

***Alla ricerca del
(amplificatore) differenziale
perduto...***

di

Pierluigi Poggi IW4BLG

**Questa chiacchierata non è la presentazione
di un progetto concluso ma..**

**..un momento intermedio di un cammino di
ricerca, in cui ci scambiamo delle idee e dei
pareri...**

... quindi...

...mi affido alla clemenza della corte..

I paralipomeni...



Nel quadro delle attività di progettazione a supporto del programma Naturelabs, un importante obiettivo è quello di poter mettere a disposizione degli appassionati un sensore di campo elettrico per SLF-ULF-VLF di tipo “evoluto”...

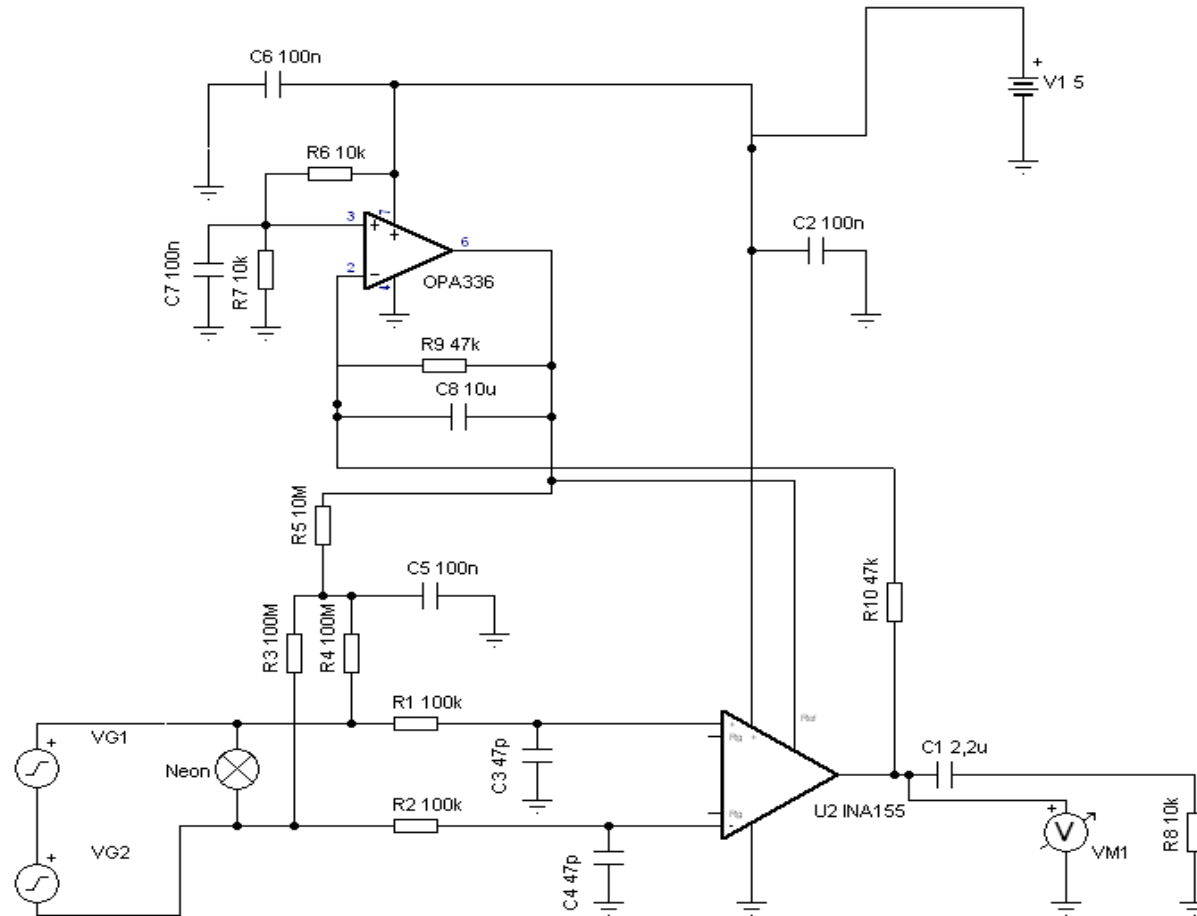
Cosa intendiamo per “evoluto”..

I sensori di campo elettrico “classici” sono in genere caratterizzati da..

- 1. Sensibilità proporzionale all'altezza equivalente da terra**
- 2. Ricezione solo in polarizzazione verticale**
- 3. Banda utile “limitata” e sensibilità in SLF al “mondo circostante”**

**Queste tre caratteristiche complicano
l'attività di chi vuole andare “oltre l'ascolto”,
ma fare vero studio dei segnali**

La mia prima versione, con Instrumental amplifier e “active feedback”

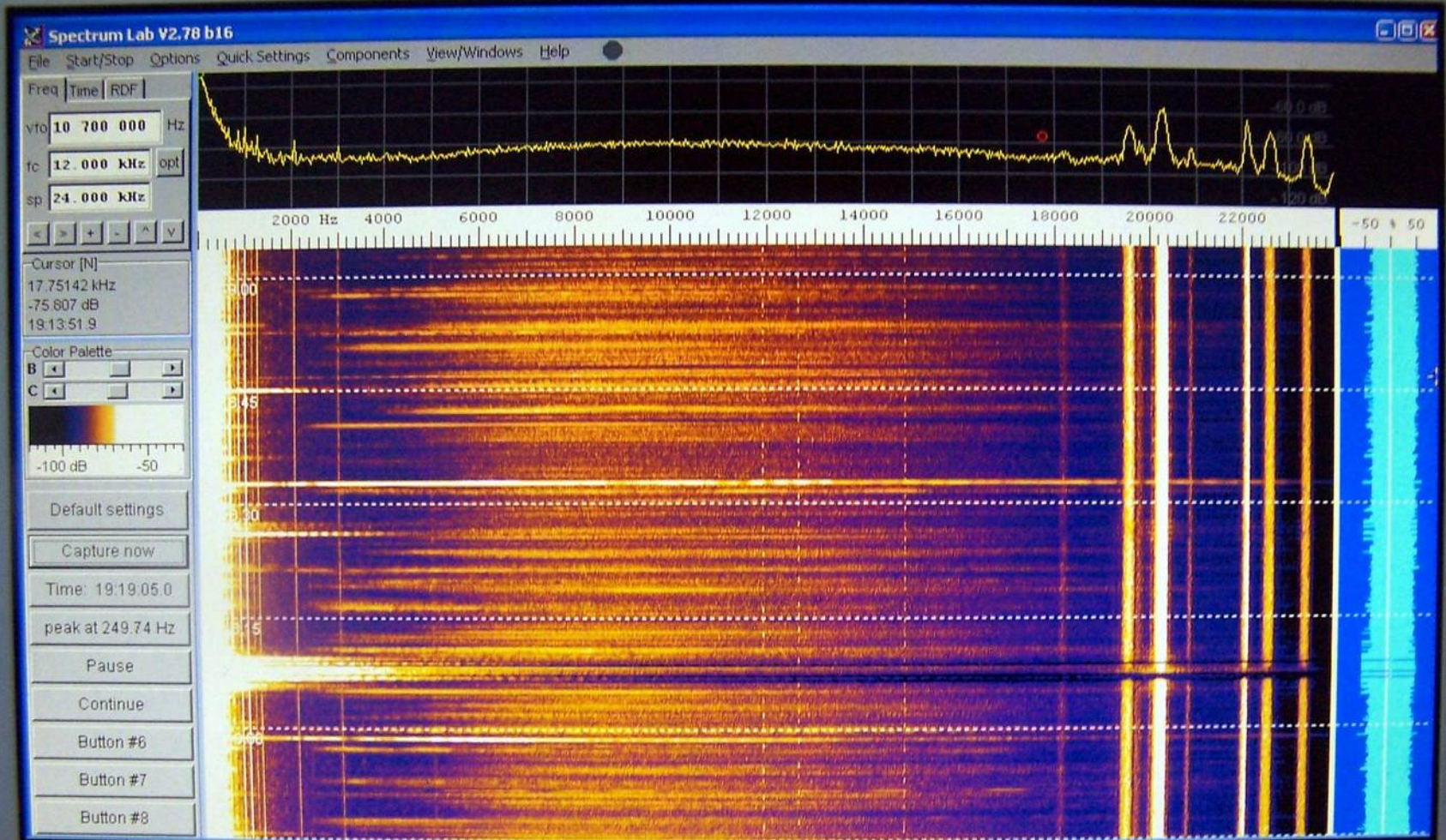


La mia prima versione, “nude look”

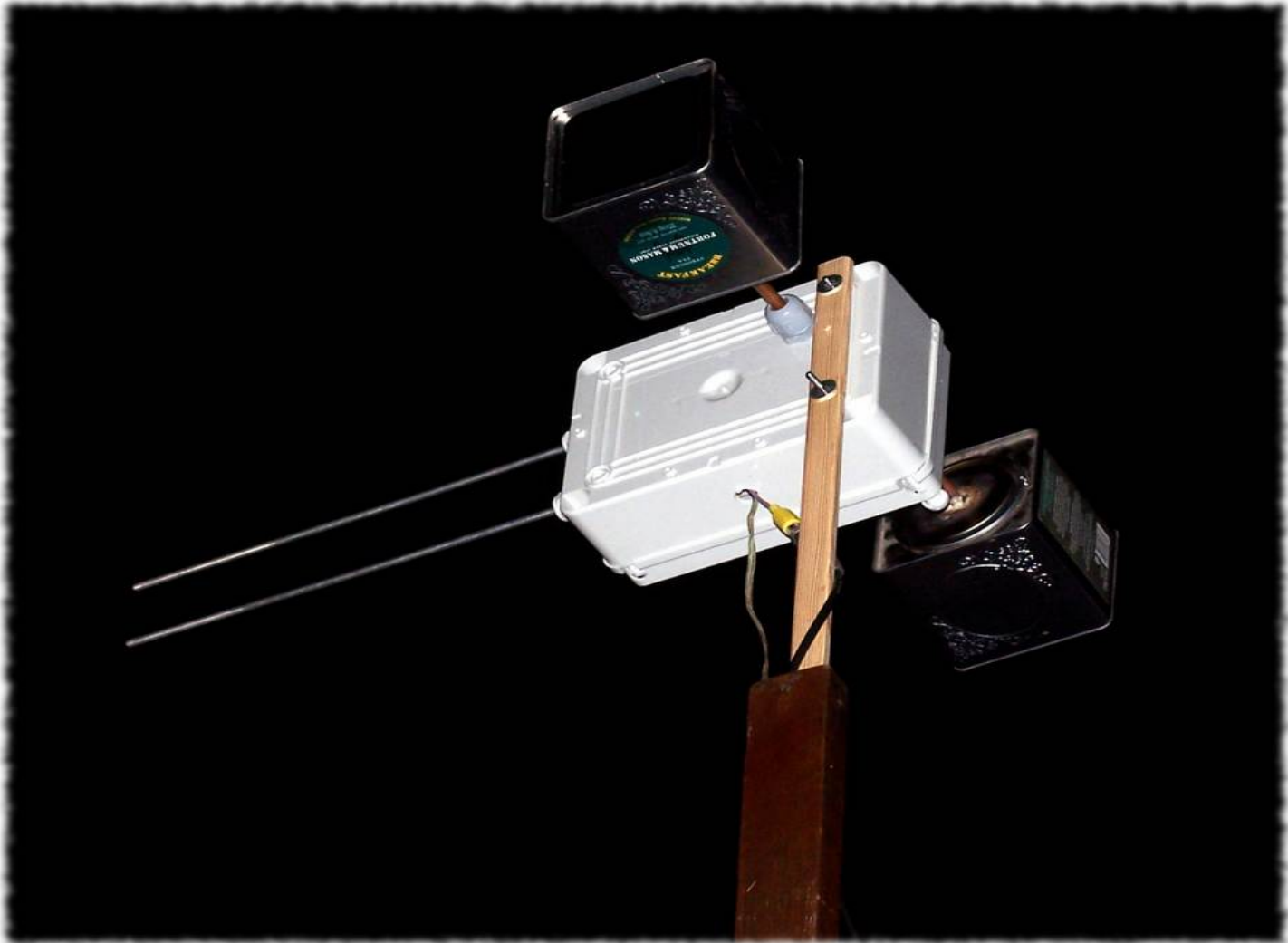


La mia prima versione:

EVVAI, RICEVE!!!!



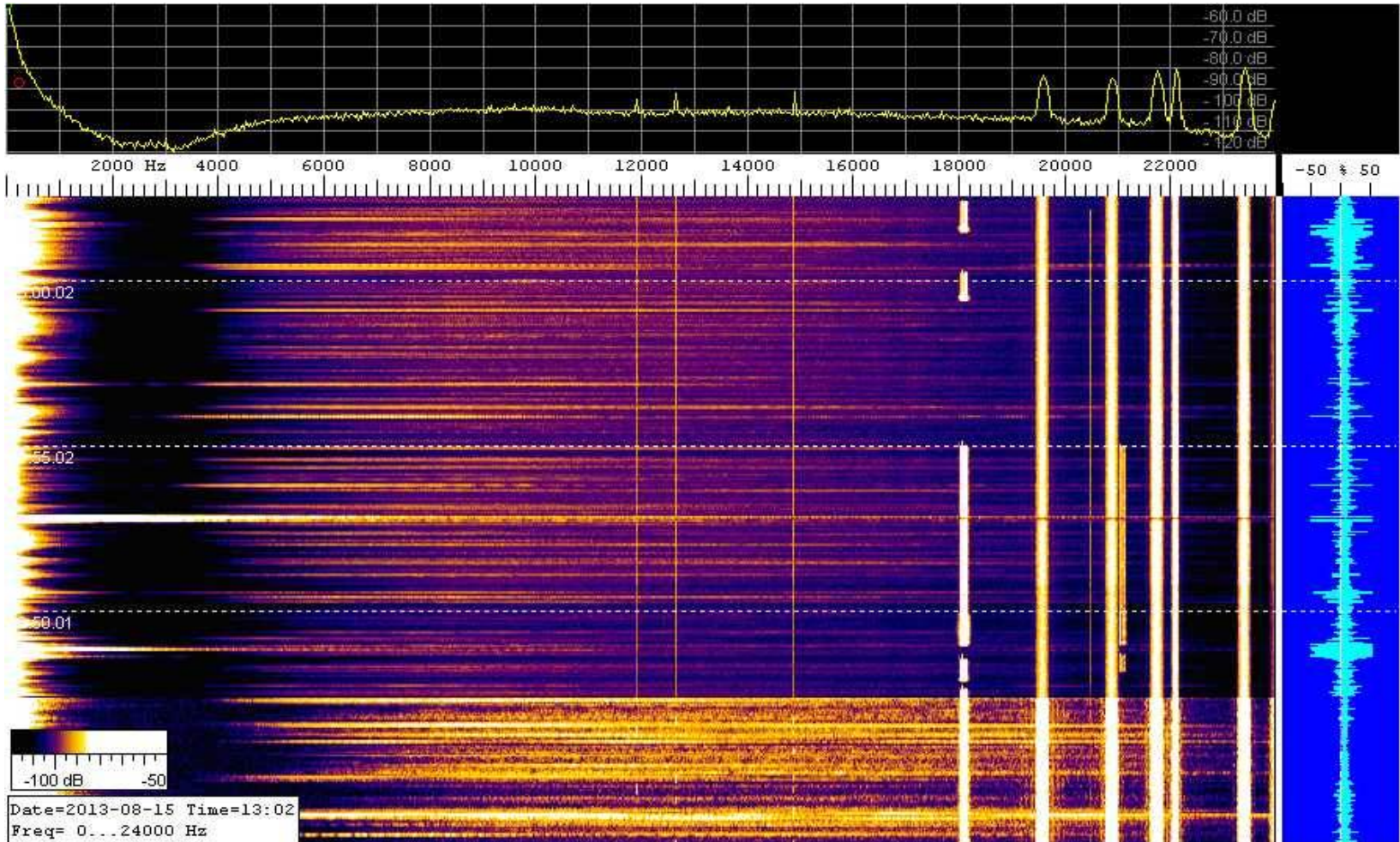
L'appetito vien mangiando... perché non farla a doppia polarizzazione?



Pronti, via... andiamo in montagna a provarla!

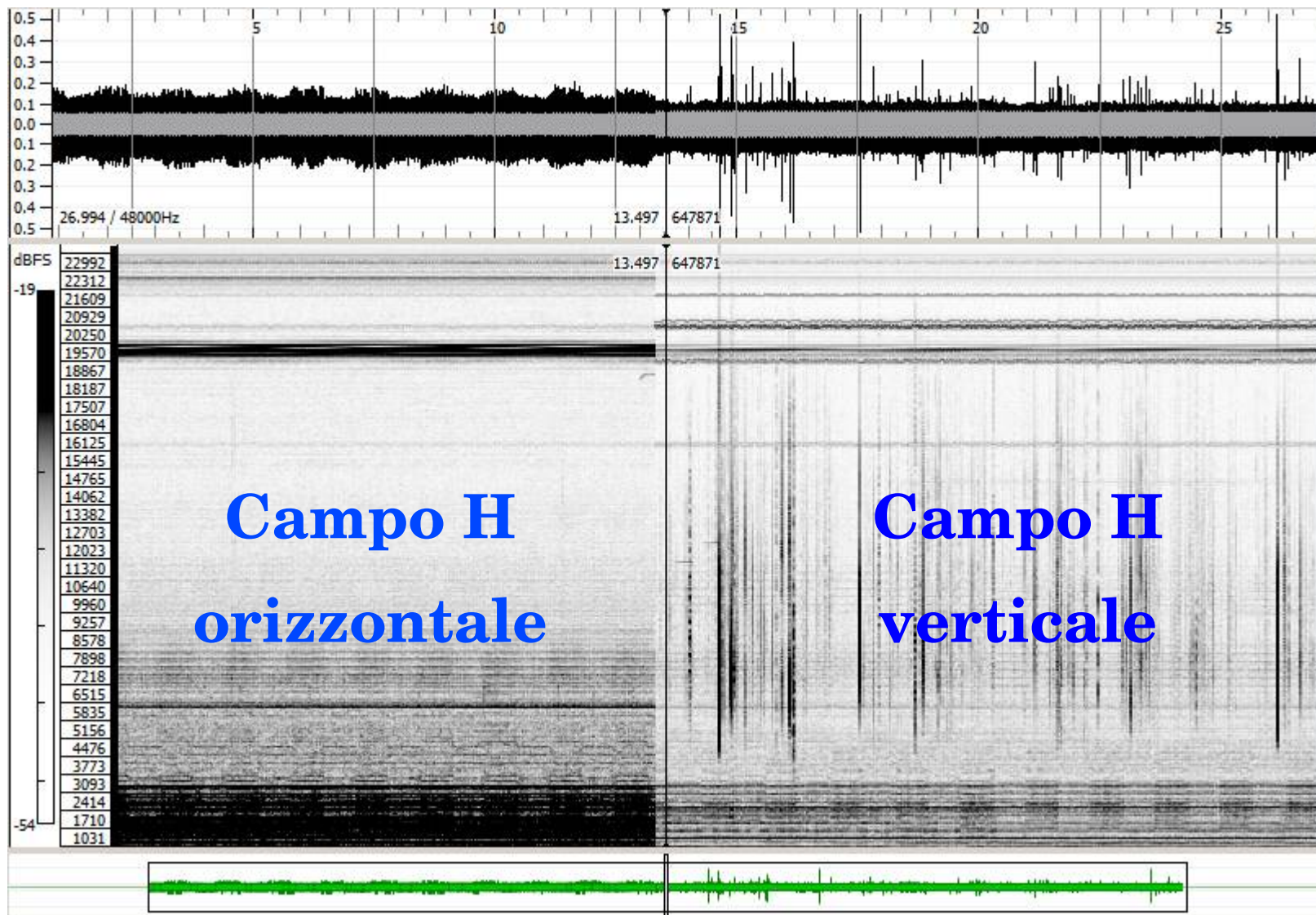


Pronti, via... andiamo in montagna a provarla!



Wow... che bei segnali...!

Il dubbio s'insinua.. ma starò veramente ricevendo in differenziale?



Tnx Renato, IK1QKF

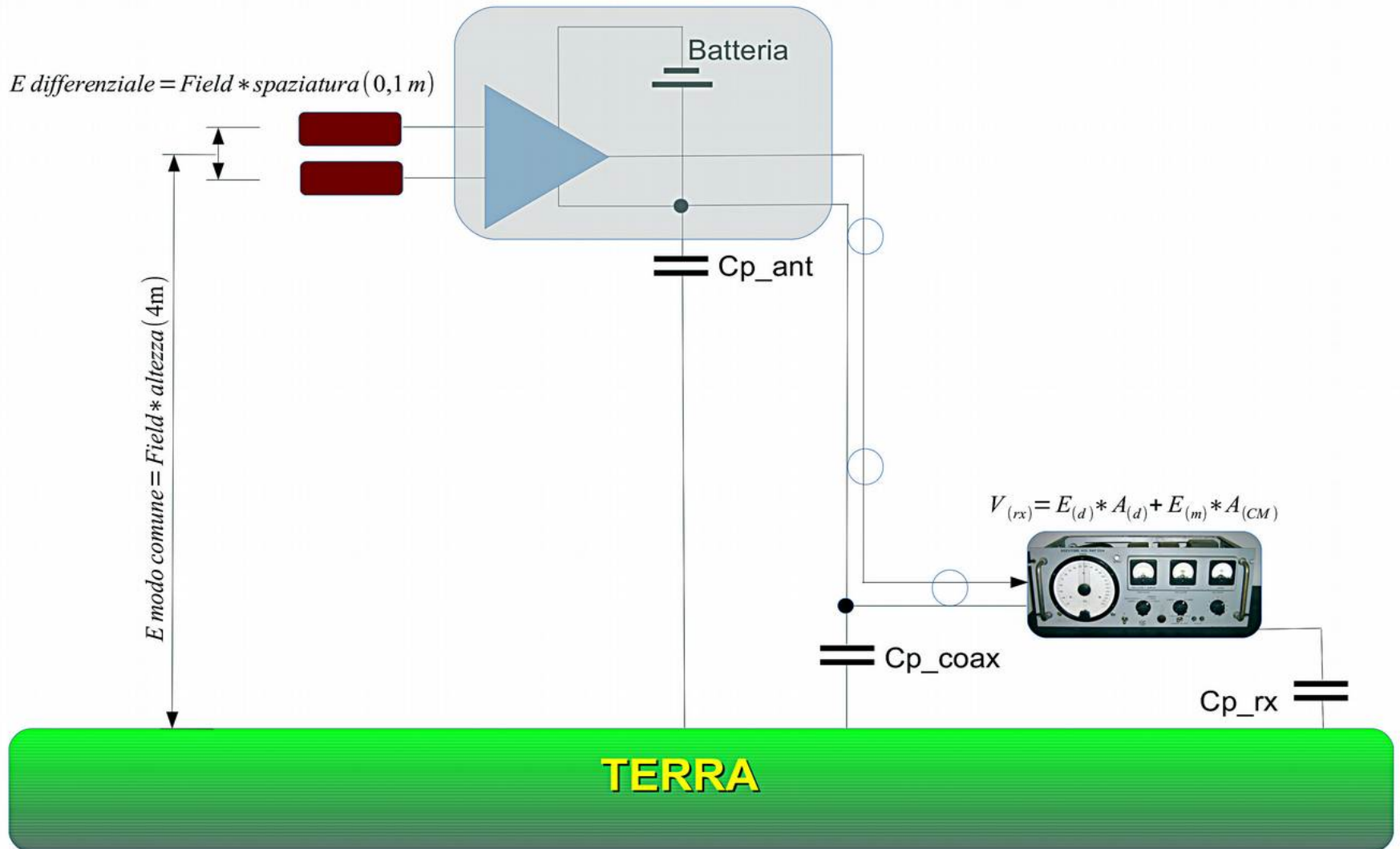
Se invece con la mia antenna non ricevo segnali significativamente differenti fra H e V e il segnale cambia con l'altezza da terra...

**di chi sarà mai la
responsabilità?**

**Il presunto
colpevole!**

Il CMRR

Facciamo 4 conti...



Sviluppiamo i calcoli...

Se l'antenna è a 4m da terra e i captatori sono spaziati di 10cm.. allora ne segue che:

$$\frac{E_{(d)}}{E_{(cm)}} = \frac{0,1}{4} \approx 32\text{dB}$$

Quindi con questa geometria, se vogliamo che segnali di modo comune non appaiano evidenti nel modo differenziale, servono 32 “extra dB” oltre all'isolamento voluto (diciamo 30-40dB?)

Sviluppiamo i calcoli...

Quando si tenti la ricezione in polarizzazione orizzontale, occorre tenere presente anche come i segnali siano in genere più bassi rispetto al verticale e quindi la “necessità” di CMRR aumenti

Diciamo che 80dB è un requirement ragionevole per tutte le situazioni?

L'INA155

SPECIFICATIONS: $V_S = +2.7V$ to $+5.5V$

Boldface limits apply over the specified temperature range, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$

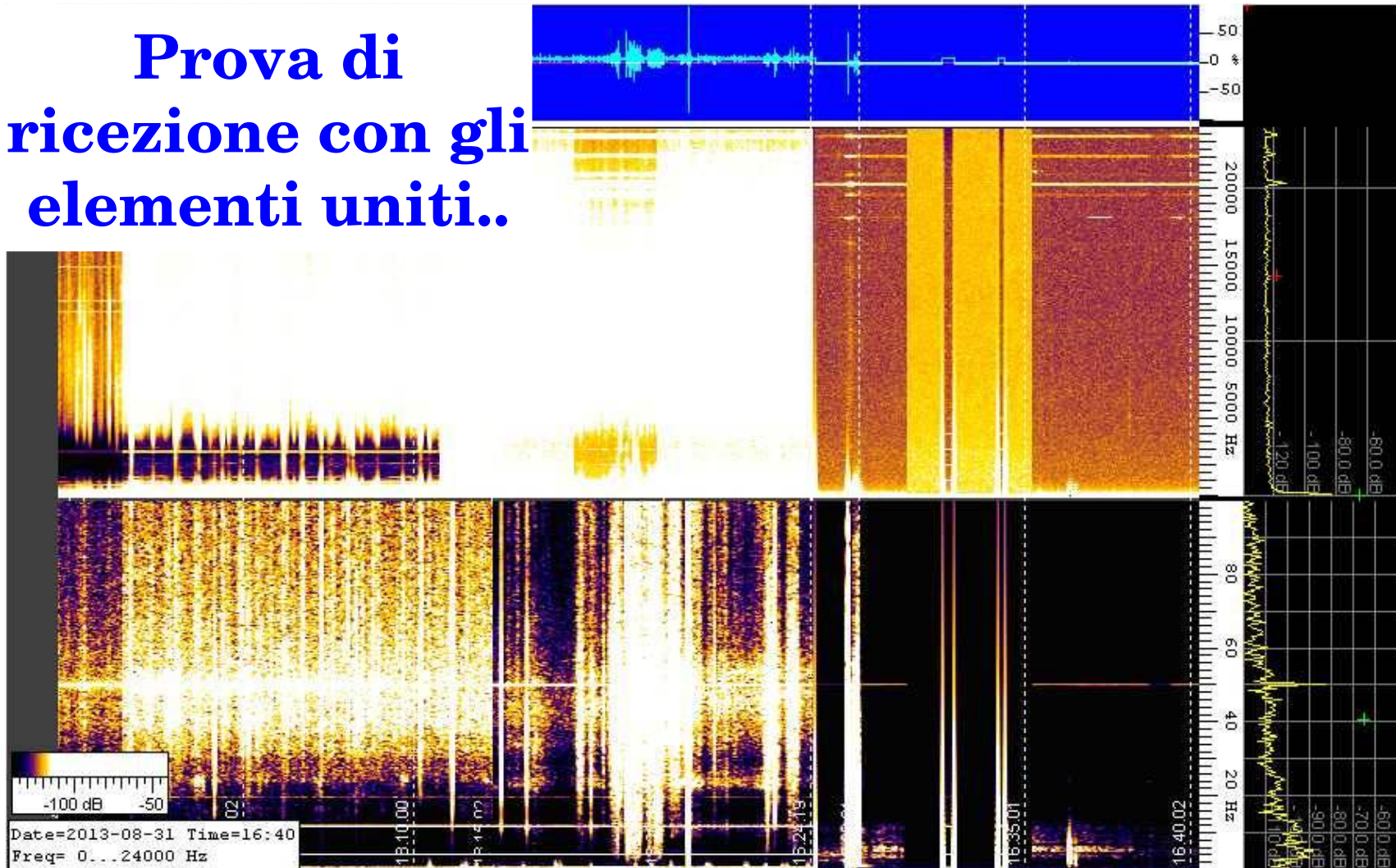
At $T_A = +25^\circ\text{C}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$ connected to $V_S/2$. R_G pins open ($G = 10$), and $\text{Ref} = V_S/2$, unless otherwise noted.

PARAMETER	CONDITION	INA155E, U			INA155EA, UA			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
INPUT								
Offset Voltage, RTI	V_{OS}		± 0.2	± 1		*	*	mV
Over Temperature				± 1.5		*	*	mV
Drift	dV_{OS}/dT		± 5			*	*	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
vs Power Supply	PSRR		± 50	± 200		*	*	$\mu\text{V}/\text{V}$
Over Temperature				± 250		*	*	$\mu\text{V}/\text{V}$
vs Time			± 0.4			*	*	$\mu\text{V}/\text{mo}$
INPUT VOLTAGE RANGE								
Safe Input Voltage			$(V-) - 0.5$	$(V+) + 0.5$	*		*	V
Common-Mode Range ⁽¹⁾	V_{CM}		0.3	$5.2^{(2)}$	*		*	V
			0.2	$2.5^{(2)}$	*		*	V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_S = 5.5\text{V}, 0.6\text{V} < V_{CM} < 3.7\text{V}, G = 10$	92	100	80	*		dB
Over Temperature			85		79			dB
		$V_S = 5.5\text{V}, 0.6\text{V} < V_{CM} < 3.7\text{V}, G = 50$	86	90	77	*		dB
Over Temperature			85		76			dB

Il CMRR dell'operazionale, male che vada supera sempre gli 80dB, quindi dovremmo essere a posto...

I conti non tornano...

Prova di ricezione con gli elementi uniti..



Tagliamo la testa al toro.. o meglio al cavo!



Via il coassiale di discesa, antenna “full float” e connessione in fibra ottica..

Già... pare vada meglio!



Con buona pace di chi sentenzia che non può funzionare..

The screenshot shows a forum thread on the website www.arifidenza.it. The browser window displays the forum's interface, including the user's profile information and the content of the posts.

User 1: Regione Toscana ~ Prov.: Livorno ~ Città: Livorno ~ Messaggi: 373 ~ Membro dal: 30/05/2012 ~ Ultima visita: Oggi
Inserito il - 28/07/2013 : 23:31:19
Anch'io sto testando una mini whip, ma con conoscenze molto più modeste. Comunque devo riconoscere che è un'antenna molto intrigante. 73 Francesco

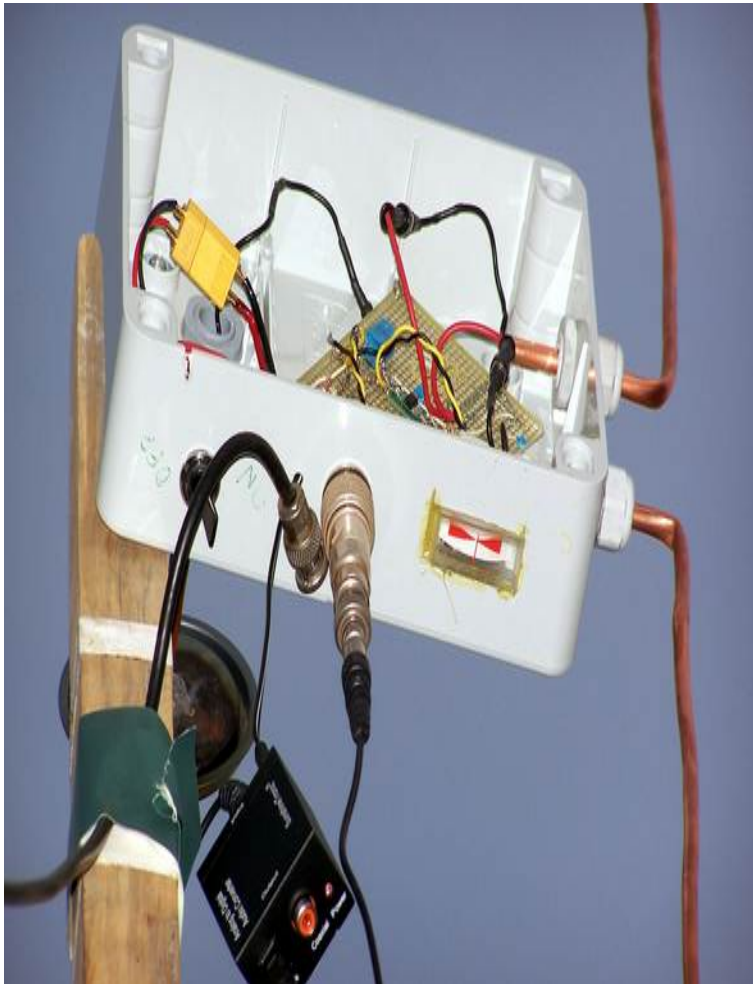
User 2: Città: di Pitagora ~ Messaggi: 222 ~ Membro dal: 04/03/2006 ~ Ultima visita: Ieri
Inserito il - 29/07/2013 : 01:02:10
Messaggio di [redacted]
So, using a mini-whip, an optic link is not a viable replacement for a standard coax cable or a CAT network cable.
Questo conferma quello che ho sempre sostenuto, ovvero che è la calza del cavo che riceve, non il ridicolo rettangolino di rame...
73 de Guido, [redacted]

User 3: Regione Lombardia ~ Prov.: Brescia ~ Città: Fiero ~ Messaggi: 435 ~ Membro dal: 04/09/2006 ~ Ultima visita: Oggi
Inserito il - 29/07/2013 : 11:29:54
Messaggio di [redacted]
So, using a mini-whip, an optic link is not a viable replacement for a standard coax cable or a CAT network cable.
Questo conferma quello che ho sempre sostenuto, ovvero che è la calza del cavo che riceve, non il ridicolo rettangolino di rame...
73 de Guido, [redacted]

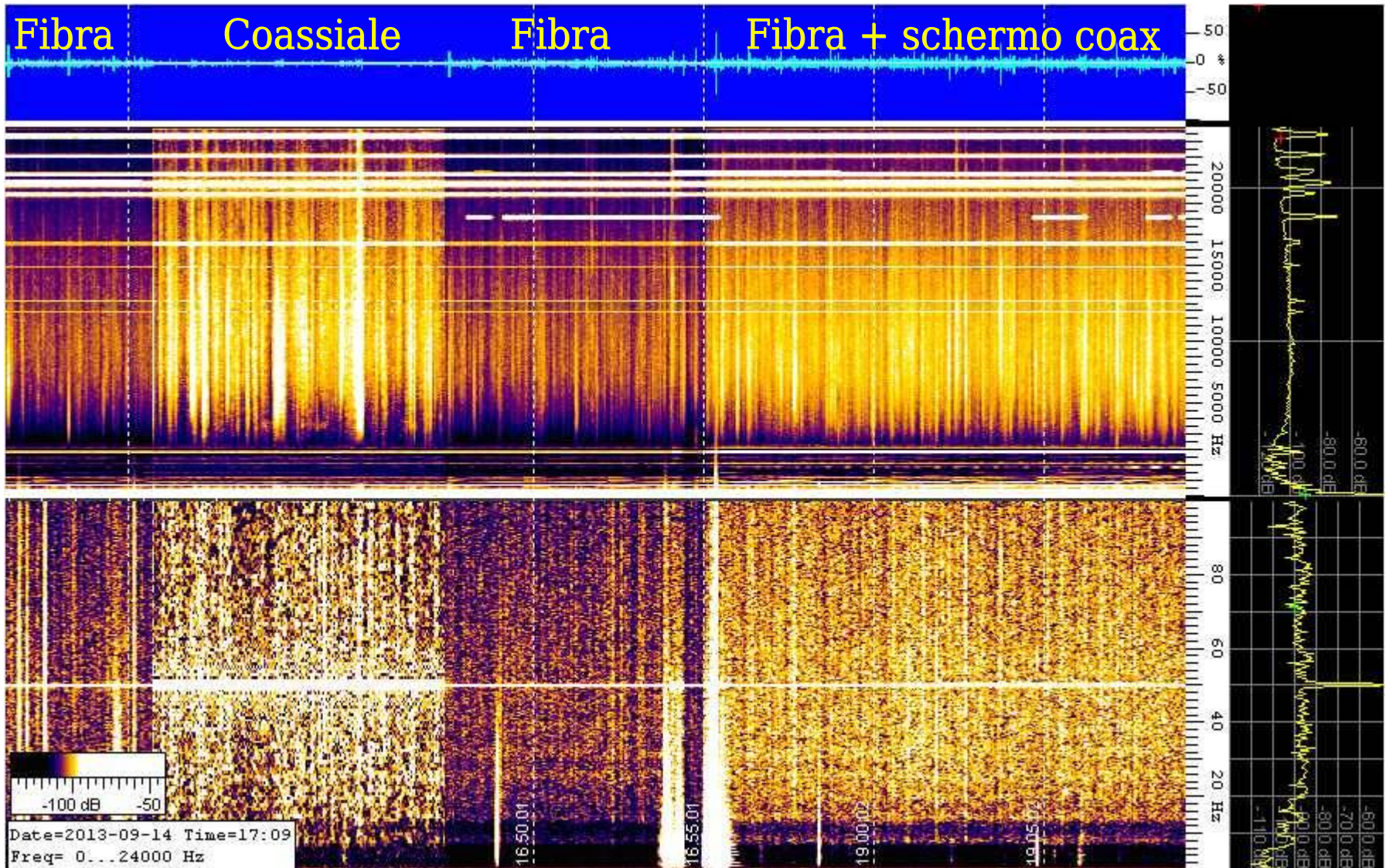
Gia', così' sembra. Una specie di strano "dipolo" con uno stadio buffer nel punto di prelievo del segnale. Bisogna però riconoscere a Roelof l'onesta' di aver fatto il test e reso noto il risultato. Sull'onesta' di PA0RDT comunque non avevo dubbi.
73
Daniele

The bottom of the screenshot shows a weather widget for Boretto, Italy, with temperatures for the week: Sab: 28°C, Dom: 22°C, Lun: 17°C, Mar: 22°C, Mer: 23°C.

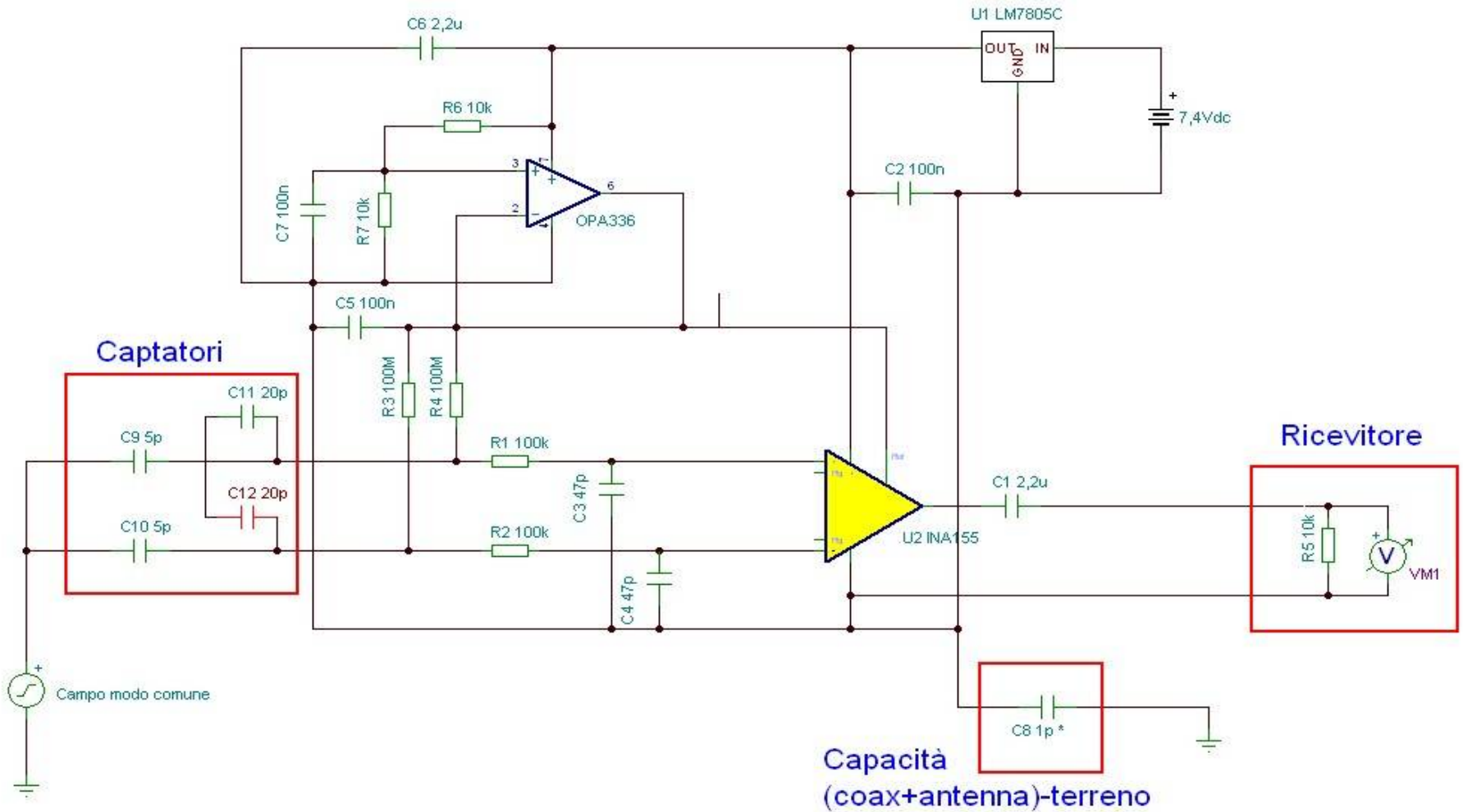
Ma che ruolo ha il cavo? La sua “colpa” è di collegare antenna a ricevitore o c'è “dell'altro”? Facciamo l'elefante a fette e cerchiamo di capire...



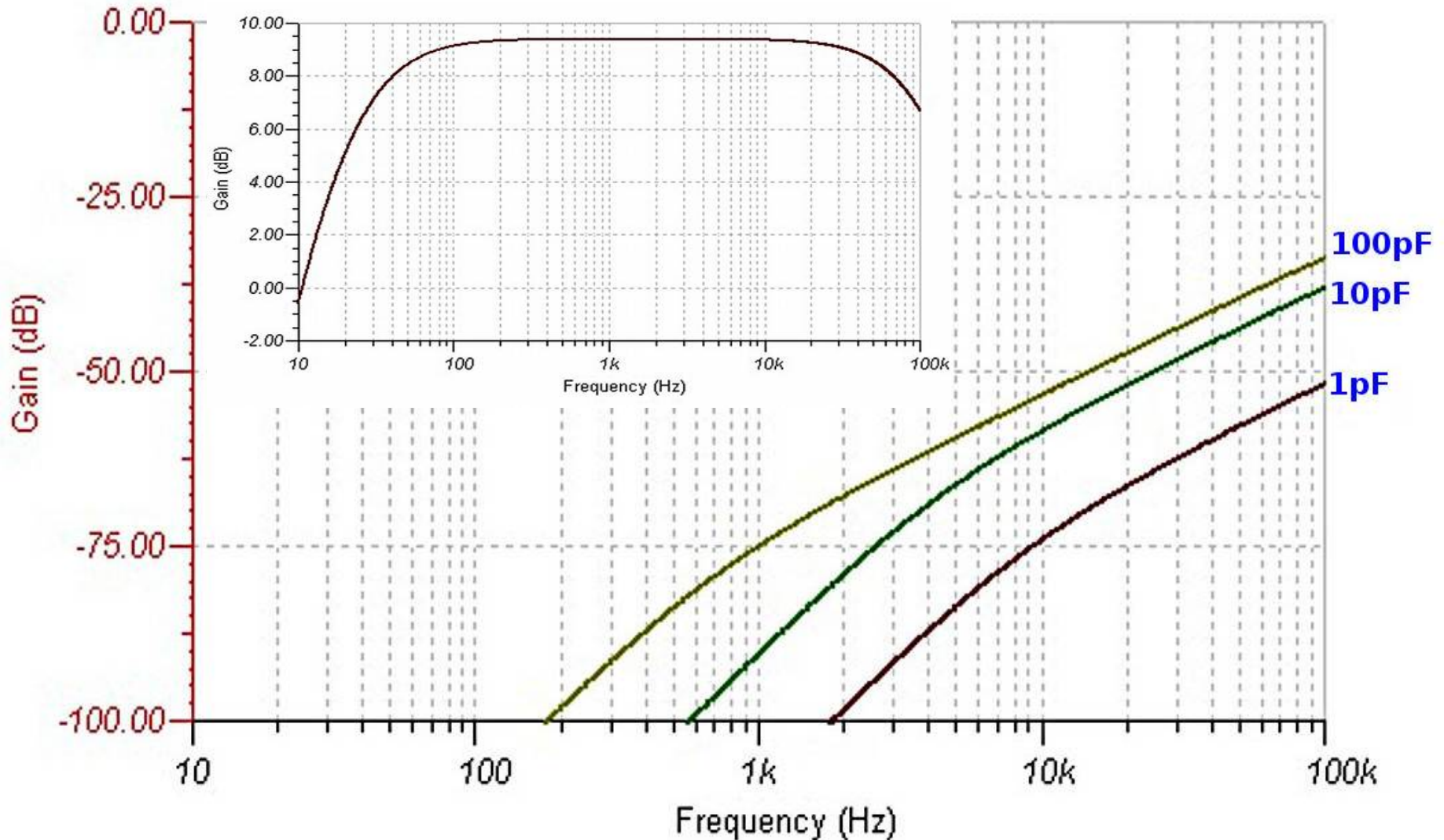
Sorpresa....



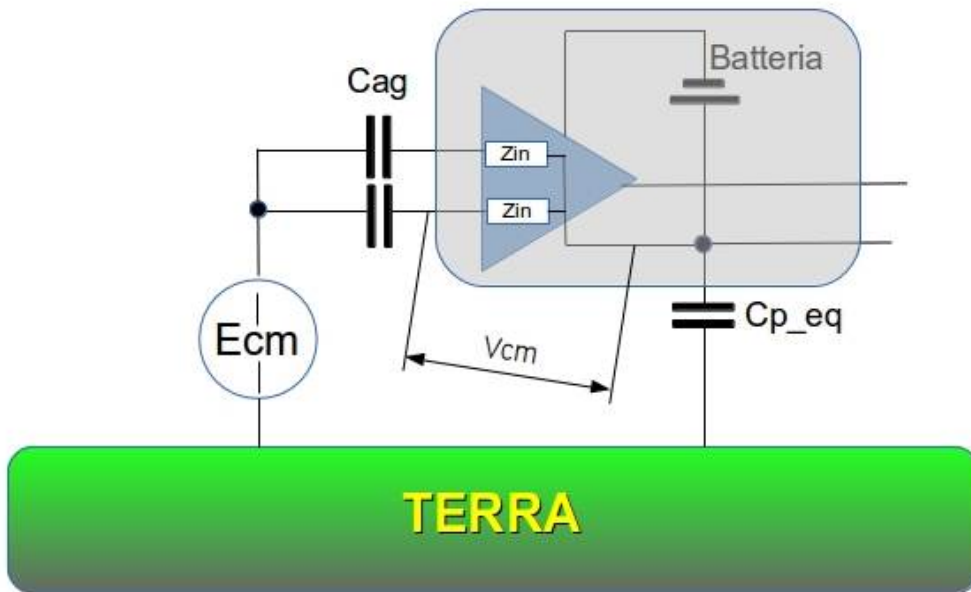
Rivediamo il modello circuitale..



In effetti, una capacità verso terra sull'uscita, cambia e molto, la risposta di modo comune...



Perché?



C_{p_eq} : capacità verso terra equivalente dell'antenna e di quanto ad essa collegato

C_{ag} : capacità dei captatori verso terra

Z_{in} : impedenza d'ingresso amplificatore

Quindi la capacità verso terra dei captatori e dell'antenna (e connessi) sono in serie al “campo” di modo comune

$$V_{cm} = E_{CM} \cdot \frac{Z_{in}}{Z_{in} + \frac{C_{ag} \cdot C_{p_{eq}}}{C_{ag} + C_{p_{eq}}}}$$

Nota: da qui in poi per motivi grafici mescolerò impedenze e valori di componenti per mantenere il testo leggibile

... quindi...

*Segnale differenziale
(voluto)*

$$V_d = E \cdot d \cdot \frac{Z_{in}}{Z_{in} + C_a} \cdot A_d$$

*Segnale di modo comune
(indesiderato)*

$$V_{cm} = E \cdot h \cdot \frac{Z_{in}}{Z_{in} + \frac{C_{ag} \cdot C_p}{C_{ag} + C_p}} \cdot A_{CM}$$

... il meglio sarebbe quando...

Si massimizza la seguente equazione

$$\frac{V_d}{V_{cm}} = \frac{E \cdot d \cdot \frac{Z_{in}}{Z_{in} + C_a} \cdot A_d}{E \cdot h \cdot \frac{Z_{in}}{Z_{in} + \frac{C_{ag} \cdot C_p}{C_{ag} + C_p}} \cdot A_{CM}} = \frac{Z_{in} + \frac{C_{ag} \cdot C_p}{C_{ag} + C_p}}{Z_{in} + C_a} \cdot \frac{d}{h} \cdot CMRR$$

Dove:

C_{ag}: capacità dei captatori verso terra (minimizzare)

C_p: capacità parassita equivalente verso terra di antenna, cavi, etc. (minimizzare)

C_a: capacità dei captatori verso il campo ***E*** (massimizzare)

Z_{in}: impedenza d'ingresso dell'amplificatore differenziale (massimizzare)

d: spaziatura dei captatori (massimizzare)

h: altezza da terra dei captatori (minimizzare)

CMRR: quello dell'amplificatore di per sé (massimizzare)

Purtroppo "la coperta è corta" e molte ottimizzazioni di una variabile confliggono con quelle di altre

... peccato però...

Teniamo anche presente che:

$$\frac{d}{h} \ll 1 \text{ normalmente}$$

$$\frac{Z_{in} + \frac{C_{ag} \cdot C_p}{C_{ag} + C_p}}{Z_{in} + C_a} < 1 \text{ di solito}$$

Quindi le componenti “meccaniche” vanno tutte nella direzione di ridurre il CMRR reale del sistema.

Ma non solo... anche l'amplificatore reale differisce dai dati teorici del datasheet del solo operazionale.

Infatti... il solo cambiare della temperatura dle circuito da 0° a 60°C muta il CMRR di 6-8dB. Per non parlare poi dell'impatto dei componenti reali attorno al INA155, con le loro tolleranze e asimmetrie..

Rifaccio l'antenna, caratterizzo e verifico il modello...



Le prove...

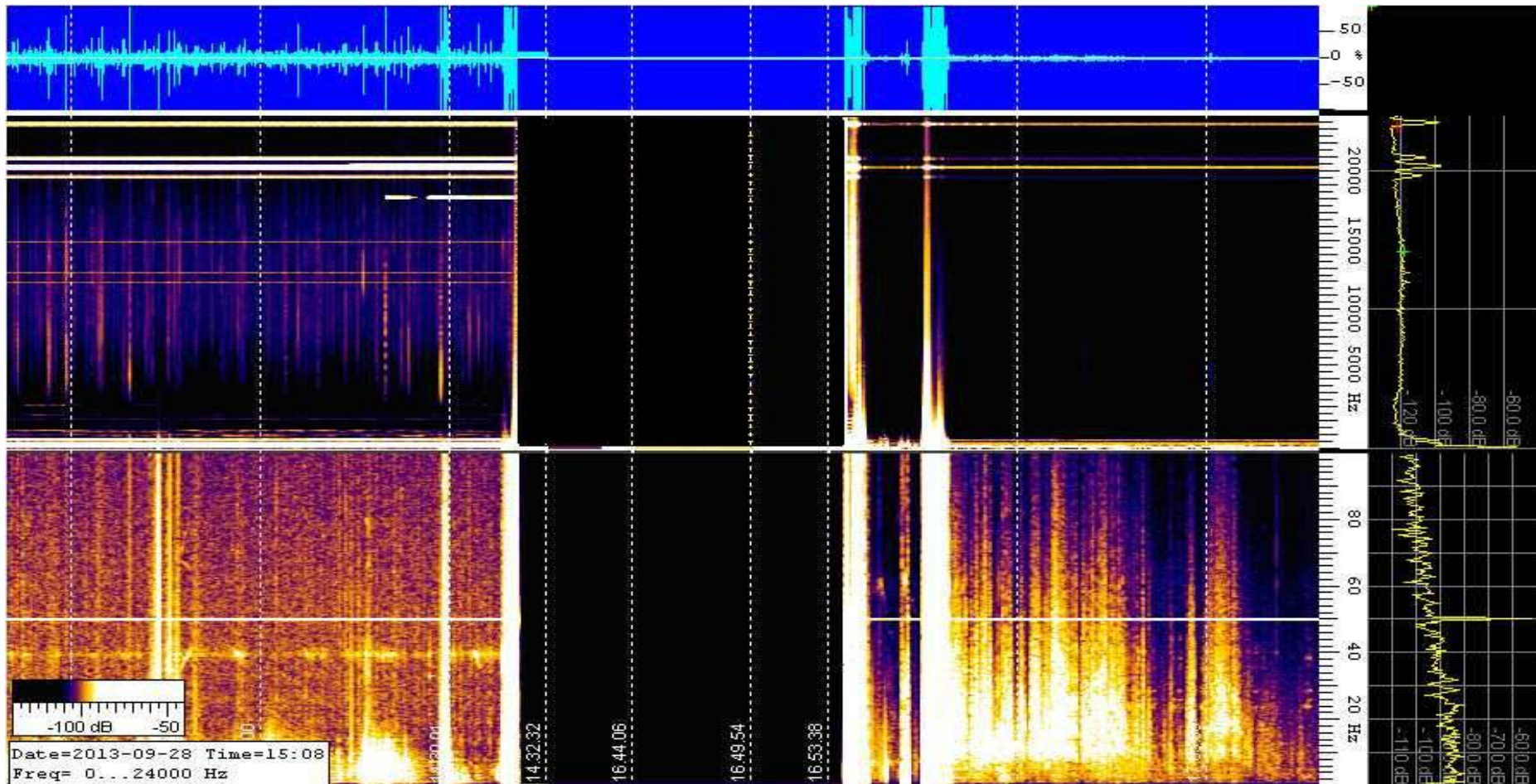
- 1) Antenna in verticale, amplificatore in differenziale**
- 2) Antenna in verticale, amplificatore con ingressi connessi fra loro e isolati dai captatori**
- 3) Antenna in verticale, amplificatore con i due ingressi collegati assieme allo stesso captatore**
- 4) Antenna posta in orizzontale, amplificatore connesso in differenziale**

I risultati...

Ottimi segnali, dalle ELF
alle VLF

Solo noise floor, almeno
60dB di attenuazione
del modo comune

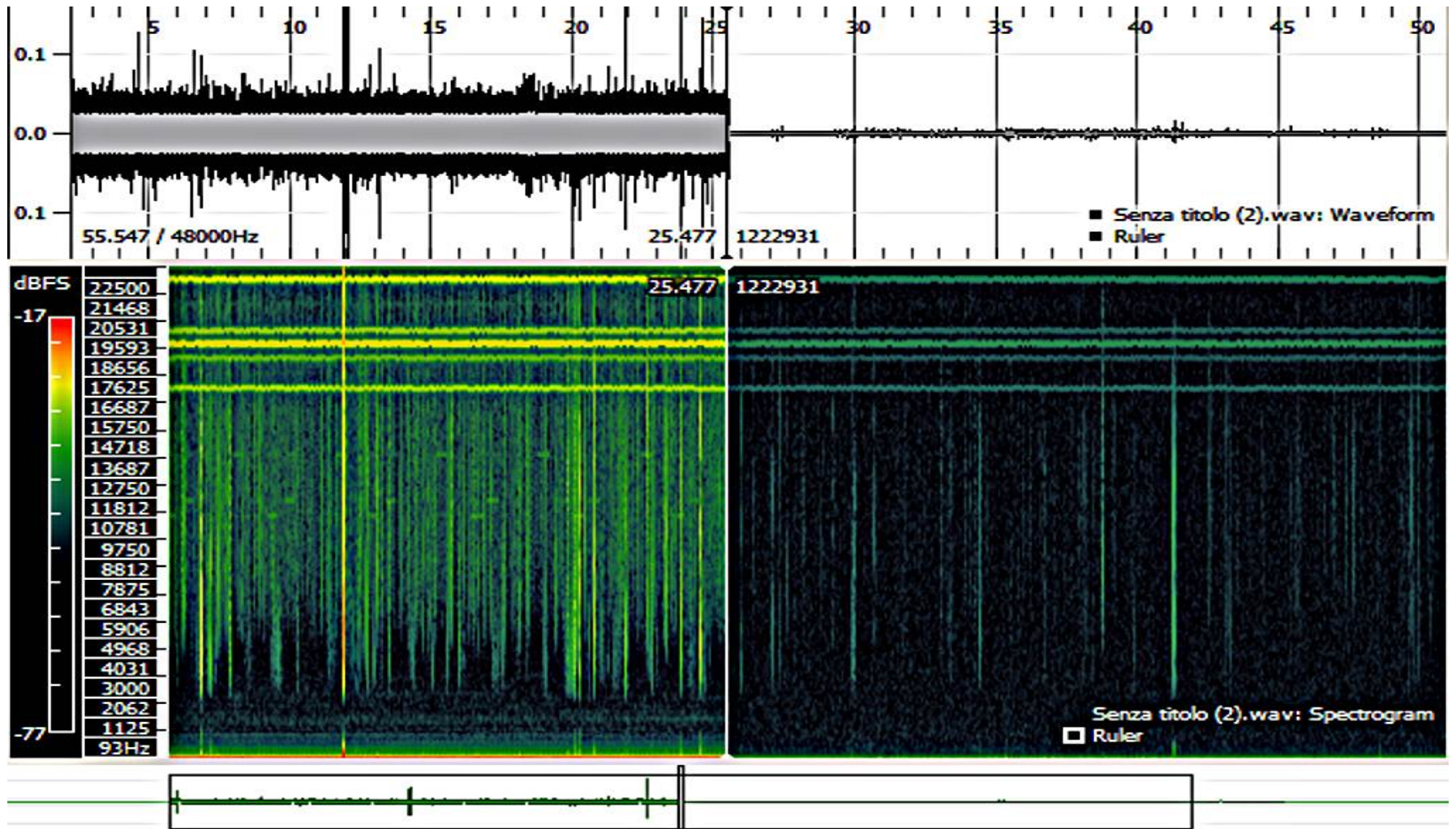
Segnali attenuati circa 30dB,
specie quelli naturali, risultato
atteso



I risultati...

Verticale

Orizzontale



Considerazioni ad oggi...

- **Strutture differenziali hanno elevato potenziale “di soddisfazione”**
- **Per funzionare veramente da differenziali, devono però essere “real floating”**
- **Permettono di studiare bande molto larghe con singola antenna anche in polarizzazione orizzontale**

Le conclusioni...

- **Nulla è così facile come sembra**
- **Diffidare sempre, verificare e poi riverificare**
- **Validare i modelli**
- **Aprirsi all'ignoto (nel senso di ciò che non si sa!)**
- **Uscire dagli schemi**



