

“Nuove tecnologie per l’analisi non intrusiva dei manufatti”

Programma di ricerca

**Ingegnerizzazione di prototipi e strumentazione per la
diagnostica su manufatti monumentali in materiale lapideo**

SIND

Procedura per l’analisi di segnali a microonde

Renzo Bozzi, Massimo Chimenti, Enrico Fantini

Istituto di Scienza e Tecnologie dell’Informazione “Alessandro Faedo”
Rapporto tecnico marzo 2009

Sommario

Il lavoro descrive la funzionalità ed il modo d'impiego della procedura sviluppata per l'analisi di segnali ottenuti nell'ispezione puntuale di un campione dielettrico mediante sonde a microonde.

La procedura costituisce un modulo software del sistema H/S SIND (Sistema per Ispezioni Non Distruttive), sviluppato nell'ambito del Progetto Strategico SP1a del CNR; la procedura è uno strumento offerto dal SIND per analizzare segnali acquisiti in precedenza impiegando altri moduli del sistema.

Abstract

The report describes the functionality and the use of a procedure, developed for the analysis of the signals obtained by discrete inspections of dielectric samples using microwave probes.

The described procedure is a software module of the H/S system SIND (System for Non-destructive Inspections), developed in the participation to the CNR Strategic Project SP1a; the procedure is a tool offered by SIND system for the analysis of the signals previously acquired using other modules.

Indice

| | |
|--|----|
| Descrizione generale | 3 |
| Processo di analisi..... | 3 |
| Estrazione di parametri | 3 |
| Analisi di parametri | 3 |
| Processo di lettura..... | 5 |
| Struttura dati d'uscita | 7 |
| Descrizione operativa | 8 |
| Avvio del programma..... | 8 |
| Processo di Analisi..... | 9 |
| Informazioni d'ingresso | 10 |
| Comando di esecuzione | 11 |
| Risultati numerici | 11 |
| Grafico dei segnali..... | 11 |
| Fase di Visualizzazione..... | 14 |
| Quantizzazione | 14 |
| Classificazione | 15 |
| Rappresentazione numerica dei risultati..... | 16 |
| Processo di Lettura | 18 |

Descrizione generale

Il programma descritto costituisce un modulo della componente software del sistema per analisi non distruttive SIND: il programma è attivato mediante l'interfaccia utente del SIND, utilizzando l'icona *Procedure* nell'ambiente *Elaborazione segnali a Microonde*.

Il programma consente di trattare i segnali ricavati ottenuti dall'ispezione di un campione mediante sonde a microonde, ed accetta i dati codificati secondo lo standard del sistema.

Il programma è costituito da due processi:

- analisi di segnali
- lettura dei risultati di una precedente analisi.

Processo di analisi

In questa modalità vengono eseguiti due tipi di elaborazione:

- estrazione dei parametri di un singolo segnale
- analisi dei parametri estratti da più segnali.

Estrazione di parametri

In questo caso, il segnale ottenuto in una posizione d'ispezione viene elaborato per estrarne i parametri caratteristici, consistenti in:

- ampiezza (in dB) = ampiezza del minimo del segnale
- frequenza (in GHz) = frequenza del minimo del segnale
- banda 3 dB (in GHz) = intervallo di frequenza tra i due punti del segnale, a destra e a sinistra del minimo, con ampiezza superiore di 3 dB a quella del minimo
- frequenza centrale (in GHz) = frequenza centrale dell'intervallo di banda 3 dB.

Analisi di parametri

In questo caso il programma esegue il confronto tra i parametri ricavati dai segnali ottenuti in differenti posizioni d'ispezione, al fine di determinare eventuali differenze tra i valori che possono essere associate ad anomalie nella struttura esaminata.

Per ciascun parametro si considerano gli insiemi determinati dai segnali presi in esame e si compiono operazioni di quantizzazione e di classificazione.

Quantizzazione

In questo caso, dato un insieme di valori, si definiscono 2 soglie, e conseguentemente 3 livelli di quantizzazione, in base ai seguenti criteri.

| Ampiezza A | livello |
|-------------------|----------------|
| $A \leq B$ | 1 |
| $B < A \leq C$ | 2 |
| $C < A$ | 3 |

dove:

$$B = \text{Soglia1} = \min [\text{Ampiezza}] + 3 \text{ db} = \min [\text{Ampiezza}] \times 1,41$$

$$C = \text{Soglia2} = \min [\text{Ampiezza}] + 6 \text{ db} = \min [\text{Ampiezza}] \times 2$$

| Banda3db B3 | livello |
|--------------------|----------------|
| $B3 \leq D$ | 1 |
| $D < B3 \leq G$ | 2 |
| $G < B3$ | 3 |

dove:

$$D = \text{Soglia1} = \min [\text{Banda}] \times 1.07 = 1/10 \text{ di ottava superiore a } \min [\text{Banda}]$$

$$G = \text{Soglia2} = \min [\text{Banda}] \times 1,14 = 2/10 \text{ di ottava superiore a } \min [\text{Banda}]$$

| Frequenza F | livello |
|--------------------|----------------|
| $F \leq D$ | 1 |
| $D < F \leq G$ | 2 |
| $G < F$ | 3 |

dove:

$$D = \text{Soglia1} = \min [\text{Frequenza}] \times 1.07 = 1/10 \text{ di ottava superiore a } \min [\text{Frequenza}]$$

$$G = \text{Soglia2} = \min [\text{Frequenza}] \times 1,14 = 2/10 \text{ di ottava superiore a } \min [\text{Frequenza}]$$

| Frequenza centrale Fc | livello |
|------------------------------|----------------|
| $Fc \leq D$ | 1 |
| $D < Fc \leq G$ | 2 |
| $G < Fc$ | 3 |

dove:

$$D = \text{Soglia1} = \min [\text{Frequenza centrale}] \times 1.07 = 1/10 \text{ di ottava superiore a } \min [\text{Frequenza centrale}]$$

$$G = \text{Soglia2} = \min [\text{Frequenza centrale}] \times 1,14 = 2/10 \text{ di ottava superiore a } \min [\text{Frequenza centrale}]$$

Classificazione

In questo caso, dato l'insieme di valori relativo ad un parametro, il programma calcola il valore medio μ e la deviazione standard σ ed esegue una classificazione in base al seguente criterio.

| Parametro P | classe |
|---|--------|
| $\mu-1.5\sigma \leq P \leq \mu+1.5\sigma$ | 1 |
| $\mu-1.5\sigma > P \geq \mu-2\sigma$ | 2 |
| $\mu+2\sigma \geq P > \mu+1.5\sigma$ | 2 |
| $P < \mu-2\sigma$ | 3 |
| $P > \mu+2\sigma$ | 3 |

Il programma fornisce due rappresentazioni grafiche, il diagramma di quantizzazione e il diagramma di classificazione, che sono costituiti da un grafico con linee corrispondenti alle differenti posizioni di misura dei segnali esaminati: le linee sono colorate in base al risultato della quantizzazione o della classificazione col seguente criterio:

| livello/ classe | colore |
|--------------------|--------|
| 1 | Verde |
| 2 | Giallo |
| 3 | Rosso |

Il programma fornisce inoltre una tabella dei risultati, che riporta i valori numerici dei parametri ricavati dall'analisi di ciascun segnale e della classificazione dei segnali.

Processo di lettura

In questa modalità il programma consente di selezionare file già elaborati e di ottenere le rappresentazioni numeriche o grafiche dei risultati.

La figura 1 mostra il diagramma di flusso del programma.

I processi di *Analisi* e *Lettura* hanno in comune la fase di *Display*: nel primo caso, questa fase consente di avere rappresentazioni numeriche e grafiche dei risultati correnti, nel secondo caso questa fase consente di avere le rappresentazioni dei risultati delle precedenti analisi. Per comodità si descrive l'interfaccia utente della fase di visualizzazione una sola volta.

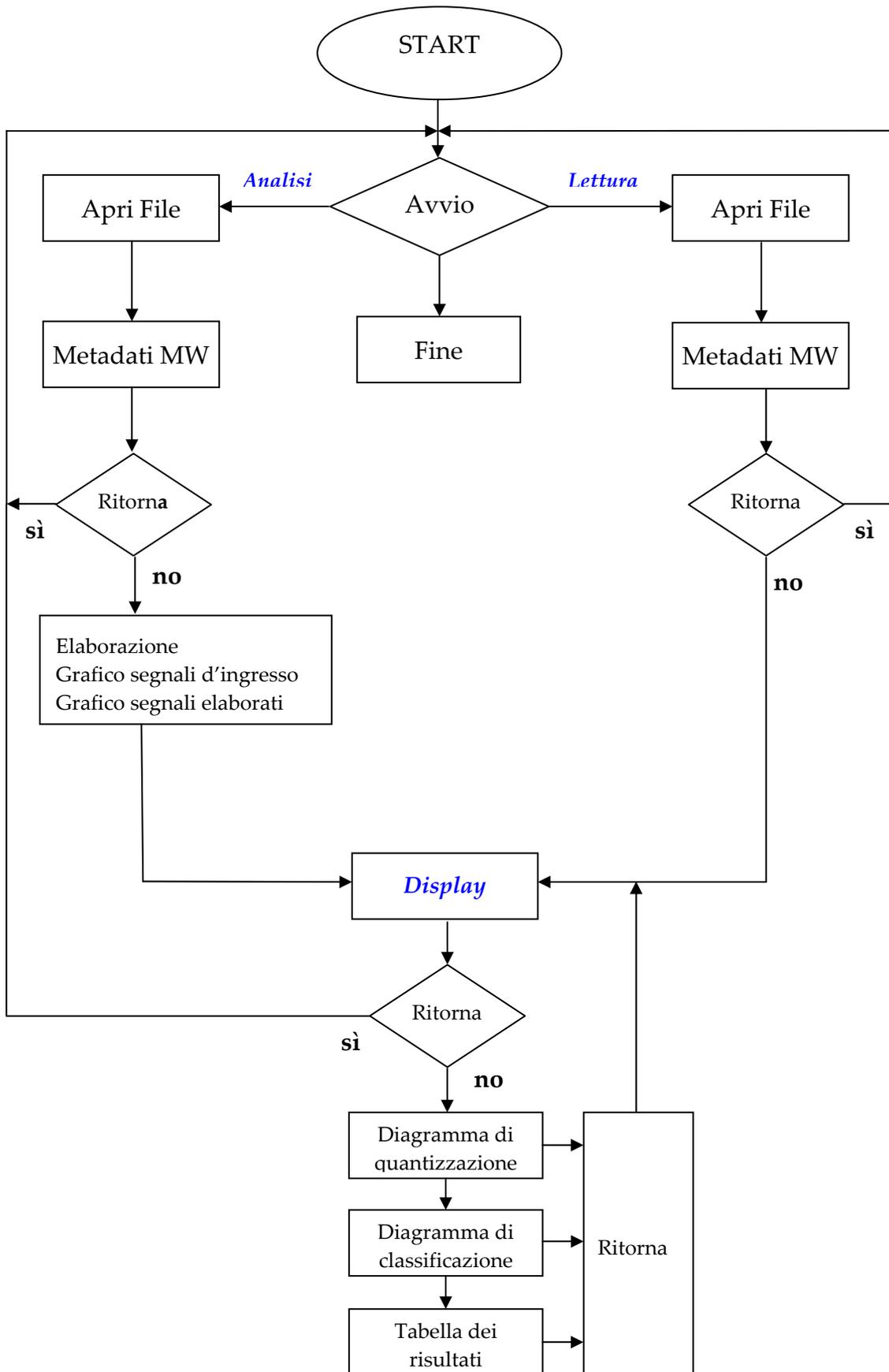


Figura 1. Diagramma di flusso del programma.

Struttura dati d'uscita

Il programma accetta in ingresso dati contenuti in file con la struttura implementata in SIND.

Per ogni sessione di elaborazione il programma memorizza i risultati ottenuti nel file di ingresso accodandoli ai precedenti, secondo la struttura mostrata in seguito ; si ha una testata, una sezione contenente informazioni ausiliarie relative all'elaborazione stessa, e una sezione coi risultati ottenuti per ogni misura.

| | | Byte |
|--------------------------------|--|------|
| <i>Testata</i> | Guid =232 | 1 |
| | Tuid = 0 | 1 |
| | Lunghezza dei dati seguenti | 2 |
| <i>Informazioni ausiliarie</i> | Giorno dell'elaborazione | 10 |
| | Ora dell'elaborazione | 8 |
| | Tipo Misura | 1 |
| | Numero Misure | 2 |
| <i>Risultati</i> | Misura 1 | 1 |
| | X/A.Ems coordinata Y o angolo di trasmissione | 2 |
| | X/A.Ric coordinata Y o angolo di ricezione | 2 |
| | Ampiezza (dB) | 4 |
| | Frequenza (GHz) | 4 |
| | Banda3db(GHz) | 4 |
| | Freq.Centr. (GHz) Frequenza Centrale | 4 |
| | ClassAmp classificazione Ampiezza | 2 |
| | ClassFreq classificazione Frequenza | 2 |
| | ClassB3db classificazione Banda a 3db | 2 |
| | ClassFreqC classificazione Frequenza Centrale | 2 |
| | Misura 2 | 4 |
| | | |
| | Misura N | 4 |
| | | |

Descrizione operativa

In questa sezione si descrivono le finestre presentate dall'interfaccia utente nelle varie fasi dell'esecuzione.

Avvio del programma

All'avvio del programma si ottiene la finestra mostrata in figura 2.



Figura 2. Finestra di Avvio esecuzione.

Mediante il corrispondente tasto di comando l'utente avvia uno dei processi descritti in precedenza. Nel processo di Analisi di Segnali si ricavano i parametri caratteristici di un segnale e si esegue la quantizzazione e la classificazione degli insiemi di parametri ricavati da più segnali; nel processo di Lettura Risultati si ottiene la rappresentazione numerica o grafica dei risultati di analisi già eseguite.

Processo di Analisi

Analisi di Segnali

Questo comando fa comparire la finestra mostrata in figura 3, che consente di selezionare il file contenente l'insieme di segnali da analizzare.

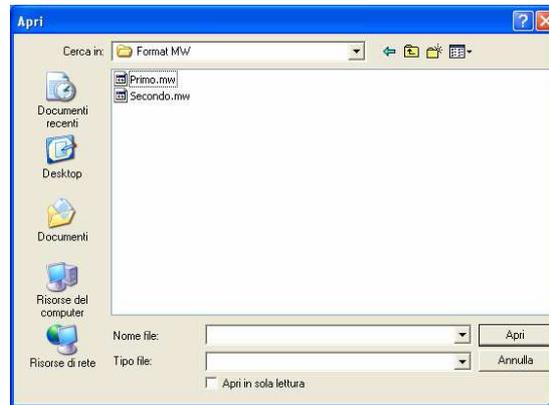


Figura 3. Finestra di apertura file.

Dopo la selezione il programma mostra la finestra mostrata in figura 4, che presenta le informazioni relative al file aperto e le specifiche di acquisizione dei segnali che vi sono contenuti (Metadati MW).

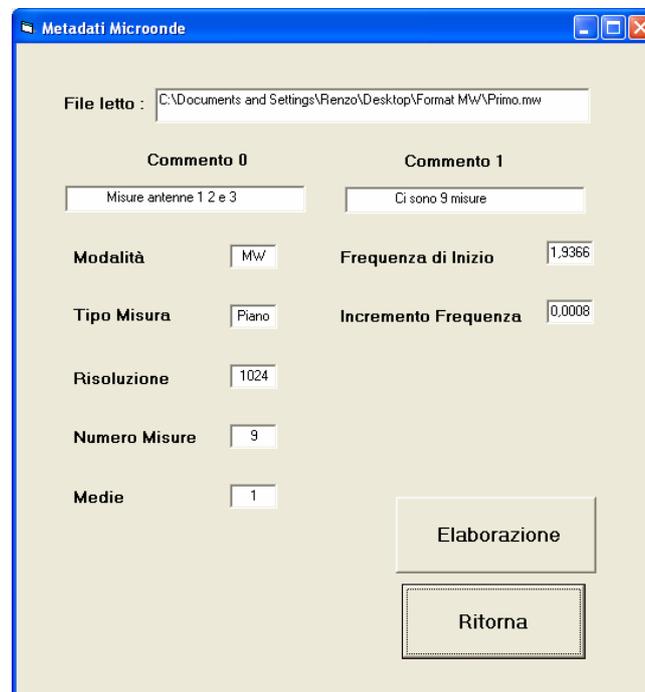


Figura 4. Finestra dei Metadati MW.

Ritorna

Questo comando riporta alla finestra di avvio.

Elaborazione

Questo comando fa passare alla fase successiva e mostra la finestra di figura 5.

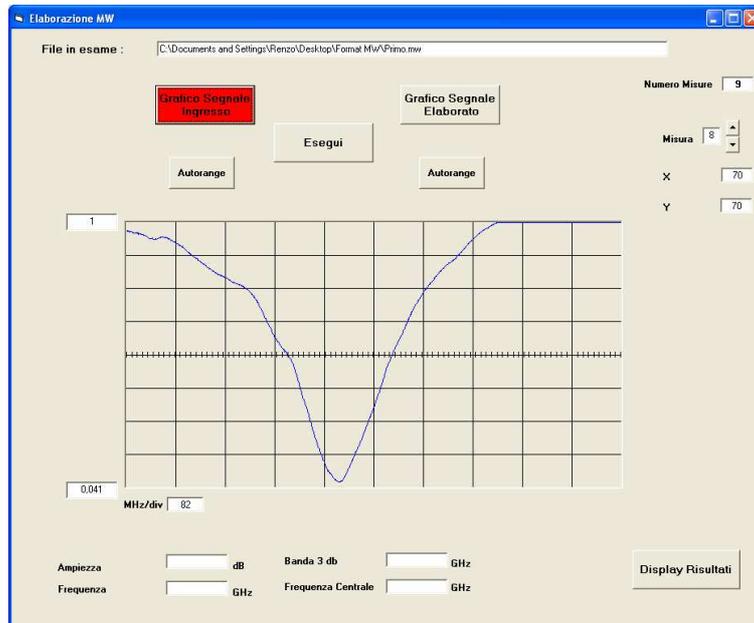


Figura 5. Finestra di Elaborazione MW.

Questa finestra contiene differenti campi per la rappresentazione delle informazioni d'ingresso, del grafico dei segnali e dei risultati dell'analisi di un segnale.

Informazioni d'ingresso

File in esame : C:\Documents and Settings\Renzo\Desktop\Fomal MW\Primo.mw

Questo campo mostra il percorso del file aperto nell'azione precedente.

Numero Misure 9

Questo campo riporta il numero dei segnali di misura contenuti nel file aperto.

Misura 8
X 70
Y 70

Questo campo permette di selezionare mediante le frecce di scorrimento uno dei segnali del file e ne visualizza nelle sottostanti caselle le coordinate che specificano la posizione d'ispezione del campione. Nel caso d'ispezione di oggetti piani vengono riportate le coordinate x, y dell'asse della sonda; nel caso d'ispezione di oggetti a

sezione circolare vengono riportati gli angoli d'incidenza delle sonde di trasmissione e di ricezione.

Comando di esecuzione



Questo tasto avvia l'analisi del segnale di misura selezionato; al termine compare il messaggio



Risultati numerici



Nell'area dei risultati sono visualizzati i valori numerici dei parametri in base alle definizioni descritte in precedenza.

Grafico dei segnali

L'area grafica della finestra mostra sia i segnali d'ingresso contenuti nel file, sia i segnali dopo l'analisi; la selezione è fatta mediante due pulsanti.



Questo tasto azzerava l'area dei risultati numerici e attiva la visualizzazione del segnale d'ingresso selezionato (vedi figura 6), colora in rosso il tasto **Grafico Segnale Ingresso** e riporta al colore originale il tasto **Grafico Segnale Elaborato**.

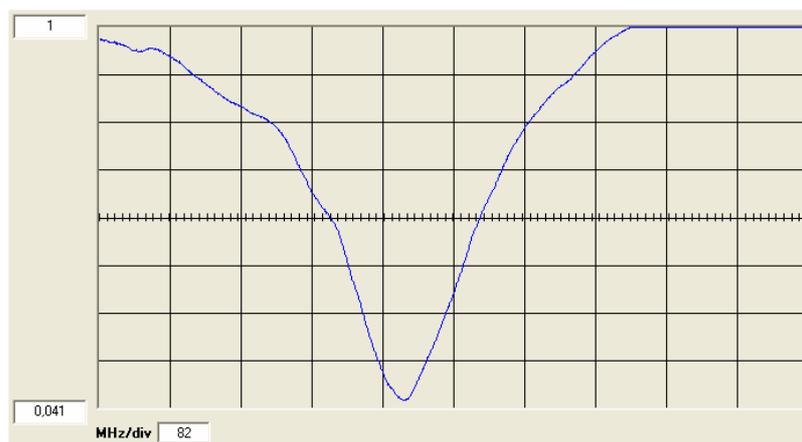


Figura 6. Grafico del segnale d'ingresso.

Grafico Segnale Elaborato

Questo tasto attiva la visualizzazione del segnali elaborato (vedi figura 7), colora in rosso il pulsante **Grafico Segnale Elaborato** e riporta al colore originale il pulsante **Grafico Segnale Ingresso**. Gli estremi della banda a 3 dB sono marcati in rosso sul grafico del segnale.

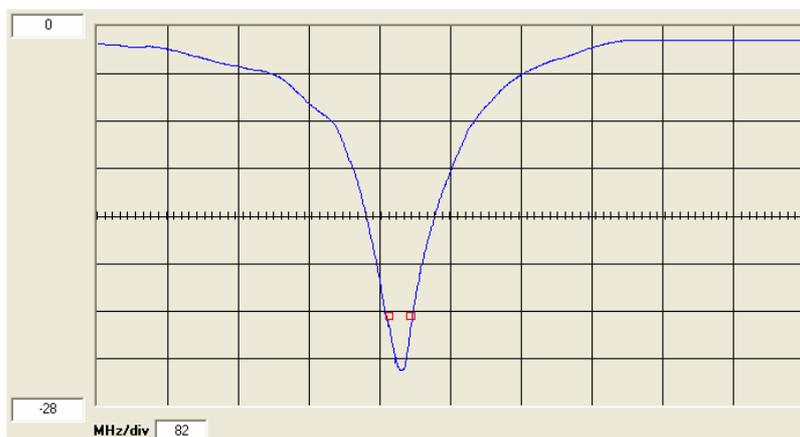


Figura 7. Grafico del segnale elaborato.

Il comando **Grafico Segnale Elaborato** ha senso solo dopo aver eseguito il comando **Esegui**; la mancata preventiva esecuzione fa sì che venga visualizzato il grafico del segnale in ingresso.

Autorange

La scala verticale del grafico è predefinita; mediante il tasto **Autorange** la scala è riportata agli estremi minimo e massimo del segnale corrente (vedi figura 8).

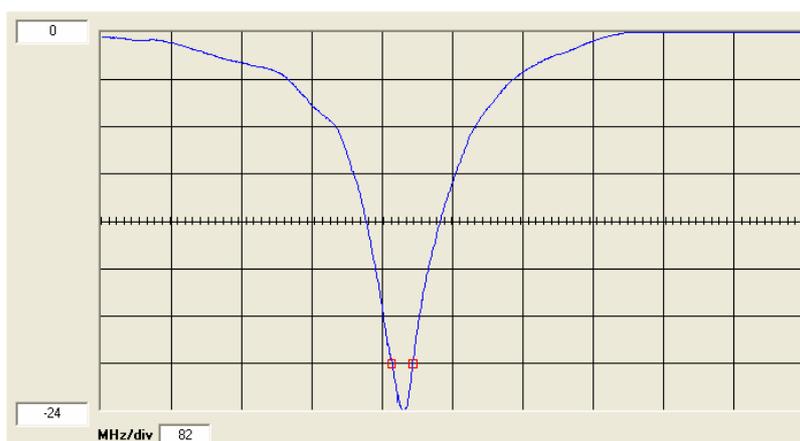


Figura 8. Grafico del segnale di figura 7 in rappresentazione Autorange.

Display Risultati

Questo comando conclude la fase di analisi e invia alla fase di visualizzazione dei risultati, descritta in seguito.

Fase di Visualizzazione

La fase di visualizzazione (*Display*) dei risultati provvede all'elaborazione degli insiemi di parametri e alla rappresentazione numerica o grafica dei risultati.

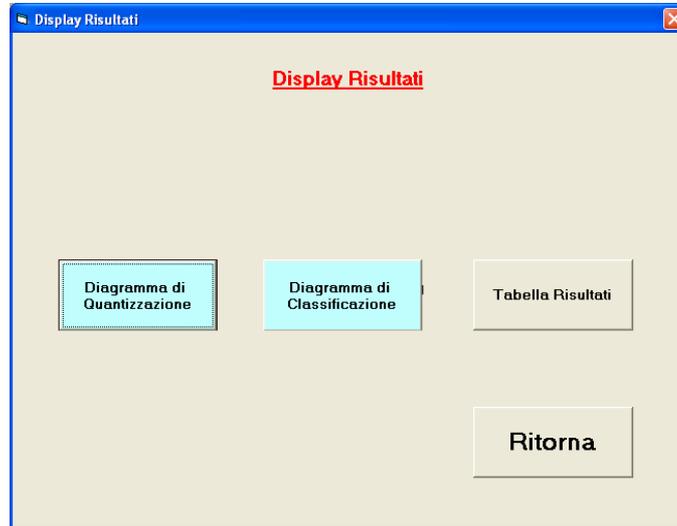


Figura 9. Finestra iniziale della fase di visualizzazione dei risultati.

La fase inizia con la finestra mostrata in figura 9, che contiene i pulsanti per tre opzioni:

- quantizzazione
- classificazione
- rappresentazione numerica dei risultati.

Quantizzazione



Con questo pulsante si attiva la finestra mostrata in figura 10. Il tipo di parametro da elaborare è selezionato nell'apposita finestra.



Questo comando attiva l'elaborazione dell'insieme selezionato e la rappresentazione grafica dei risultati.

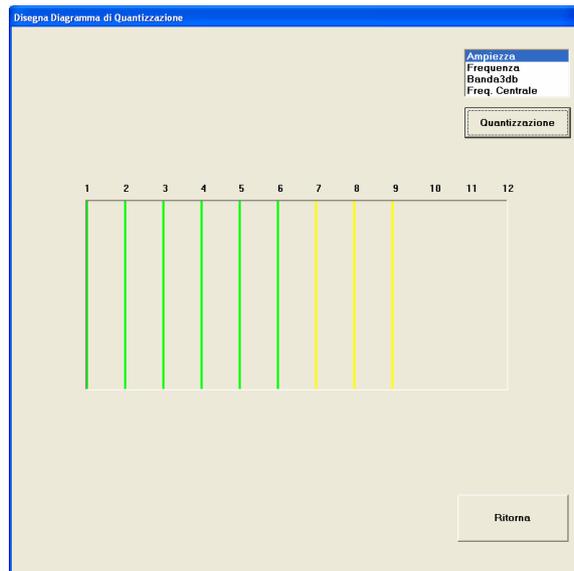


Figura 10. Opzione di quantizzazione.

Ritorna

Questo comando provoca il ritorno alla finestra del livello precedente.

Classificazione

Diagramma di
Classificazione

Con questo pulsante si attiva la finestra mostrata in figura 11. Il tipo di parametro è selezionato nell'apposita finestra.

Classificazione

Questo comando attiva l'elaborazione dell'insieme selezionato e la rappresentazione grafica dei risultati.

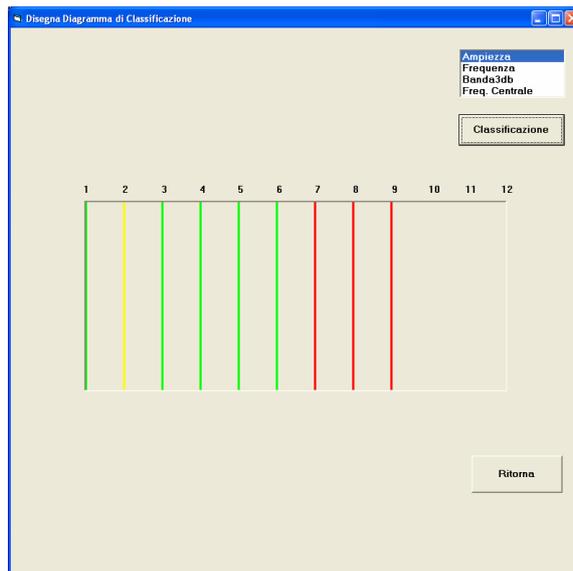


Figura 11. Opzione di classificazione.

Alla fine di questa opzione si salvano i risultati di tutta l'elaborazione, accodandoli secondo la struttura di uscita vista in precedenza, nel file aperto all'inizio.

Se si accede direttamente a questo comando senza passare dall'opzione di quantizzazione si ha il messaggio di errore , in quanto le soglie di classificazione sono calcolate insieme alle soglie di quantizzazione.



Questo comando provoca il ritorno alla finestra del livello precedente.

Rappresentazione numerica dei risultati.



Con questo pulsante si attiva la finestra mostrata in figura 14, che riporta i metadati contenuti nel file d'ingresso, le impostazioni di elaborazione ed i risultati per ciascun segnale selezionato.

I parametri di un singolo segnale sono mostrati nella tabella e inseriti nel file d'uscita ogni volta che viene premuto il tasto **Esegui** nella Finestra di Elaborazione US; i parametri di classificazione (Amp. Freq, B3dB, Freq. C) sono memorizzati dopo la corrispondente selezione nella finestra Opzione di Classificazione e l'attivazione del tasto **Classificazione**.

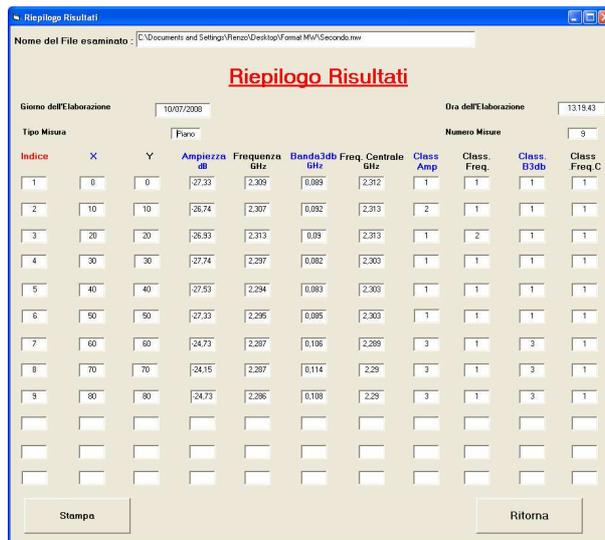


Figura 12. Finestra di riepilogo.

Mediante il comando stampa è possibile ottenere, sulla stampante predefinita, la stampa dei risultati (vedi Figura 13).

| Giorno dell'Elaborazione = 10/07/2008 | | | | | | Ora dell'Elaborazione = 13.19.43 | | | | |
|---------------------------------------|----|----|--------|-------|----------|----------------------------------|-------|--------|--------|---------|
| Tipo Misura = Piano | | | | | | Numero Misure = 9 | | | | |
| I | X | Y | AMP. | FREQ. | BANDA3DB | FREQ.C | C-AMP | C-FREQ | C-B3DB | C-FREQC |
| 1 | 0 | 0 | -27.33 | 2.309 | 0.09 | 2.312 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 10 | 10 | -26.74 | 2.307 | 0.09 | 2.313 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 20 | 20 | -26.94 | 2.313 | 0.09 | 2.313 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| 4 | 30 | 30 | -27.74 | 2.297 | 0.08 | 2.303 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 40 | 40 | -27.54 | 2.294 | 0.08 | 2.303 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6 | 50 | 50 | -27.33 | 2.295 | 0.08 | 2.303 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 7 | 60 | 60 | -24.73 | 2.287 | 0.11 | 2.289 | 3 | 1 | 3 | 1 |
| 8 | 70 | 70 | -24.15 | 2.287 | 0.11 | 2.29 | 3 | 1 | 3 | 1 |
| 9 | 80 | 80 | -24.73 | 2.286 | 0.11 | 2.29 | 3 | 1 | 3 | 1 |

Figura 13. Stampa dei risultati.



Questo comando trasferisce il controllo del programma alla finestra di avvio.

Processo di Lettura

In seguito alla selezione del comando Lettura Risultati sulla finestra d'avvio si ottiene la finestra mostrata in Figura 14, che consente di selezionare il file da consultare.

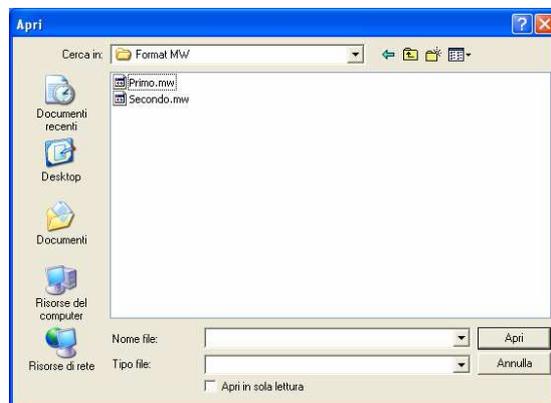


Figura 14. Finestra di apertura file.

Dopo la selezione il programma presenta la finestra mostrata in figura 15.

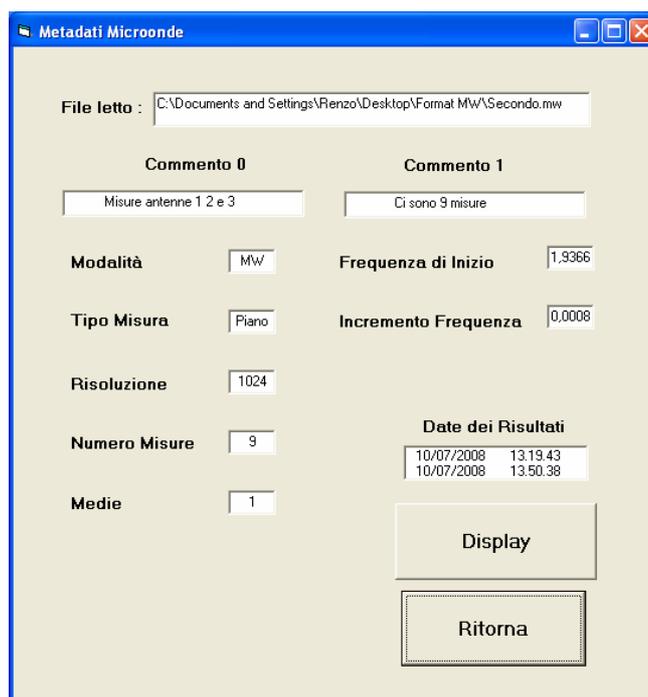


Figura 15 Finestra Metadati MW di un file già elaborato.

La finestra riporta in differenti campi i commenti e le informazioni relative alle specifiche di acquisizione dei segnali. La finestra contiene inoltre il campo **Date dei Risultati**, che mostra le date in cui il file selezionato è stato elaborato.

Se viene selezionato un file che non è mai stato elaborato, come in Figura 16, non vengono rappresentati né il campo **Date dei Risultati**, né il comando **Display**.

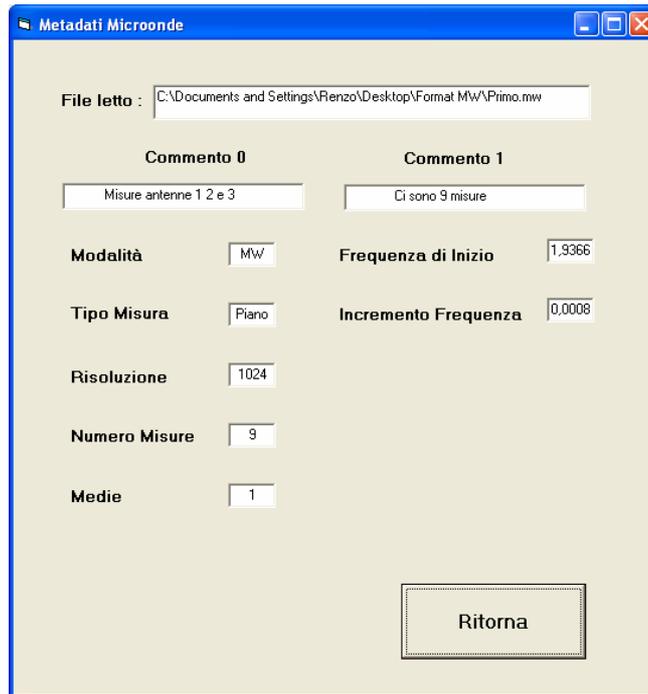


Figura 16 Finestra Metadati MW di un file non elaborato.

Con la selezione nel campo **Date dei Risultati** e l'attivazione del comando **Display** si passa alla fase di visualizzazione dei risultati, descritta in precedenza.

Però, mentre le funzionalità delle opzioni quantizzazione e rappresentazione numerica dei risultati rimangono inalterate, quando si attiva l'opzione classificazione non viene eseguito nessun calcolo poiché i parametri sono già presenti nel file aperto.

Inoltre, in questo processo si ha il display grafico e non si ha la scrittura dei risultati nel file.



Con questo comando si torna alla finestra di avvio.