

INTERFACCIA PER ZRLC

Questo circuito costituisce lo "specific hardware" che, come afferma l'autore originale dell'articolo, è necessario costruire a completamento del programma riportato nel titolo.

"An impedance meter with auto-BIAS compensation"

di Alfredo Accattatis

Il circuito elettronico di interfaccia

Prima che qualcuno pensi che il mio lavoro è una copiatura, preciso che quanto ho realizzato è riferito al lavoro denominato "An impedance meter with auto-BIAS compensation" (Un misuratore di impedenza con compensazione a polarizzazione automatica), presentato da Alfredo Accattatis sulla pagina www.sillanumsoft.org/ZRLC.htm, costituendone il necessario completamento.

Sulla pagina si legge espressamente:

A little preamble. You need to build a specific hardware in order to get good performance from this instrument. The needed hardware is a simple couple of operational amplifiers, in order to exalt (elevate) the input impedance of a standard soundcard/acquisition board, normally too low; a low input impedance means a perturbed measurement or, in other words, low accuracy and/or precision.

Alfredo Accattatis da oltre 16 anni lavora in aziende come "Ingegnere del Software", con mansioni di ogni tipo. Ha scritto programmi per "Sistemi Embedded" (con DSP e Microcontrollori), per PC, per computer Avionici e persino per Mainframe IBM (Z900) usando C, C++ & Pascal (Delphi - RAD studio 2007), Ada, Rexx e svariati linguaggi assemblativi. Il lavoro che lo ha spinto a realizzare quanto vi descriverò è "**Visual Analyser**" (di seguito "**VA**"), attualmente giunto alla versione 2010 beta. Ho già avuto modo di provare ed apprezzare la precedente versione stabile "VISUAL ANALYSER 2009 HR". Di cosa si tratta?

Uso le parole dell'autore.

Nel variegato mondo di Windows (9x, ME, 2000, NT, Xp, Vista), i programmi che consentono di trasformare un personal computer in un Oscilloscopio e/o

Analizzatore di spettro sono oramai una discreta quantità. Visual Analyser presenta tuttavia delle peculiarità esclusive. Inoltre, esso nasce espressamente per appassionati di circuiti audio (amplificatori in classe A e B, oscillatori, etc.), ma si è rapidamente trasformato in un set di strumenti di misura per uso generale. Strumenti come un Oscilloscopio od un Analizzatore di spettro costano cifre proibitive e assolutamente non giustificate per un uso squisitamente hobbistico, sebbene tali strumenti faciliterebbero di parecchio il lavoro dello sperimentatore. Ancora, e quasi paradossalmente, la flessibilità che può offrire un "pacchetto" per PC, invece di uno strumento professionale dedicato, è persino superiore (si pensi al fatto di poter cambiare la scheda audio, potenziare il PC cambiando il processore ed aggiungendo RAM, o semplicemente passando alla versione successiva del programma, oltre a poter usufruire di stampanti, dischi, usare contemporaneamente altri software, eccetera). L'idea alla base di questo programma, e di tutti quelli con le medesime funzioni, nasce dalla constatazione che la maggior parte dei moderni personal computer basati su processori Intel (e simili) sono dotati di una scheda audio. Che in moltissimi casi è di buona qualità, e comunque reperibile a bassissimo costo. Attualmente poi, la potenza di calcolo di un PC medio è tale da consentire l'implementazione di routine in tempo reale che fino a pochi anni addietro erano appannaggio esclusivo dei DSP (Digital Signal Processor).

In pratica, il programma usa la scheda audio di un qualunque PC come convertitore analogico/digitale, e i due canali sinistro e destro come ingressi, ottenendo così un funzionale oscilloscopio. Le uniche vere limitazioni stanno nella banda passante, imposta dal progetto della scheda, quindi 10 .. 20000 Hz, e dalla mancanza di ingressi in continua. A tutto il resto provvede il programma. Di seguito vedete in dettaglio le caratteristiche; purtroppo l'autore ha realizzato il sito Web con pagine sia in Italiano che in Inglese, ed in questo caso la pagina che spiega le caratteristiche è in Inglese.

(www.sillanumsoft.org/prod01.htm)

E' un pò lunga da tradurre; ma direi che sia abbastanza comprensibile.

Detailed Features:

1. *Oscilloscope (dual channel, xy, time division, trigger);*
2. *Spectrum Analyzer with amplitude and phase display (linear, log, lines, bar, octaves band analysis 1/3, 1/6, 1/9, 1/12, 1/24);*
3. *Wave-form generator with "custom functions", triangular, square, sinus, white noise and pulse generation (NO ALIASING);*
4. *Frequency meter (in time and frequency domain) and counter; in time domain by means of a real time zero crossing algorithm;*

5. *Volt meter with DC, true RMS, peak to peak and mean display;*
6. *Filtering (low pass, hi pass, band pass, band reject, notch, "diode", DC removal);*
7. *Memo windows (data log) for analysis and storage of time series, spectrum and phase with "triggering" events; possibility to save in various formats and display them with a viewer;*
8. *A TRUE software digital analog conversion (for complete signal reconstruction using Nyquist theorem) ;*
9. *Frequency compensation: one can create/edit a custom frequency response and add it to the spectrum analyzer spectrum ; added standard weighting curves A,B,C in parallel with custom frequency response;*
10. *Support for 8/16/24 bit soundcard by means of API calls;*
11. *Unlimited frequency sampling (depend from the capabilities of your soundcard);*
12. *Cepstrum analysis;*
13. *Cross Correlation;*
14. *Extended THD measurements, with automatic sweep and compensation.*
15. *ZRLC-meter with Vector scope, automatic sweep in time and frequency for automatic measurement.*

L'ultima caratteristica (15) è stata introdotta con la versione 2010. Gli altri dettagli li vedete alla pagina www.sillanumsoft.org/Italiano/news.htm.

L'analizzatore ZRLC

Come detto, la versione 2010 ha introdotto qualcosa di più di "una nuova finestra" a **VA**. Si tratta di un reale ed efficiente misuratore di impedenze (Z), resistenze (R), induttanze (L) e condensatori (C), che opera con buonissima precisione in una gamma che io stesso oso definire vastissima. Oltre alle resistenze, che vanno da pochi ohm ai megaohm, ecco cosa può misurare grazie alle sue 5 portate:

Portata	Resistenza	Capacità	Induttanza
1	0.1 ohm .. 1000 ohm	100 nF .. 1000 µF	10 µH .. 10 mH
2	1 ohm .. 10 K ohm	10 nF .. 100 µF	100 µH .. 100 mH

3	10 ohm .. 100 K ohm	1 nF .. 10 µF	1 mH .. 1000 mH
4	100 ohm .. 1 M ohm	100 pF .. 1 µF	10 mH .. 10 H
5	1000 ohm .. 10 M ohm	10 pF .. 100 nF	100 mH .. 100 H

La pagina si trova su

www.sillanumsoft.org/ZRLC.htm;

il software si scarica da www.sillanumsoft.org/Download/VA0BETA.zip. Come lo stesso autore afferma, il lavoro (che dura da alcuni anni) è stato ispirato da altri esistenti, come quello del Dr. George Steber, ed un altro apparso sulla rivista Elektor per mano di Martin Klaper e Heinz Mathis. Li trovate facilmente e liberamente su Internet, ma per facilitarvi le cose ve li metto a disposizione.

Il primo lo potete vedere qui:

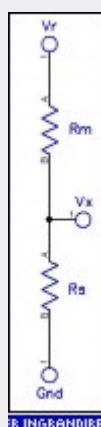
[Steber_An_LMS_Impedance_Bridge.pdf](#)

Il secondo è qui:

[RLC_Meter_EN_01.pdf](#)

Le versioni precedenti - che utilizzano lo stesso circuito di **ZRLC** - funzionano con un programma molto macchinoso e per nulla intuitivo, che richiede una taratura manuale, oltretutto non troppo ben spiegata. Comunque i lavori citati hanno il pregio di spiegare molto bene la teoria di funzionamento. Circa **ZLRC**, trovate le spiegazioni essenziali sulla pagina sopracitata; che, ho detto, è in inglese. Penso di fare cosa utile traducendovi l'essenziale; ma prima faccio un cenno al principio generale di funzionamento.

Immaginiamo di realizzare un partitore con due resistenze R_m e R_s ; ai capi applico una tensione continua nota V_r .



[IN INGRANDIRE](#)

La tensione V_x è allora data da

$$V_x = V_r \cdot R_s / (R_m + R_s)$$

Se ad esempio $R_m = R_s$, $V_x = V_r \cdot R_s / 2 R_s = V_r / 2$.

Supponendo che R_m sia nota, posso ricavare R_s misurando V_r e V_x :

$$R_s = R_m \frac{V_x}{V_r - V_x}$$

Se ora sostituiamo la tensione continua con una alternata sinusoidale a frequenza nota, le cose non cambiano più di tanto.

Possiamo a questo punto inserire al posto di R_s un condensatore o un'induttanza; anche in questo caso la tensione V_x è funzione della capacità o dell'induttanza utilizzata, nonché della frequenza. Però ora al posto della resistenza si deve considerare l'impedenza Z del condensatore o dell'induttanza. Chi vuole può leggersi i lavori citati di Steber, Klaper e Mathis.

L'impedenza Z può essere scritta in forma "rettangolare":

$$Z = R + jX$$

R è la parte reale (resistiva) di Z , jX è la parte immaginaria (reattiva).

Ma Z può essere scritta anche in forma "polare":

$$Z = |Z| \angle \theta$$

R è la parte reale (resistiva) di Z , θ è l'angolo di Z .

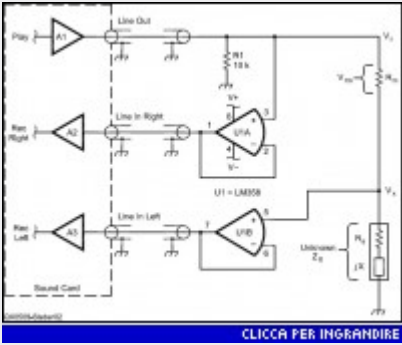
Il circuito che si deve realizzare in pratica è una forma più "evoluta" del semplice partitore sopra illustrato. Anzitutto bisogna elevare l'impedenza di ingresso dei due canali "Ingresso linea" della scheda audio (a cui si applicheranno le tensioni V_r e V_x) al massimo livello possibile; all'uopo si utilizzano 2 amplificatori operazionali. Si genera per mezzo del programma **VA** la tensione V_r , che sarà disponibile ad una delle "Uscite linea" (la destra) della scheda; poi **VA** misura le due tensioni V_r e V_x ai capi dei due "Ingressi linea" ed effettua gli opportuni calcoli.

VA è stato progettato tenendo presente un punto chiave: evitare, almeno alla prima esecuzione, di rompere le scatole all'utente con un sacco di impostazioni e di dettagli tecnici. In questo (e sia reso merito all'autore) è

tutta un'altra situazione rispetto al programma originale degli autori sopra citati, con il quale si è praticamente nella condizione di non sapere che cosa fare. Ma è anche vero che vi sono due o tre impostazioni chiave assolutamente indispensabili (di cui una sul pannello di "Controllo volume" della scheda audio e un paio su **VA**), lasciate un pò "tra le righe" ma che, se omesse, inibiscono del tutto il funzionamento del misuratore. Confesso che capire questi "dettagli" mi è costato parecchia fatica. Tutto perchè l'autore (come candidamente ammette) non ha mai trovato il tempo per realizzare il Manuale d'Uso. Superato il problema, allora è veramente questione di cliccare un pulsante e collegare il componente incognito...

Il circuito elettronico di misura

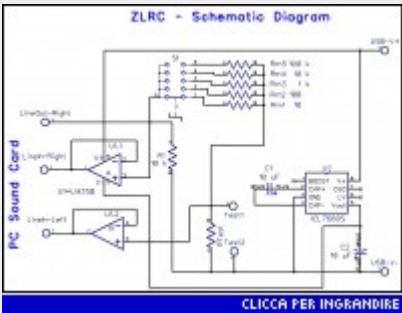
Nella versione originale, lo schema del circuito è questo:



Con "Play" si intende "Line Out" o "Uscita Linea"; con "Rec" si intende "Line In" o "Entrata Linea". Il canale usato per "Line Out" è il **Destro** (Right); le uscite degli operazionali **U1A** e **U1B** vanno rispettivamente agli ingressi "Right" (Destro) e "Left" (Sinistro).

La resistenza **R1** serve a fornire un riferimento di terra alla scheda audio. Il componente incognito è costituito da **Zx**, rappresentato in base a quanto detto con una parte reale **Rs** ed una immaginaria **jX**.

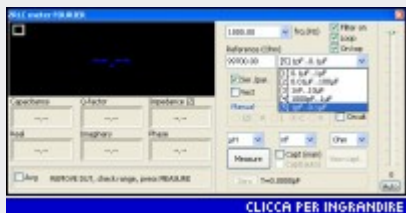
Comunque è ora di illustrare lo schema definitivo, reale e funzionante.



Vediamone i dettagli.

Sezione di sinistra

Gli operazionali sono le due sezioni di un **LM358**, come in origine. L'unica vera differenza sta nel commutatore rotante a 5 posizioni, che consente di scegliere uno dei 5 valori suggeriti dall'autore: 10 ohm, 100 ohm, 1000 ohm, 10 kohm, 100 kohm. Le gamme corrispondenti per le 5 posizioni sono indicate nella tabella sopra riportata. Sarebbero anche indicate nel listbox presente a destra di "Reference" nella finestra **ZRLC** di VA; dico "sarebbero" perchè l'autore anche qui ha commesso diversi errori, come appare nella seguente schermata. Come vedete, i valori indicati non risultano neppure in esatto ordine.



Per fortuna si tratta solo di diciture di riferimento, ma il programma poi non commette errori. Basta solo tenere presenti i numeri di riferimento: [1], [2], ecc.

Disgraziatamente sono presenti errori anche nelle liste delle resistenze e delle induttanze. Se vi chiedete come ho fatto a recuperare le portate esatte, rispondo che le ho individuate sia dal lavoro di Steber, che dall'utilizzo diretto del programma collegato all'interfaccia. In pratica, si tratta di selezionare la stessa posizione sia sul commutatore rotante che nel listbox. Se si sbaglia, cambia l'ordine di grandezza del valore che appare nella finestra di misura, ma non il valore in sé: cioè ad esempio, invece di 100.54 nF apparirebbe, che so, 10.054 nF, o 1005.4 nF...

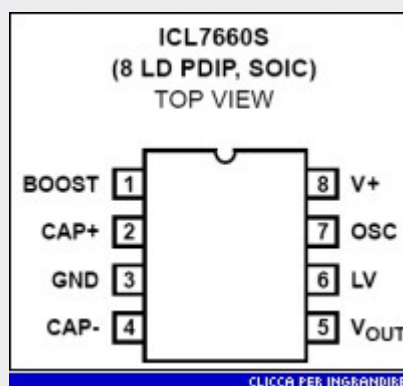
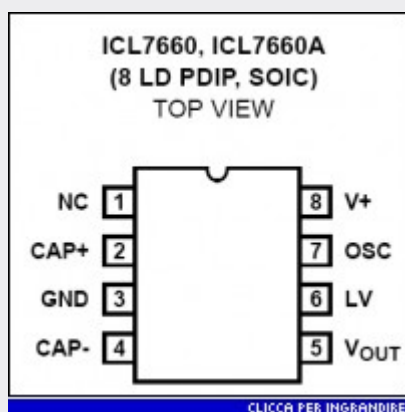
In ogni caso, **VA** dispone di un algoritmo che suggerisce l'eventuale necessità di cambiare portata con l'apposizione di un simbolo "**(u)**" come "up", cioè "su", o "**(d)**" come "down", cioè "giu".

Sezione di destra

In questa parte si vede un integrato **ICL7660S** (o ICL7660) della Intersil. A cosa serve? Come si vede, secondo l'usuale tradizione, i due operazionali funzionano grazie ad una alimentazione bipolare, V+ e V-. Nel caso dell'**LM358**, da 3 a 15 V. Ma come si può ottenere? Premesso che è preferibile tenere bassi i voltaggi di alimentazione per proteggere la scheda audio in caso di problemi, potrebbero bastare +3 e -3 V. Ad esempio con quattro batterie stilo (AAA), con una presa centrale collegata a massa.

Ma il circuito dovrà essere collegato ad un PC, che dispone delle proprie alimentazioni incorporate: non c'è un modo per approfittarne, evitando di aggiungere una complicazione, come le batterie, che alla lunga si scaricano, variano di tensione, si esauriscono? Certo!

Ogni PC dispone di una serie di connettori USB, completi di due collegamenti a +5V e massa. Mancherebbe solo il -5V. Niente paura. Basta un "Voltage converter", come appunto l'**ICL7660**. Con solo due condensatori elettrolitici di bassa capacità (per la pompa di carica e l'immagazzinamento) realizza la completa conversione di tensione di alimentazione da positivo a negativo per qualsiasi tensione tra + 1.5V e + 10V, fornendo la tensione complementare (uguale in valore assoluto) di -1.5V a -10V. La tensione positiva viene applicata tra i piedini 8 (V+) e 3 (Gnd); la corrispondente tensione negativa si ritrova tra i piedini 5 (V-) e 3.



Un dettaglio che non risulta dallo schema elettrico è la necessità di provvedere un collegamento fisico tra la linea di massa (USB - V) e i connettori di massa delle prese (femmina) jack stereo da pannello. All'inizio io non avevo previsto il collegamento sull'interfaccia tra la linea di massa (USB - V) e il connettore di massa delle prese, confidando nel fatto che sul PC i corrispondenti terminali si trovano allo stesso potenziale di massa. Ma in mancanza, l'interfaccia non funzionava! Un controllo con l'oscilloscopio sui segnali in ingresso e uscita mi presentava forme d'onda assurde in viaggio verso l'ingresso linea; così ho provveduto. Tenuto conto che il fissaggio meccanico delle due prese jack sul pannellino frontale metallico ne garantisce la continuità elettrica tra i terminali di massa, è sufficiente collegare uno dei due con uno spezzone di filo alla boccia sul pannello corrispondente a "Test2", che a sua volta è collegata all'omonimo terminale sulla basetta di interfaccia.

A questo proposito, è necessario verificare col tester, prima di effettuare le saldature, le corrispondenze tra i terminali sul connettore e sullo spinotto (maschio) dei cavetti (prolunghe maschio-maschio) che si useranno per collegare l'interfaccia alla scheda audio del PC. Si inserisce uno spinotto nel connettore da pannello, poi si cerca successivamente per ciascuno dei 3 terminali R (Right, destro), L (left, sinistro) e massa dello spinotto rimasto libero la corrispondenza con quelli della presa. Si veda a proposito più sotto, paragrafo **"Connessioni"**.

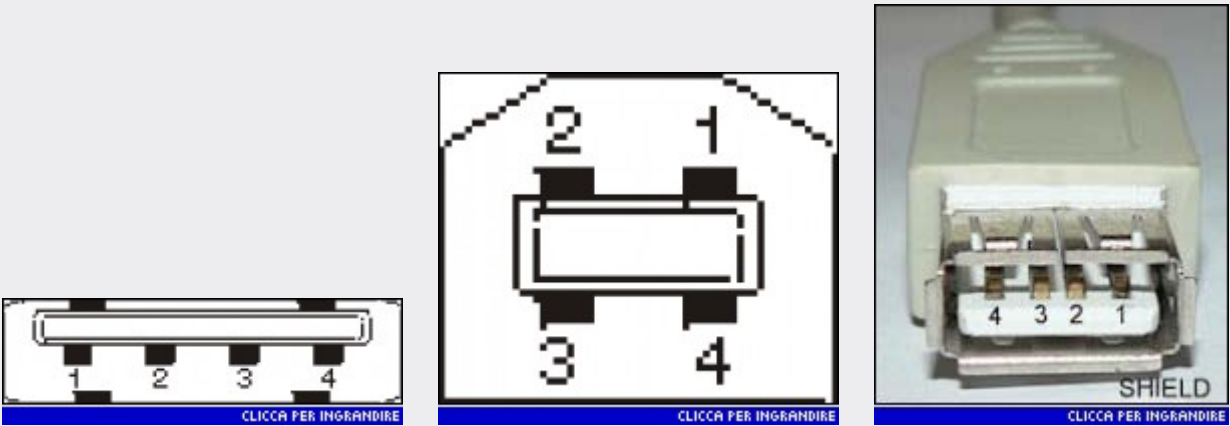
Per quanto riguarda le 5 resistenze "Rm", sembrerebbe emergere dalla

lettura dei lavori originali la necessità di usarne del tipo di precisione, e soprattutto di conoscerne il valore esatto. Ma nell'uso pratico ho verificato che non è così... come si vedrà nel capitolo **Calibrazione**. In pratica, procuratene due serie: 5 verranno montate sul commutatore **S1**, le altre 5 saranno da conservare - e misurare accuratamente - per essere utilizzate come "Test" durante la calibrazione.

Conessioni

Ritengo utile nell'occasione ricordare quali sono i collegamenti dei connettori USB, maschi (spina) e femmina (presa); in particolare il tipo A. La numerazione per spina e presa, ovviamente, non cambia.

n° pin	Nome	Funzione	Colore filo
1	Vcc	+ 5V, max 500 mA	Rosso
2	d-	Input dati al computer	Bianco
3	d+	Output dati dal computer	Verde
4	Gnd	Massa, zero volt	Nero



Questi invece sono i collegamenti degli spinotti jack stereo, usati sui PC e sulle comuni periferiche audio, e la posizione dei connettori delle schede audio sui PC. R = Right (destro); L = Left (sinistro); il terzo collegamento è la massa.

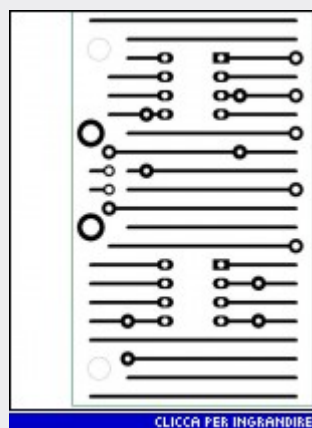
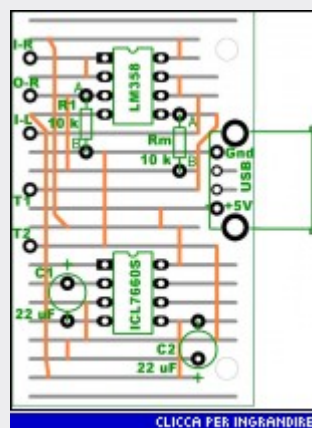




Costruzione

E' giunto il momento di presentare il prototipo funzionante dell'interfaccia di misura. Premetto che, come ho già spiegato nel mio precedente articolo "**VUmeter per uscita audio PC**", c'è stata una lunghissima interruzione dal tempo in cui, da studente, ero appassionato di elettronica, e i giorni attuali in cui ho ripreso l'antica passione. E non ho per il momento ritenuto di attrezzarmi per la realizzazione dei circuiti stampati, come facevo un tempo. Così ho realizzato il circuito con una basetta preforata a passo 2.54 mm (diciamo meglio, 1/10 di pollice) con striscie parallele in rame.

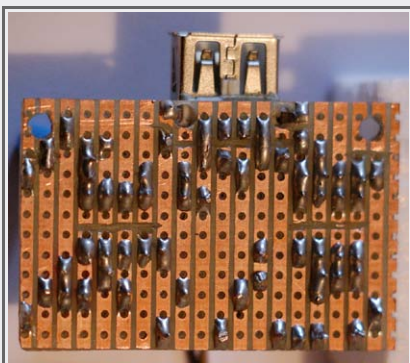
Ecco il layout della basetta. A sinistra dal lato componenti, con il tracciato delle piste in trasparenza; a destra dal lato rame. Le dimensioni sono circa 30 x 50 mm.



I collegamenti in arancione sono i ponticelli. Come si vede, ho utilizzato una presa USB per circuito stampato, che fornisce praticità di impiego e robustezza meccanica ed elettrica. La resistenza R_m in realtà non viene montata in quanto, come appena detto, è sostituita dal commutatore esterno di portata.

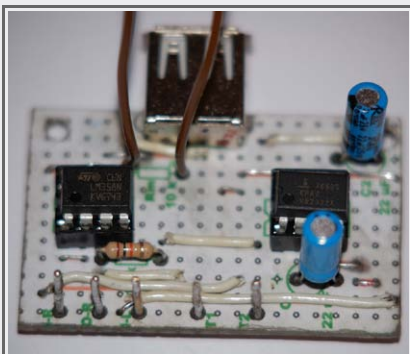
Le piste appaiono occasionalmente accorciate o interrotte secondo le necessità circuitali. In pratica ho utilizzato un fresetta in acciaio da 1 mm montata sul Dremel, per eliminare il rame sulle piste nei punti corrispondenti della basetta.

Vediamo la basetta reale, lato rame; in alto spunta il connettore USB:



[clicca per ingrandire](#)

La stessa basetta dal lato componenti:

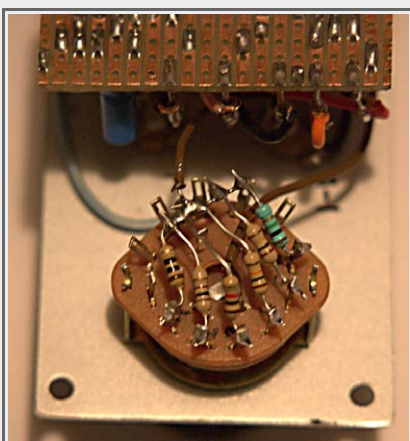


[clicca per ingrandire](#)

Come si vede, vi sono più ponticelli che componenti!

A sinistra c'è il **LM358**, a destra l'**ICL7660S**. I terminali corrispondono, in ordine, a "LineIn-Right", "LineOut-Right", "LineIn-Left", "Test1" e "Test2". La resistenza è R1.

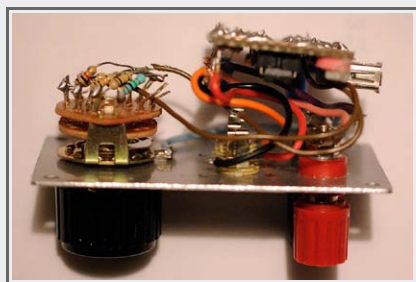
I due fili marrone che partono in corrispondenza del simbolo "Rm 10 K" vanno al commutatore rotante, illustrato qui sotto. I più attenti noteranno la presenza di una sesta resistenza da 1 Mohm, montata per eventuali prove, visto che il commutatore ha 6 posizioni. Ma in pratica non l'ho usata.



[clicca per ingrandire](#)

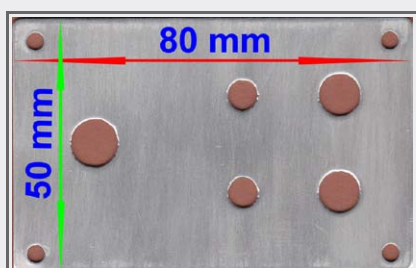
Qui si vede il commutatore montato sul pannello, assieme alle prese jack ed

alle boccole per il componente in prova. La basetta è trattenuta dai 7 cavetti che la collegano ai componenti sul pannello; poi sarà fissata con due viti e dadi sul fondo della scatola, dove ho predisposto i necessari fori e la fenditura per la presa USB.



[clicca per ingrandire](#)

A proposito, così si presenta il pannello in alluminio:



[clicca per ingrandire](#)

Questo è il fondo della scatola, con la fenditura e due distanziatori per la basetta; purtroppo non era una foto facile da realizzare...



[clicca per ingrandire](#)

Montata la basetta nella scatola, ecco la presa USB che fa capolino di lato:



[clicca per ingrandire](#)

Una vista della scatola terminata; ho completato il pannello con scritte

realizzate con una etichettatrice Dymo "*LabelPoint 150*":



CLICCA PER INGRANDIRE

Ho completato l'apparecchio con due cavetti per collegare i componenti sotto misura, forniti di spina a banana da una parte e di coccodrillo dall'altra:

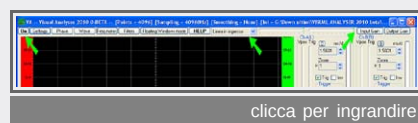


CLICCA PER INGRANDIRE

Settaggi ed utilizzo

Supponendo di aver realizzato tutto, verificati i collegamenti, controllate le tensioni di **più e meno 5V** sui terminali **8 e 4** dell'LM358, ecc., si tratta di collegare con un cavo USB tipo **A - A** la presa USB dell'interfaccia con una presa USB sul PC; poi con due prolunghe jack stereo da 3.5 mm maschio - maschio si collegano rispettivamente la presa **PC line In** con la presa azzurra **Entrata linea** della scheda audio, e la presa **PC line Out** con la presa verde **Uscita linea** della scheda medesima. Naturalmente il PC deve essere acceso.

Ora si lancia il programma **VA** ("VISUAL ANALYSER 2010 beta", VA.exe).



clicca per ingrandire

A sinistra appare il pulsante di accensione dell'analizzatore. Per ora lasciatelo così.

Dal Listbox in centro selezionate "Linea in ingresso". Ora cliccate i pulsanti "Input Gain" (che apre il pannello "Controllo registrazione" di Windows) e "Output Gain", che apre il pannello "Volume master". Dentro "Controllo registrazione" dovrete vedere selezionato "Linea in ingresso", cioè con una spunta nella casella "Seleziona"; verificate che lo slider del Volume sia in alto. Il Bilanciamento deve essere al centro. Se di solito non lo spostate mai, il Bilanciamento si trova settato al 50% su Sinistra e 50% su Destra; ma se lo spostate, dal pannello di controllo è pressoché impossibile capire quali sono le

reali percentuali dei due canali. E se tra un utilizzo e l'altro dell'analizzatore lo spostate, cambiando le sensibilità relative dei due ingressi, lo strumento darà risultati errati.

Nel mio caso, per fortuna, la scheda audio incorporata nella MB (una "SoundMAX®") è provvista di un Pannello di controllo proprietario, che affianca e integra quello di Windows, in cui se si muovono i cursori appaiono opportune diciture che indicano numericamente i settaggi dei cursori. Così non vi sono sorprese. Magari anche la vostra scheda audio dispone di un analogo pannello...

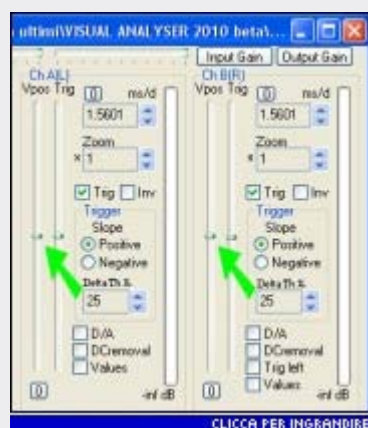
Da notare che normalmente la "Linea in ingresso" non è selezionata all'avvio di Windows, ed in mancanza **VA** non ha modo di funzionare, non ricevendo le due tensioni dal partitore. Per quanto riguarda "Volume master" di solito è già settato correttamente; al più restano da disattivare il "Sintetizzatore SW" ed il Lettore CD". Controllate qui sotto:



clicca per ingrandire

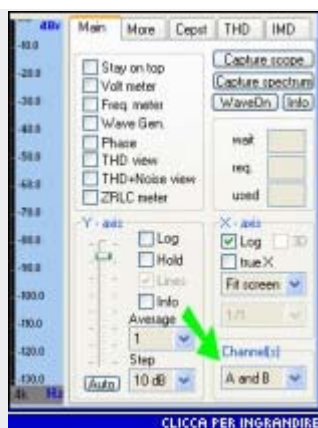
Ora si devono settare alcuni parametri di **VA**.

Dovete mettere un segno di spunta nelle due caselle "**Trig**" e portare i quattro cursori verticali "**Vpos**" e "**Trig**" per entrambi i canali a metà corsa.



CLICCA PER INGRANDIRE

Nella parte bassa a destra controllate che nel Listbox "Channel(s)" sia selezionato "A and B"; mettete una spunta in "X - Axis - Log" e toglietela da "Y - Axis - Log".



Adesso cliccate il pulsante "**Settings**" in alto a sinistra, alla destra del pulsante di accensione. Nella finestra che si apre cliccate la linguetta "**Main**" e controllate che nel Listbox "Channel(s)" sia selezionato "**A and B**". Ad ogni modo riferitevi all'illustrazione.



Cliccate la linguetta "**ZRLC**" e mettete un segno di spunta nella casella "**Auto Bias**". Questo è assolutamente indispensabile.



Noterete che nelle 5 caselle nel riquadro "Scale settings (Ohm, %)", nelle posizioni da 1 a 5 appariranno i valori standard 10, 100, 1000, 10000 e 100000. I valori che vedete nella figura (che derivano dalla calibrazione del mio esemplare) si definiranno nel corso della **Calibrazione**, che vi illustrerò dopo.

Siamo pronti a partire. Mettete un segno di spunta nella casella "**ZLRC meter**" nella parte destra della metà inferiore della finestra principale di **VA**, a destra del grafico dello spettro. Si aprirà la relativa finestra, denominata "ZRLC meter FOURIER". Lasciate settata la frequenza di 1000.00 Hz, come appare in alto. Vedrete anche che il pulsante di accensione, prima su **On**, passerà su **Off**, ad indicare che è disponibile per spegnere lo strumento (non per uscire dal programma...)

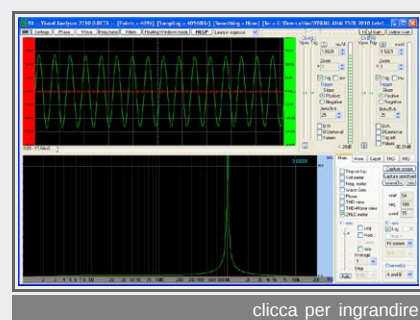


Spostate questa finestra sullo schermo in modo da vedere anche la finestra principale, che costituirà un controllo del funzionamento. Adesso potete effettuare la misura.

1. In questa fase non dovete collegare nulla ai morsetti "Test".
2. Posizionate il commutatore rotante sulla posizione "3", ed analogamente selezionate "[3]" dal Listbox sotto "Reference (Ohm)". (Potete scegliere qualunque posizione, basta che sia la stessa sull'analizzatore e sul programma).
3. Cliccate il pulsante "Measure". L'analizzatore effettuerà una prima calibrazione, che potrà durare qualche decina di secondi, poi apparirà la scritta "Connect DUT" (**DUT** = Device Under Test = dispositivo sotto test).



Se osservate la finestra principale, vedete che nel grafico superiore l'oscilloscopio visualizza la forma d'onda sinusoidale a 1000 Hz applicata al partitore; nella finestra dello spettro appare un picco in corrispondenza della frequenza di 1 kHz.

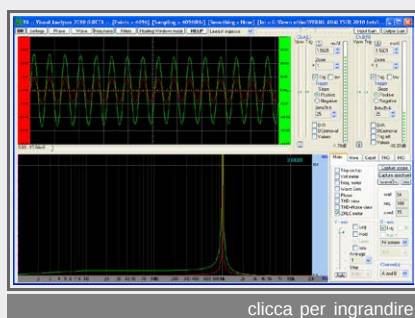


Attenzione! Se non vedete i tracciati sopra riprodotti significa che avete sbagliato qualcosa; ricontrollate...

4. Ora collegate un componente da misurare (di seguito "**DUT**"); nel caso illustrato vedete il risultato ottenuto con un condensatore da 56 nF.



Se ora guardate di nuovo la finestra principale, vedete che è apparsa una seconda onda sinusoidale (rossa), che rappresenta la tensione alternata ai capi del componente sotto misura. Nella finestra dello spettro, analogamente, appare un secondo picco, ovviamente centrato sotto il primo.



Potrà capitare che alla destra della misura appaia un simbolo "**(u)**" o "**(d)**", che indicano rispettivamente "Up" (Su) o "Down" (Giù). Questo indica che la gamma scelta non è adatta. Dovete pertanto premere "Stop", scollegare il **DUT**, passare alla gamma superiore o inferiore a seconda che sia apparso (u) o (d), e ripartire da **1**.

Se invece è tutto OK, potete anche - ad esempio - scollegare il **DUT** e sostituirlo con un altro analogo, ad esempio nel caso che vogliate selezionare due o più componenti di valore più vicino possibile.

Qualcuno potrà chiedersi come avviene che il programma indichi la corretta grandezza elettrica per il componente esaminato; nel caso attuale una capacità, quindi una misura in pF, nF o μ F. Bene, ricordate quanto detto all'inizio a proposito del partitore? Quando si inserisce una capacità o una induttanza nel partitore, la parte "reattiva" di queste provoca uno sfasamento θ tra la tensione alternata ai capi del partitore, e quella presente ai capi del componente misurato. Il programma, in unione al convertitore analogico/digitale della scheda audio, recepisce tale sfasamento (in anticipo o in ritardo a seconda dei casi) e si comporta di conseguenza. La scelta tra le tre unità dipende poi dal valore misurato e dalla gamma.

Questo avviene in quanto nella sezione "Measure" è premuto il pulsante "Auto". Se invece provate a premere il pulsante "Man", diventano attivi i 5 pulsanti nella sottostante sezione "Manual", e siete allora voi a scegliere quale misura visualizzare. E se scegliete "R" o "L" quando avete inserito un

condensatore, la misura non appare.

Però, prima di passare ad altre misure, è bene calibrare l'analizzatore.

Questo non è un argomento trattato nell'articolo di Accattatis. Dalla lettura, e dall'esame del programma, sembra che sia sufficiente misurare con uno strumento affidabile le 5 resistenze "campione" inserite sul commutatore, ed inserirne i rispettivi valori nella finestra "ZRLC" di "Settings". Invece non è così!

Nelle prime prove avevo provato ad esempio a misurare una resistenza da 10000 ohm, il cui valore reale, secondo il mio tester, era di 9920; ma la misura era stata di 9950 ohm. Eppure avevo inserito nella finestra "ZRLC" i valori reali delle 5 resistenze, dopo averli misurati con il tester digitale... Non che fosse un errore insopportabile; ma non si poteva aumentare la precisione?

Per tentare di capire il problema, avevo collegato l'oscilloscopio sia sulla tensione ai capi del partitore, che su quelle in uscita; ed avevo notato che queste cambiavano a seconda della posizione del commutatore. Probabilmente la colpa è dell'impedenza di uscita della mia scheda audio, troppo alta per questa particolare applicazione. Si potrebbe pensare di aggiungere un altro operazionale tra l'uscita audio e il partitore, in funzione di adattatore di impedenza; ma chi è in grado di appurare la vera causa di questo fenomeno? Per fortuna c'è una strada più semplice. La trovate nel paragrafo successivo.

Calibrazione

Ecco che cosa ho pensato per avere uno strumento calibrato al meglio... almeno lo spero! Supponendo di avere due resistenze dello stesso valore sia come riferimento (**R_m**), che sotto esame (**R_s**), la tensione ai capi di questa, **V_z**, è la metà di quella di riferimento **V_r**. In linea teorica, il programma è istruito a risolvere l'equazione del partitore, quindi attribuisce a **R_s** lo stesso valore di **R_m**. Che, per il programma stesso, altro non è che il valore indicato nella finestra "ZRLC", sezione "Scale settings". Se le cose vanno diversamente, vuol dire che esistono altri fattori - oltre al solo partitore - in grado di "produrre" il valore finale diverso da quello atteso. Cioè bisogna tenere conto anche di altri parametri strumentali, oltre che del valore reale delle varie resistenze di riferimento. E secondo me non importa se non li si conosce esattamente.

Se si vuole forzare lo strumento a indicare la reale resistenza sotto prova, non basta quindi tenere presente il solo valore del riferimento, usando il suo valore nei Settings. Bisogna usare un valore con il quale il programma, effettuando i propri calcoli, giunga al risultato reale. Ed è un valore che si ottiene facilmente confrontando - manualmente ed "una tantum" - il valore

vero della resistenza in prova, con quello indicato dal programma prima di effettuare la correzione.

Dunque, per calibrare l'analizzatore procedete così. Vi avevo anticipato di preparare una serie di 5 resistenze di prova, dello stesso valore nominale di quelle montate sul commutatore. Il cui valore, in realtà, non interessa più di tanto, salvo il verificare che rientrino nella tolleranza di costruzione.

a. Misurate col vostro tester i valori delle resistenze di prova - che sarà bene conservare - e segnatevi i valori trovati. Tenete presente che la precisione dell'analizzatore sarà quella del tester che avrete usato.

b. Aprite la finestra "Settings" e cliccate la linguetta "**ZRLC**"; lasciate questa finestra in vista sullo schermo.

c. Iniziate la misura dal punto **1.** del paragrafo **Settaggi ed utilizzo** sopra illustrato; impostate la posizione [1] sul commutatore e sul programma.

d. quando giungete al punto **4.** inserite la resistenza di prova da 10 ohm, e segnate il valore misurato.

e. Supponiamo che il valore reale della resistenza di prova sia 10.40 ohm (**R_p**), e che la misura visualizzata sullo schermo sia uguale a 10.10 (**R_v**). Effettuate il calcolo del fattore

$$F = R_p / R_v$$

Nel caso attuale, si avrebbe **F = 10.40 / 10.10 = 1.0297.**

f. Senza premere **Stop**, cliccate nel campo corrispondente alla "Position 1" nella sezione "Scale settings" e sostituite il numero **10** con 10 x 1.0297, cioè con 10.30 (non è il caso di essere troppo pignoli...). Noterete che, a seguito della modifica del valore, il pulsante "Apply" relativo a quella posizione, prima non disponibile, si attiva. Cliccatelo per rendere effettiva la modifica. Vedrete immediatamente apparire il valore esatto, salvo lievi oscillazioni di poco conto.

g. Procedete allo stesso modo per le altre 4 posizioni, inserendo successivamente le altre resistenze di prova e ripartendo sempre dal punto **c.**

h. Alla fine del procedimento conviene fare in modo di ritrovare questi settaggi, in modo da essere sicuri di non dover rifare la calibrazione ogni volta. Per fortuna esiste l'opzione per salvare la configurazione. Nella finestra dei Settings trovate i tre pulsanti "Save Config.", "Save As" e "Open Config". Cliccando "Save Config." tutti i parametri di funzionamento presenti al momento verranno automaticamente ricaricati ad ogni nuovo lancio del programma.

Abbiamo calibrato l'analizzatore per le resistenze; e per gli altri componenti?

Disponendo di un tester con la possibilità di misurare i condensatori, con le portate 2 nF, 20 nF, 200 nF, 2 μ F e 20 μ F, ho misurato prima con questo due condensatori in poliestere (come quello della foto dei due cavetti con i coccodrilli) del valore di 220 nF. Ho trovato rispettivamente 211 e 217 nF. Sottoposti quindi alla misura con **ZRLC** utilizzando la posizione [1] ho trovato rispettivamente 215 e 219 nF. Nella figura seguente vi riporto la misura per il secondo condensatore; tenete presente una cosa che non avevo ancora detto, cioè che le misure generalmente non sono fisse su un valore preciso, ma oscillano lievemente tra due estremi. In questo caso, per il secondo condensatore, tra 219 e 221 nF.

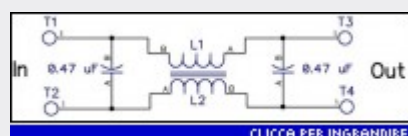


Se premiamo "Stop", stacciamo il condensatore, portiamo l'analizzatore e **ZRLC** in posizione [2] e ripartiamo, ecco il risultato:



Mica male, no?

Per quanto riguarda le induttanze, non avevo al momento sottomano nulla di utile, né di valore noto; però mi sono ritrovato un vecchio filtro antidisturbo autocostruito, costituito da due bobine avvolte intercalate su uno spezzone di ferrite tipo radiolina OM, collegate a due condensatori da 0.47 μ F, 630 V. Ecco lo schema:

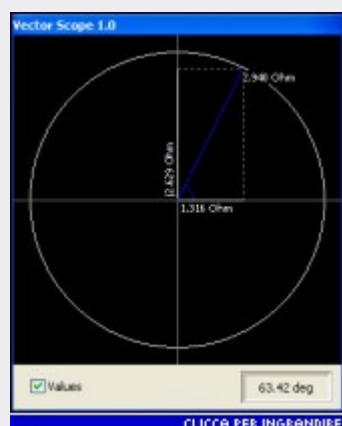


Collegando ai morsetti di Test i terminali T1 e T3 (lo stesso sarebbe tra T2 e T4), ecco la misura trovata:



Notate la bassa resistenza "Reale", pari a 1.331 ohm, come di solito avviene per le induttanze; in fondo si tratta di due spezzoni di filo smaltato...

E dato che non abbiamo detto nulla del "Vettorscopio", eccolo in funzione; lo si ottiene mettendo la spunta alla casella "Vect" nella finestra di **ZRLC**, a sinistra della sezione "Measure":



Si vedono graficamente in 2 dimensioni, come vettore, i parametri del filtro (che qui, ripeto, è visto come induttanza): le piccole differenze tra i valori corrispondenti nelle due rappresentazioni sono normali, dovute alle piccole oscillazioni di cui ho detto prima. Per vedere il filtro come condensatore, l'avrei dovuto collegare tra T1 e T2, o tra T3 e T4.

Un'ultima prova: un condensatore variabile ad aria montato su ceramica, reduce dei miei primi, lontani esperimenti in radiofrequenza! Non saprei come ricavare il valore di capacità dai codici stampigliati sopra: GH-1072-12-3, e 273252W. L'ho fotografato collegato all'analizzatore, ma non vicino al PC, per mancanza di spazio. Eccolo:



Mi domandavo: l'analizzatore sarà in grado di misurarlo?

Come risposta ecco le misure, rispettivamente in posizione tutta chiusa, e quasi completamente aperta (se lo aprivo tutto l'analizzatore non era più in grado di fornire una misura):



Meglio di niente, non dite?

E di aver dimostrato in pratica la bontà del progetto, la sua utilità, la sua comodità di impiego.