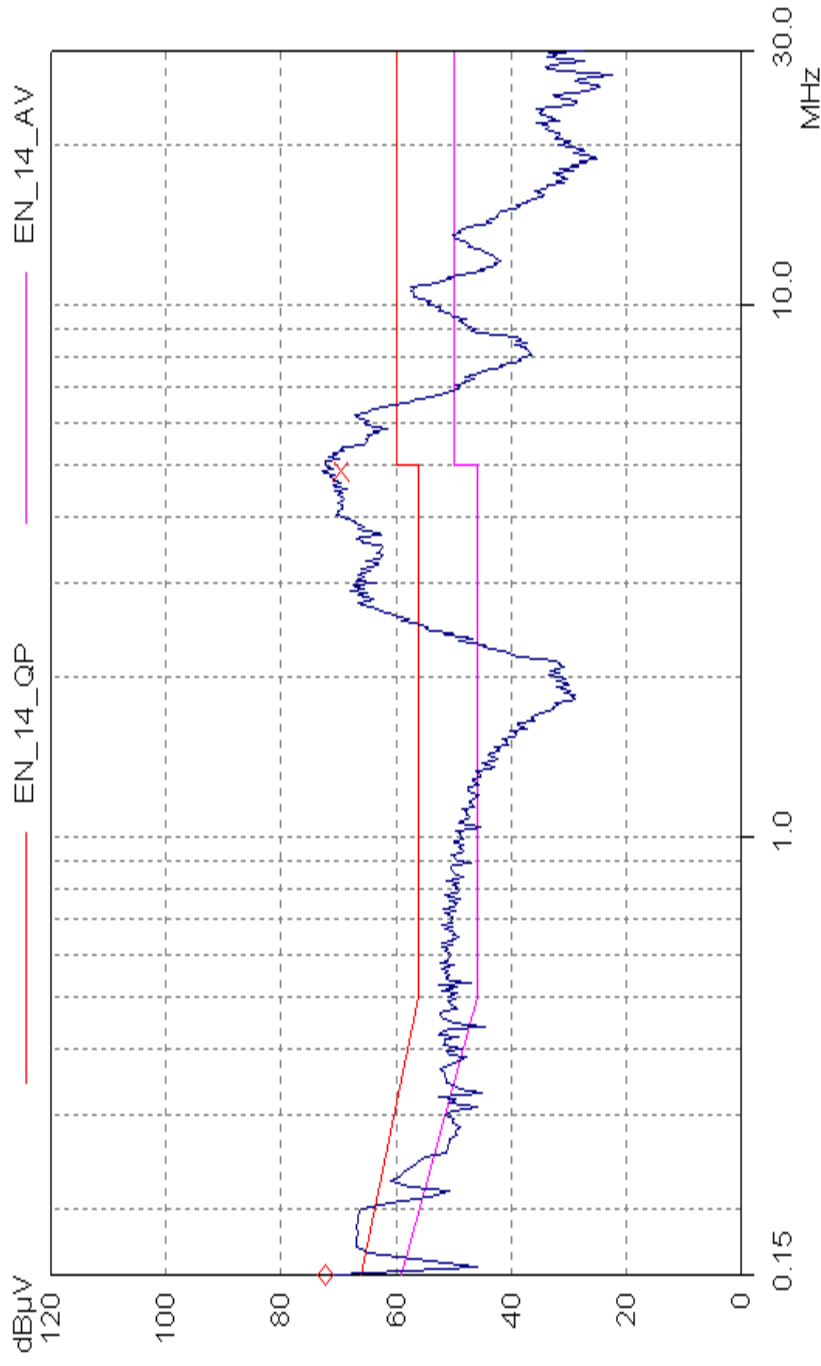
Il “costo dell’incertezza” nella gestione di un laboratorio





## Duke e Eric comprendono però il prodotto ...

Il "costo dell'incertezza" nella gestione di un laboratorio



Alcune parti dell'EUT non erano stimulate  
... altro che frazioni di dB ...



## Situazione reale

Nella realtà le valutazioni di incertezza rischiano di essere invalidate da errori/imprecisioni commesse in fase di esecuzione delle misure, che “distruggono” completamente la previsione formulata

La potenziale degradazione dell’incertezza, se non rilevata, può avere effetti “catastrofici”

... altro che frazioni di dB ...



## Situazione reale

Evitare errori

E' necessaria una particolare competenza del personale addetto alle misure e prove, con particolare riferimento a:

- Conoscenza degli apparati sottoposti a prove
- Abilità nei cablaggi
- Abilità nella operatività degli apparati
- Conoscenza delle prescrizioni normative
- Sensibilità del personale sulla conseguenza di certe azioni  
(es. cosa accade se il mio cavo e' piu' lungo di ... ?)
- Conoscenza dei fenomeni in gioco

**QUANTO COSTA TUTTO QUESTO ?**

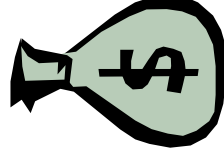


## l'incertezza di misura

Il “costo dell'incertezza” nella gestione di un laboratorio

Il costo è elevato

Quanto costa il mancato controllo dell'incertezza?







## l'incertezza di misura

Il “costo dell'incertezza” nella gestione di un laboratorio

Fare misure accurate

0

Dichiarare numeri ?



## Ringraziamenti

Sig. Pravato

Sig. Majolo

Ing. Stellini