

Circuito elettronico di interfaccia

per

“Un misuratore d’impedenza con compensazione automatica degli errori sistematici”

di Alfredo Accattatis

Quanto ho realizzato - di seguito definito “ZRLC” - è riferito al lavoro denominato “Un misuratore d'impedenza con compensazione automatica degli errori sistematici”, presentato da Alfredo Accattatis sulla pagina omonima, presente su:

<http://www.sillanumsoft.org/Italiano/zrlc.htm> (cliccare il link rosso per scaricare)

e ne costituisce il necessario completamento.

ZRLC è un reale ed efficiente misuratore di impedenze (Z), resistenze (R), induttanze (L) e capacità (C), che opera con buonissima precisione in una gamma vastissima. Oltre alle resistenze, che vanno da pochi Ω ai Mega Ω , ecco cosa può misurare grazie alle sue 5 portate:

Portata	Resistenza	Capacità	Induttanza
1	0.1 ohm .. 1000 ohm	100 nF .. 1000 μ F	10 μ H .. 10 mH
2	1 ohm .. 10 K ohm	10 nF .. 100 μ F	100 μ H .. 100 mH
3	10 ohm .. 100 K ohm	1 nF .. 10 μ F	1 mH .. 1000 mH
4	100 ohm .. 1 M ohm	100 pF .. 1 μ F	10 mH .. 10 H
5	1000 ohm .. 10 M ohm	10 pF .. 100 nF	100 mH .. 100 H

Verranno presentate tre versioni:

- la prima, più semplice, utilizza la scheda sonora incorporata in ogni PC;
- la seconda, definita “All In One”, dispone di una scheda sonora incorporata e funziona con la sola connessione USB;
- la terza, messa a punto originariamente dalla rivista “Nuova Elettronica” (<http://www.nuovaelettronica.it/>) migliora la capacità di leggere resistenze di pochi Ω , e consente di misurare l’impedenza degli altoparlanti.

Sommario

Cliccate sulle voci per raggiungere le relative pagine.

Un misuratore d'impedenza	1
Premessa	3
Versioni.....	5
L'analizzatore ZRLC	6
Prima versione	9
Il circuito elettronico di misura.....	9
Sezione di sinistra - Gli operazionali.....	10
Sezione di destra - Generatore tensione negativa.....	11
Connessioni.....	12
Costruzione	13
Settaggi ed utilizzo.....	18
Calibrazione	24
L'azzeramento.....	25
APPENDICE - Basetta PCB.....	32
Avvertenze per l'uso.....	34
Files disponibili:.....	34
Seconda versione	35
Descrizione e schema elettrico	36
Realizzazione pratica	40
Impostazioni ed uso	48
Altri metodi di misura:.....	57
Lo "Sweep"	57
"LMS Bridge"	59
Files necessari	61
Terza versione	62
L'impedenzometro di Nuova Elettronica	65
Generatore tensione negativa.....	71
Altri possibili finali BF	72
Datasheets	75

Premessa

ZRLC è una nuova funzione specializzata del programma “**Visual Analyser**” (di seguito “**VA**”), attualmente giunto alla versione 2010 NE-XT - V.3 BETA.

L'autore è Alfredo Accattatis, che ha lavorato per molti anni 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.

In cosa consiste “**VA**”? Cito 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 a doppia traccia. Le uniche vere limitazioni stanno nella banda passante, imposta dal progetto della scheda, quindi $10 \div 20000$ Hz, e dalla mancanza di ingressi in continua. A tutto il resto provvede il programma. Di seguito vedete in dettaglio le caratteristiche; ricordo che l'autore ha realizzato il sito Web con pagine sia in Italiano:

<http://www.sillanumsoft.org/Italiano/index.htm>

che in Inglese:

<http://www.sillanumsoft.org/index.htm>

Ritengo utile riportare le caratteristiche:

Caratteristiche principali di VA:

1. *Oscilloscopio doppia traccia, con time division, visualizzazione xy, trigger, determinazione frequenza e ampiezza con mouse; finestra di visualizzazione valori principali in tempo reale;*
2. *Analizzatore di spettro doppia traccia con fase e ampiezza: (lineare, logaritmico, linee, barre, analisi a terzi di ottava e 1/6, 1/9, 1/12, 1/24);*
3. *Generatore di funzioni (SENZA aliasing) triangolare, quadre, sinusoidali, impulsi, funzione "custom" a partire dallo sviluppo in serie di Fourier con tool grafico (Visual Tool), rumore bianco (gauss e uniforme) e rosa, generazione componente continua (su schede accoppiate in continua);*
4. *Frequenzimetro, nel dominio del tempo e della frequenza, contatore;*
5. *Voltmetro AC (vero valore efficace, picco-picco, medio, **NEW** dB, **NEW** CC);*
6. *Filtri digitali (passa basso, passa alto, passa banda, elimina banda, notch, "raddrizzatore", notch inverso, eliminazione componente continua);*
7. *Distorsimetro THD e THD+noise, con possibilità di sweep automatico in frequenza e produzione grafici memorizzabili in vari formati, poi visualizzabili separatamente; salvataggio screenshot e clipboard;*
8. *Ingressi X-Y;*
9. *Conversione D/A completa nell'oscilloscopio;*
10. *Compensazione di frequenza: possibilità di editare/importare un curva di risposta in frequenza arbitraria da sovrapporre alla misura; aggiunte curve di pesatura standard A,B,C **NEW** (anche) in parallelo con la compensazione in frequenza ;*
11. *Possibilità di memorizzazione dei campioni nel dominio del tempo e della frequenza; analisi in frequenza dei campioni memorizzati, stampa e salvataggio in formato .tee, txt, wmf, clipboard;*
12. *Aggiunto visualizzatore interno per il formato .tee e .txt svincolato dalle finestre di acquisizione;*

13. *Riconoscimento corretto di tutti i sistemi operativi, compreso VISTA e SEVEN;*
14. **NEW** *Utilizzo di variabili interne in floating point a 80 bit per minimizzare il rounding-error;*
15. *Cepstrum;*
16. *Cross Correlazione;*
17. *Misura THD estesa;*
18. *Set di valori calcolati in real time (peak to peak, peak, crest factor, form factor, true rms, mean, calcolo della frequenza con algoritmo di zero-crossing e relativa incertezza).* **NEW**
19. *Compatibilità 100% VISTA/Seven.*

Gli altri dettagli - e i vari aggiornamenti - li vedete alla pagina www.sillanumsoft.org/Italiano/news.htm.

L'attuale versione aggiornata "2010 NE-XT - V.3 BETA", con tutte le correzioni e migliorie introdotte fino al 22 marzo 2010, è ancora in fase di sviluppo; ma è già perfettamente in grado di svolgere il compito di gestire l'interfaccia e di ottenere congrui risultati, specie a seguito delle numerose correzioni e perfezionamenti apportati.

In tabella sono riportate le versioni fin qui messe a disposizione dall'autore:

Denominazione	Versione
VISUAL ANALYSER 2010 0 - beta	12.0.0.1120
VISUAL ANALYSER 2010 3 - beta	12.0.0.1942
VISUAL ANALYSER 2010 4 - beta	12.0.0.1998
VISUAL ANALYSER 2010 5 - beta	12.0.0.2077
VISUAL ANALYSER 2010 NE-XT	12.0.0.2188
VISUAL ANALYSER 2010 NE-XT - V.1	12.0.0.2297
VISUAL ANALYSER 2010 NE-XT - V.2.1	12.2.0.2300
VISUAL ANALYSER 2010 NE-XT - V.2.2	12.2.0.2302
VISUAL ANALYSER 2010 NE-XT - V.2.3	12.2.0.2304
VISUAL ANALYSER 2010 NE-XT - V.2.4	12.2.4.2305
VISUAL ANALYSER 2010 NE-XT - V.3 BETA	12.3.0.2306

Il software si scarica da:

http://www.sillanumsoft.org/Italiano/scarica_programma.htm.

L'ultima versione NE-XT - V.3 BETA si può scaricare da:

<http://casa.accattatis.org:9090/Latest%20VA%20version/VA%20v3%20BETA.exe>

La stessa è contenuta nel file [Files.zip](#) presente su questo sito.

L'analizzatore ZRLC

Cito ancora le parole dell'autore:

Un piccolo preambolo. Per il corretto funzionamento di ZRLC è necessario costruire un semplicissimo hardware aggiuntivo, allo scopo di ottenere prestazioni non solo "hobbystiche". L'hardware necessario è, in prima battuta, una semplice coppia di amplificatori operazionali usati in configurazione "adattatori d'impedenza" allo scopo di elevare il più possibile l'impedenza d'ingresso del misuratore. Questo per uno scopo relativamente ovvio: una bassa impedenza d'ingresso, caratteristica tipica delle schede audio, significa una perturbazione non trascurabile nel valore dell'impedenza da misurare. Ossia, in altri termini, misure poco accurate.

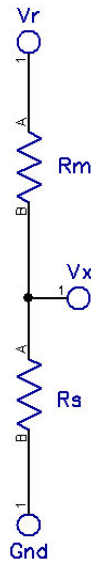
Come lo stesso autore afferma, il lavoro (che dura da alcuni anni) è stato ispirato da altri esistenti, come quello del Dr. George Steber, ed un altro apparso sulla rivista Elektor per mano di Martin Klaper e Heinz Mathis. Li trovate facilmente e liberamente su Internet, ma per facilitarvi le cose ve 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 applicazioni precedenti a VA - 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 .



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":

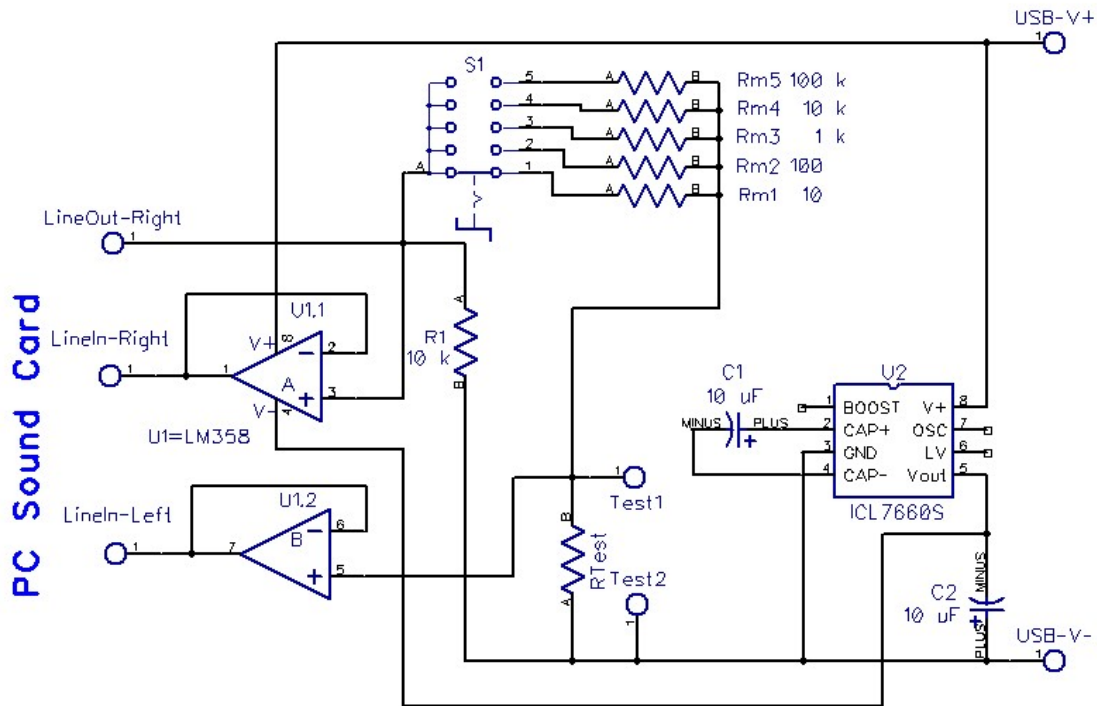
$$Z = |Z| \angle \theta$$

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...

ZLRC - Schematic Diagram

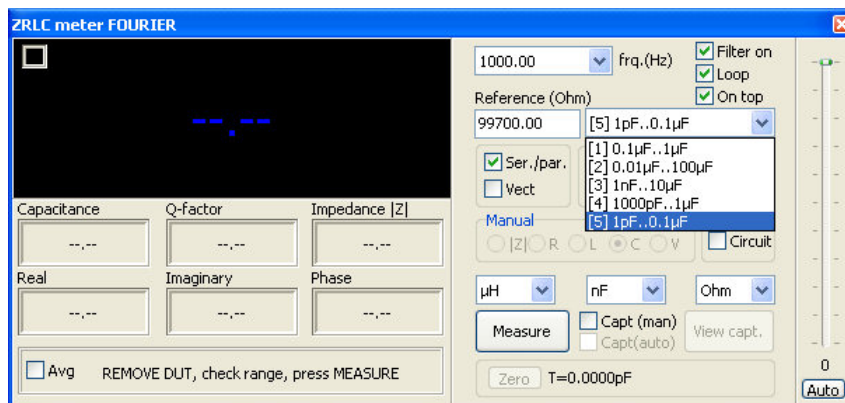


Vediamone i dettagli.

Sezione di sinistra - Gli operazionali

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 Ω , 100 Ω , 1000 Ω , 10 k Ω , 100 k Ω . Le gamme corrispondenti per le 5 posizioni sono indicate nella tabella sopra riportata. Sono anche indicate nel listbox presente a destra di "Reference" nella finestra **ZRLC** di VA.

Avverto che le immagini presentate - con alcune eccezioni - si riferiscono ad una versione piú datata (2010 4 - beta), precedente la serie "2010 NE-XT" attualmente disponibile.



Per usare correttamente ZRLC 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...

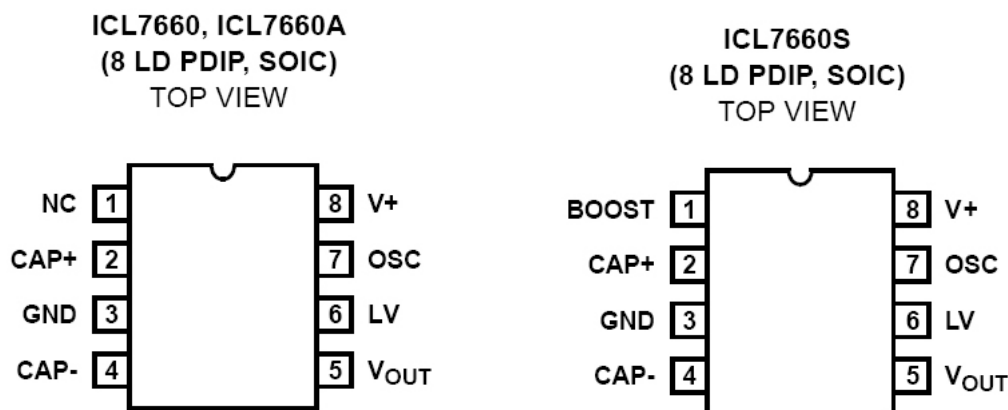
In ogni caso, VA dispone di un algoritmo che suggerisce l'eventuale necessità di cambiare portata con l'apposizione di un simbolo “(u)” come “up”, cioè “su”, o “(d)” come “down”, cioè “giù”.

Sezione di destra - Generatore tensione negativa

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 pannello frontale metallico ne garantisce la continuità elettrica tra i terminali di massa, è sufficiente collegare uno dei due con uno spezzone di filo alla boccola sul pannello corrispondente a "Test2", che a sua volta è collegata all'omonimo terminale sulla basetta di interfaccia.

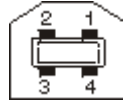
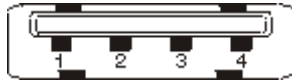
A questo proposito, è necessario verificare col tester, prima di effettuare le saldature, le corrispondenze tra i terminali sul connettore e sullo spinotto (maschio) dei cavetti (prolunghe maschio-maschio) che si useranno per collegare l'interfaccia alla scheda audio del PC. Si inserisce uno spinotto 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.

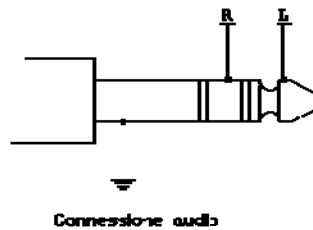
Connessioni

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



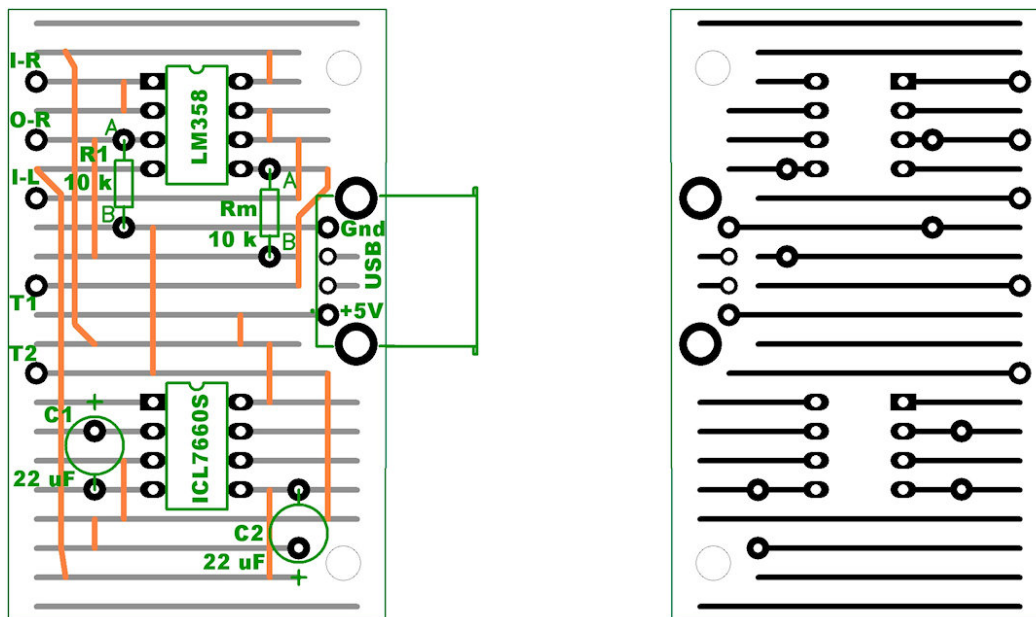
Questi invece sono i collegamenti degli spinotti jack stereo, usati sui PC e sulle comuni periferiche audio, e la posizione dei connettori delle schede audio sui PC. R = Right (destro); L = Left (sinistro); il terzo collegamento è la massa.



Costruzione

E' giunto il momento di presentare il prototipo funzionante dell'interfaccia di misura. Premetto che 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.

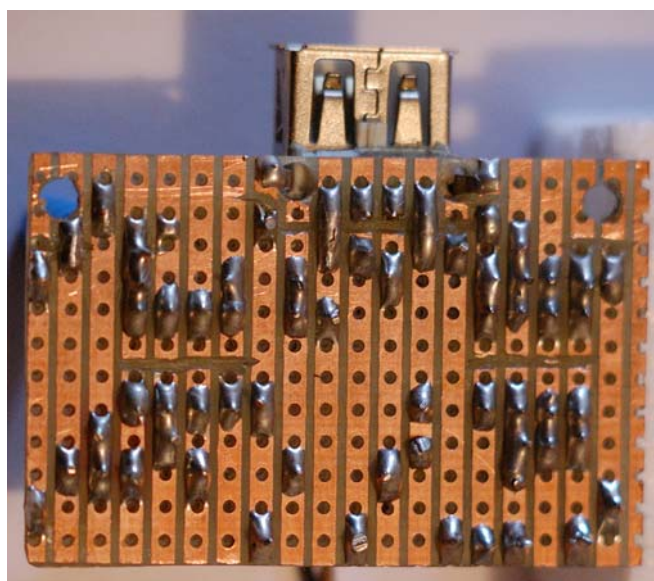
Ecco il layout della basetta. A sinistra dal lato componenti, con il tracciato delle piste in trasparenza; a destra dal lato rame. Le dimensioni sono circa 30 x 50 mm.



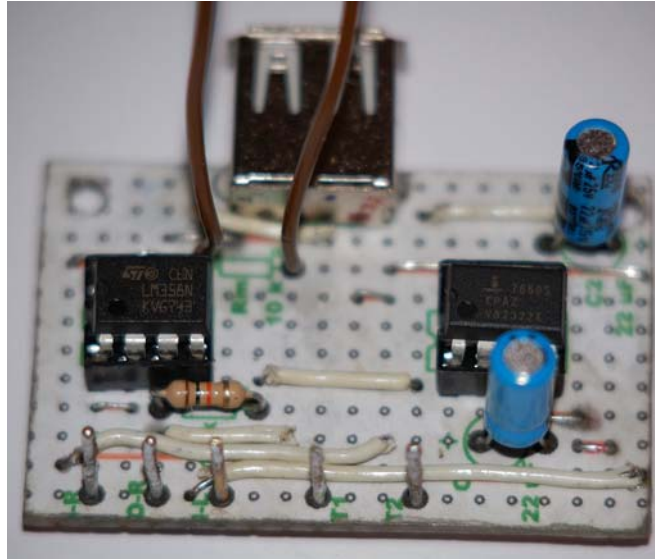
I collegamenti in arancione sono i ponticelli. Come si vede, ho utilizzato una presa USB per circuito stampato, che fornisce praticità di impiego e robustezza meccanica ed elettrica. La resistenza R_m in realtà non viene montata in quanto, come appena detto, è sostituita dal commutatore esterno di portata.

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:



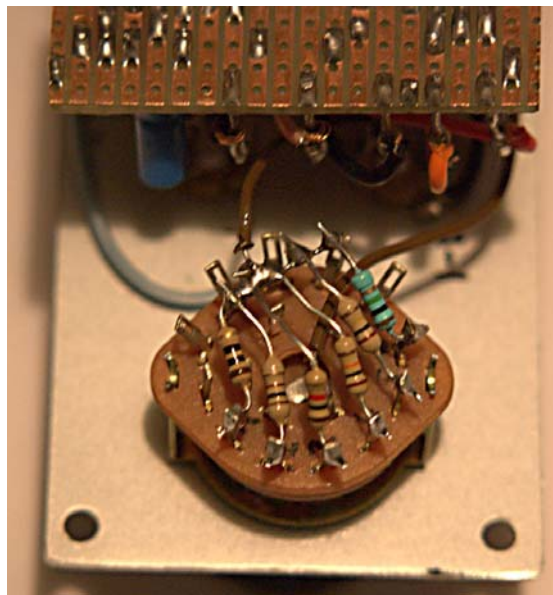
La stessa basetta dal lato componenti:



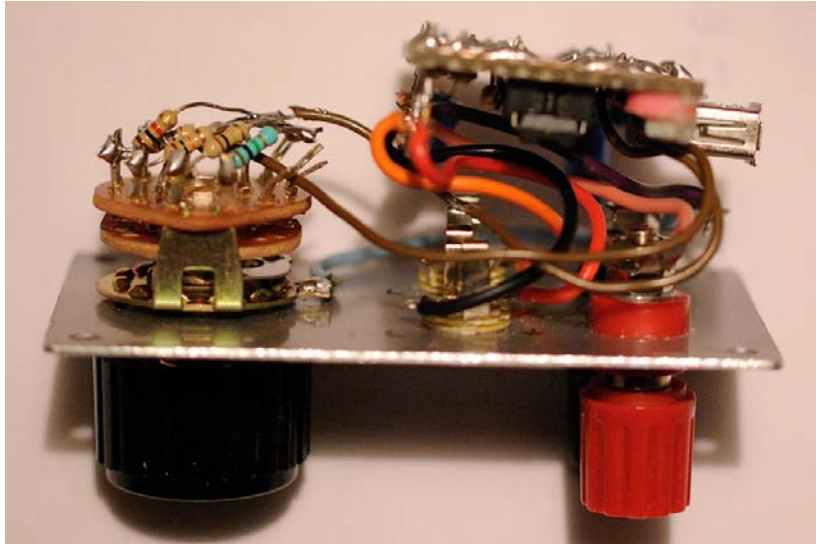
Come si vede, vi sono più ponticelli che componenti!

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.

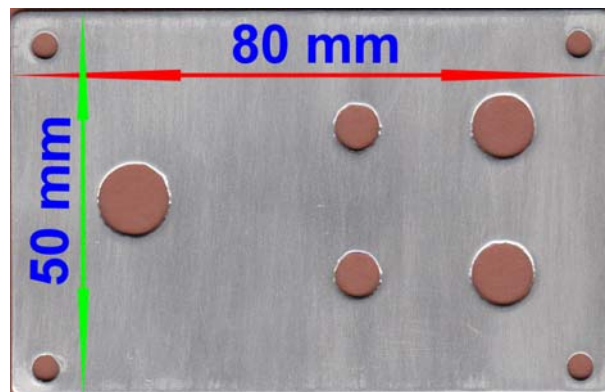
I due fili marrone che partono in corrispondenza del simbolo "Rm 10 K" vanno al commutatore rotante, illustrato qui sotto. I più attenti noteranno la presenza di una sesta resistenza da 1 M Ω , montata per eventuali prove, visto che il commutatore ha 6 posizioni. Ma in pratica non l'ho usata.



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.



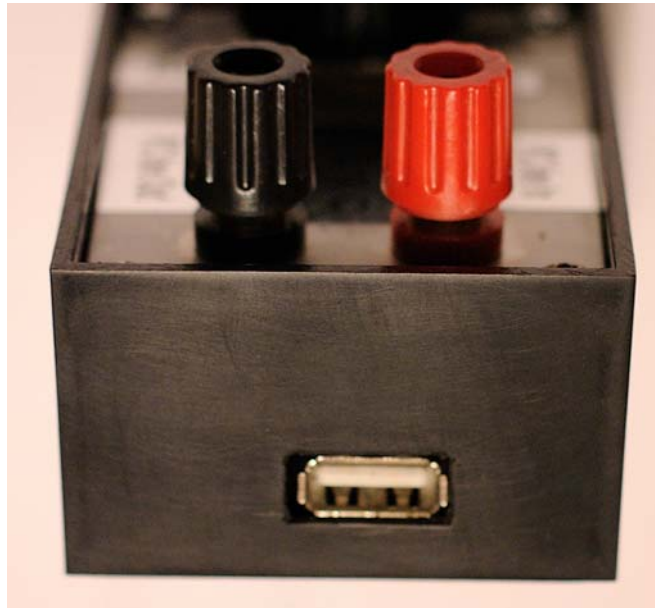
A proposito, così si presenta il pannello in alluminio:



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



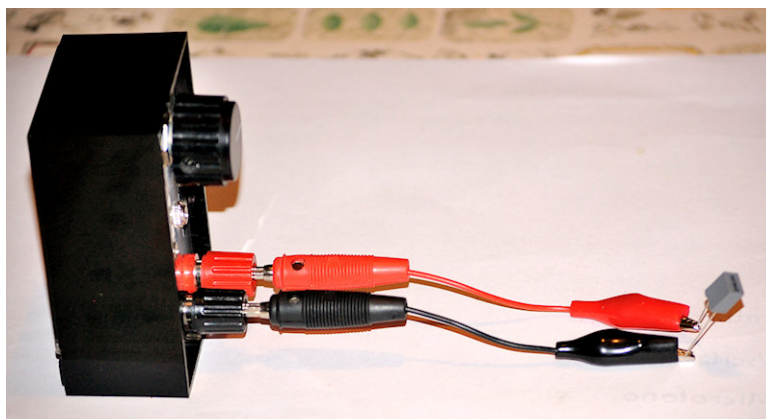
Montata la basetta nella scatola, ecco la presa USB che fa capolino di lato:



Una vista della scatola terminata; ho completato il pannello con scritte realizzate con una etichettatrice Dymo "LabelPoint 150":



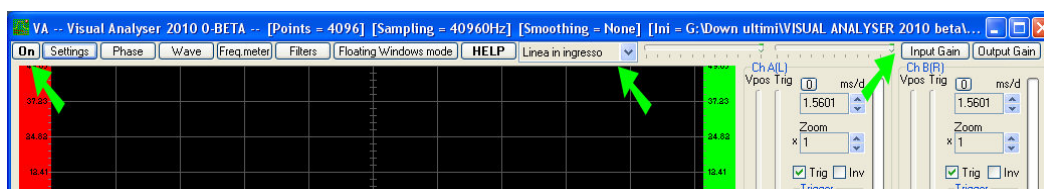
Ho completato l'apparecchio con due cavetti per collegare i componenti sotto misura, forniti di spina a banana da una parte e di cocodrillo dall'altra:



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 (VA.exe)**.

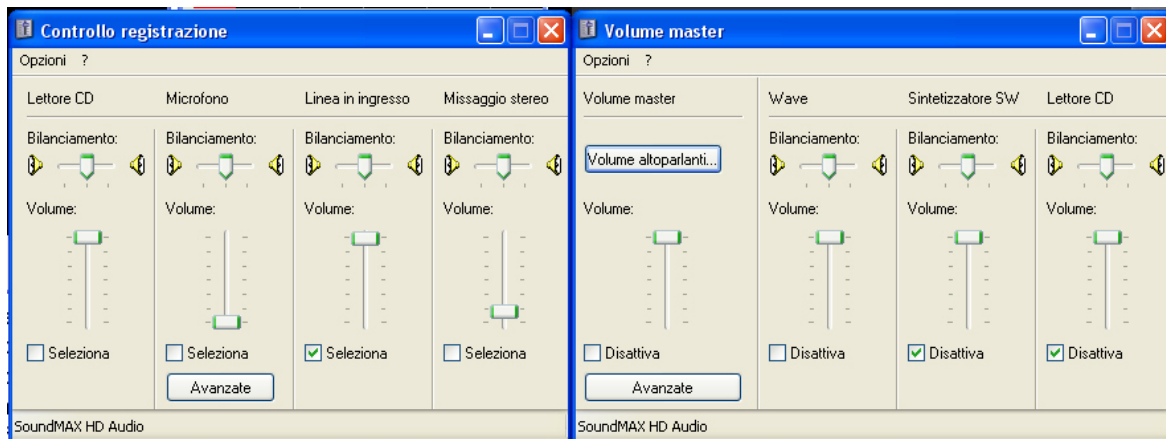


A sinistra appare il pulsante di accensione dell'analizzatore. Per ora lasciatelo così.

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.

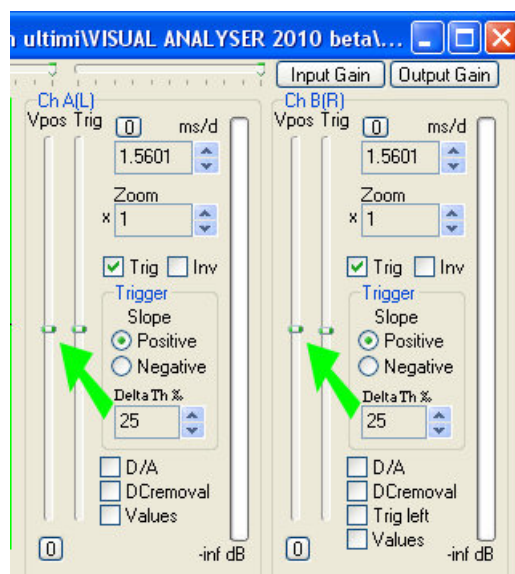
Nel mio caso, per fortuna, la scheda audio incorporata nella MB (una “SoundMAX®”) è provvista di un Pannello di controllo proprietario, che affianca e integra quello di Windows, in cui se si muovono i cursori appaiono opportune diciture che indicano numericamente i settaggi dei cursori. Così non vi sono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

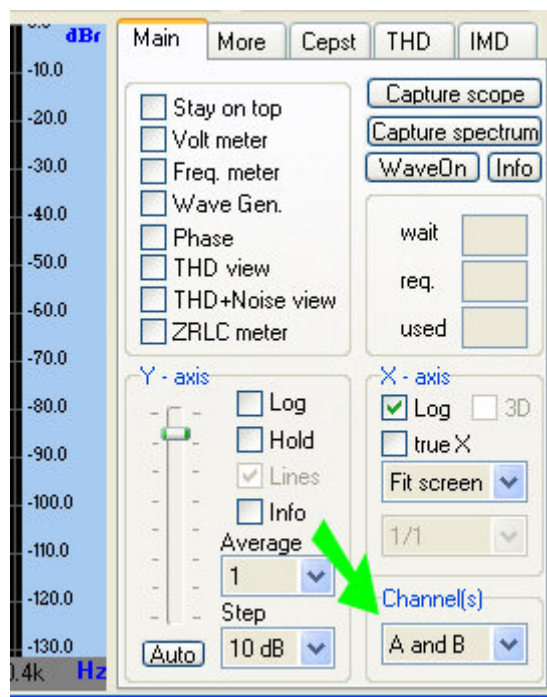


Ora si devono settare alcuni parametri di VA.

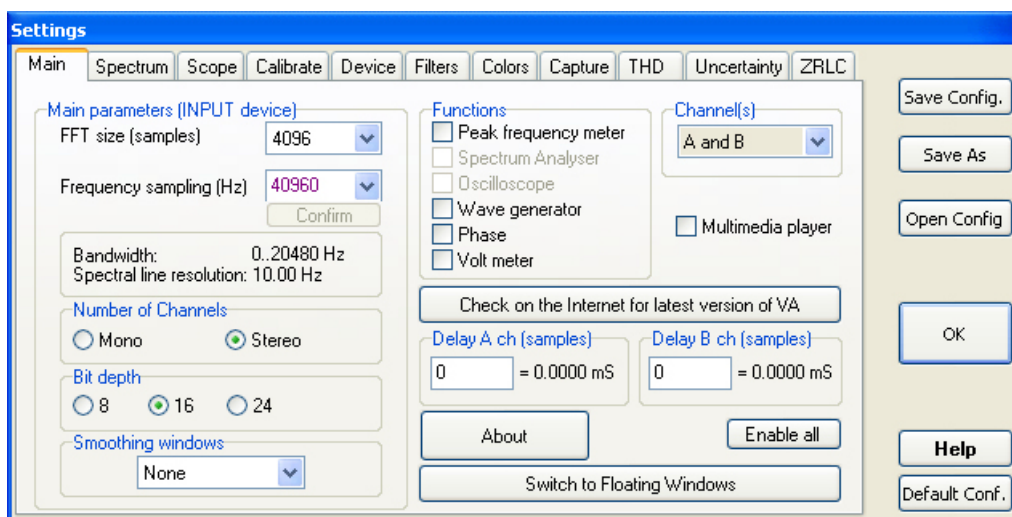
Dovete mettere un segno di spunta nelle due caselle “Trig” e portare i quattro cursori verticali “Vpos” e “Trig” per entrambi i canali a metà corsa.



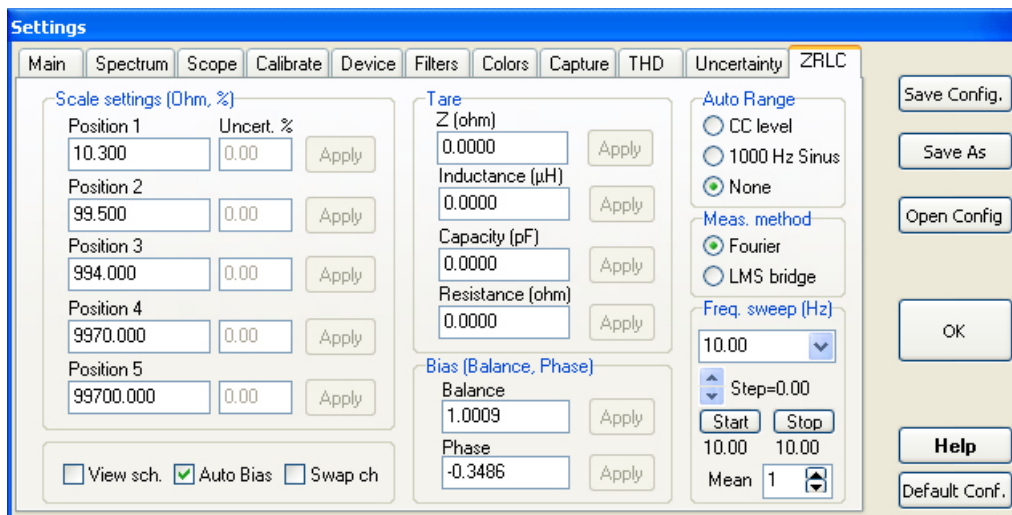
Nella parte bassa a destra controllate che nel Listbox “Channel(s)” sia selezionato “A and B”; mettete una spunta in “X - Axis - Log” e toglietela da “Y - Axis - Log”.



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.

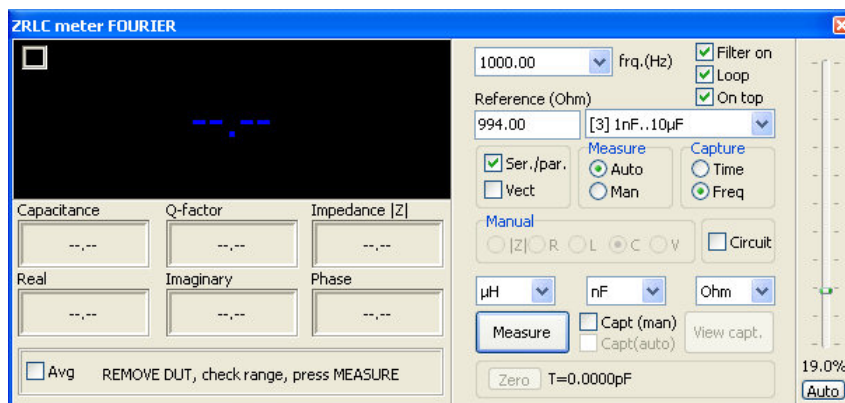


Cliccate la linguetta “**ZRLC**” e mettete un segno di spunta nella casella “**Auto Bias**”. Questo è assolutamente indispensabile.



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...)

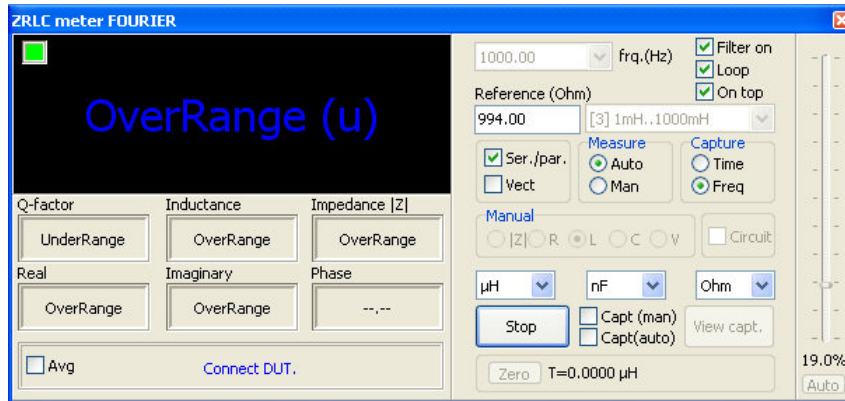


Spostate questa finestra sullo schermo in modo da vedere anche la finestra principale, che costituirà un controllo del funzionamento. Adesso potete effettuare la misura.

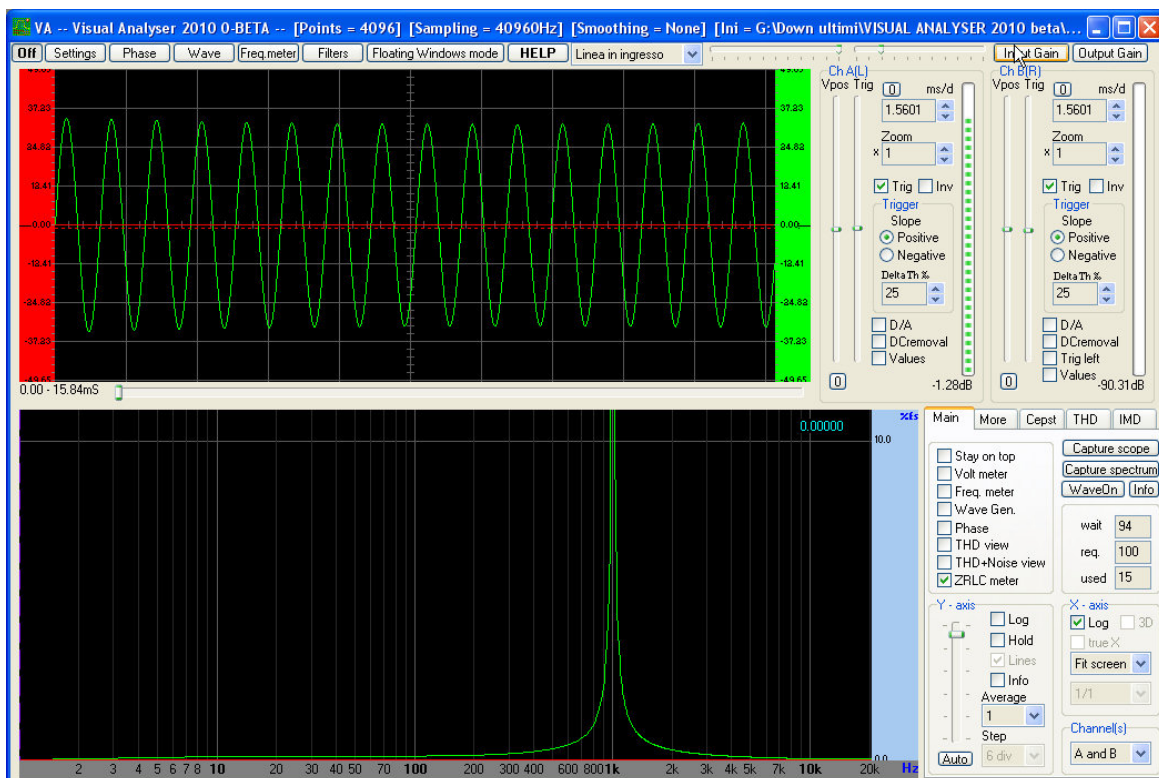
1. In questa fase non dovete collegare nulla ai morsetti “Test”.

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).

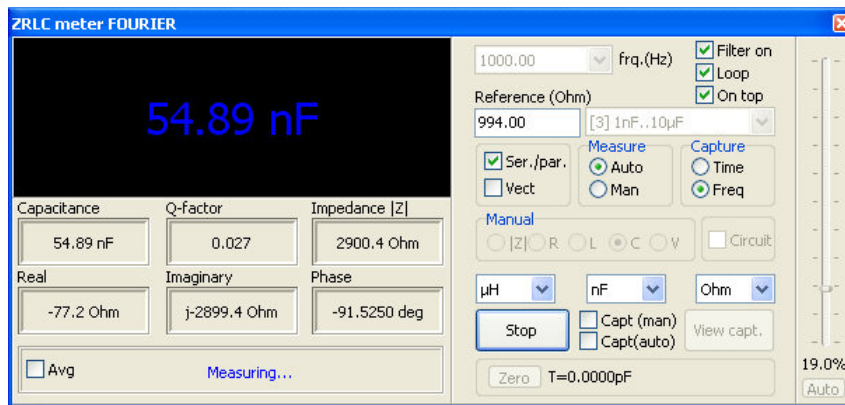


Se osservate la finestra principale, vedete che nel grafico superiore l’oscilloscopio visualizza la forma d’onda sinusoidale a 1000 Hz applicata al partitore; nella finestra dello spettro appare un picco in corrispondenza della frequenza di 1 kHz.

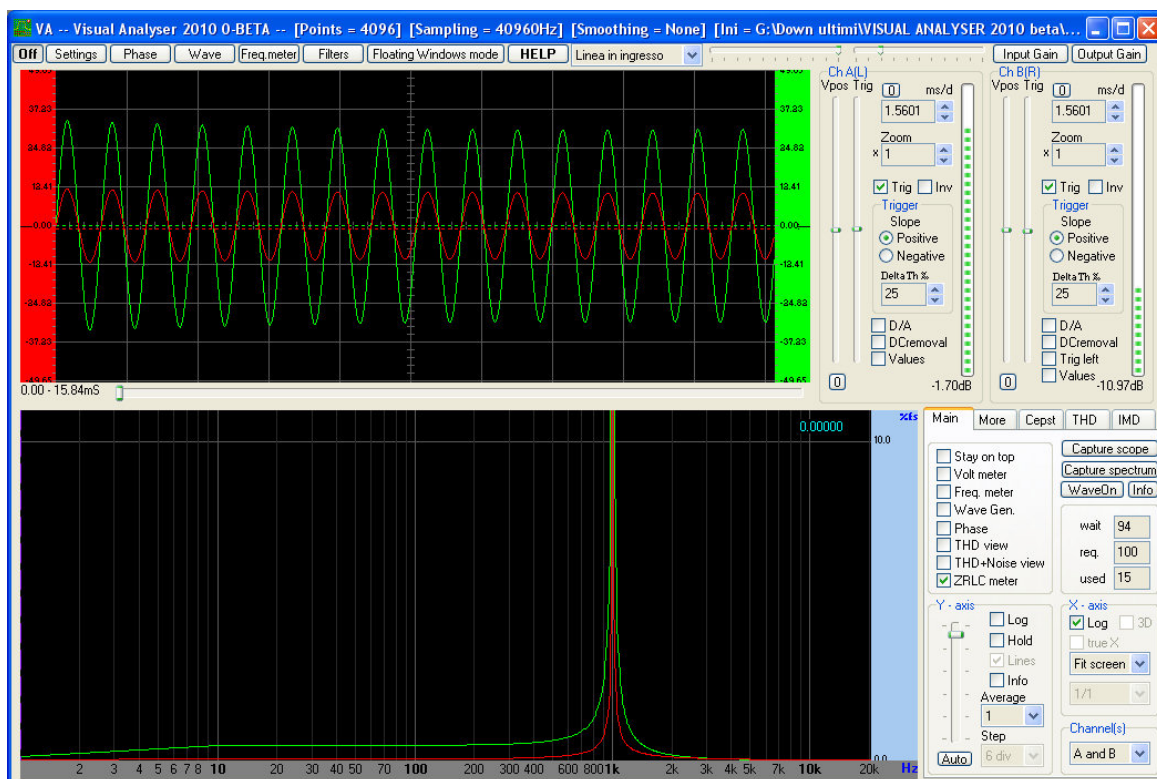


Attenzione! Se non vedete i tracciati sopra riprodotti significa che avete sbagliato qualcosa; ricontrate...

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 (teta) 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 Ω , il cui valore reale, secondo il mio tester digitale, era di 9920; ma la misura era stata di 9950 Ω . Eppure avevo inserito nella finestra "ZRLC" i valori reali delle 5 resistenze, dopo averli misurati con lo stesso tester... 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

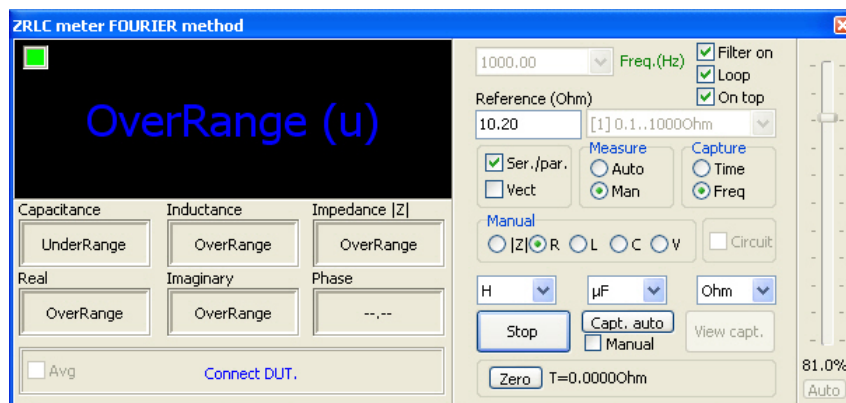
anche di altri parametri strumentali, oltre che del valore reale delle varie resistenze di riferimento. E secondo me non importa se non li si conosce esattamente.

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.

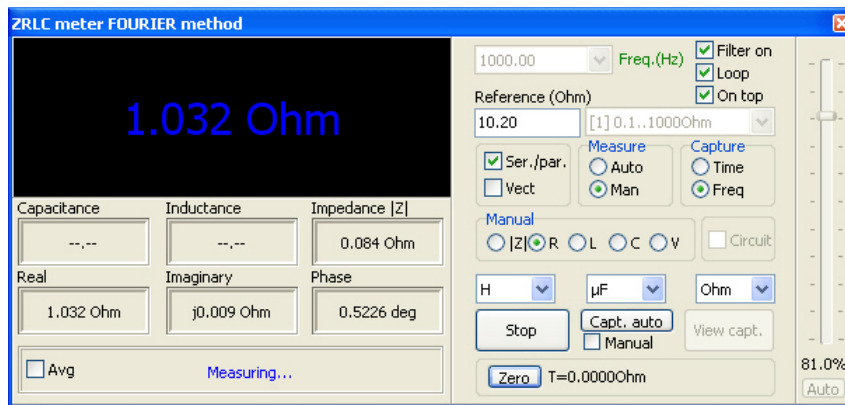
Dunque, per calibrare l'analizzatore procedete così. Vi avevo anticipato di preparare una serie di 5 resistenze di prova, dello stesso valore nominale di quelle montate sul commutatore. Il cui valore, in realtà, non interessa più di tanto, salvo il verificare che rientrino nella tolleranza di costruzione.

Prima di iniziare, è bene azzerare lo strumento. L'azzeramento è **fondamentale** almeno per le resistenze: i cavi presentano sempre una resistenza residua, che può valere da qualche decimo di Ω , fino a circa 1 Ω . Ma è importante anche per le piccole capacità.

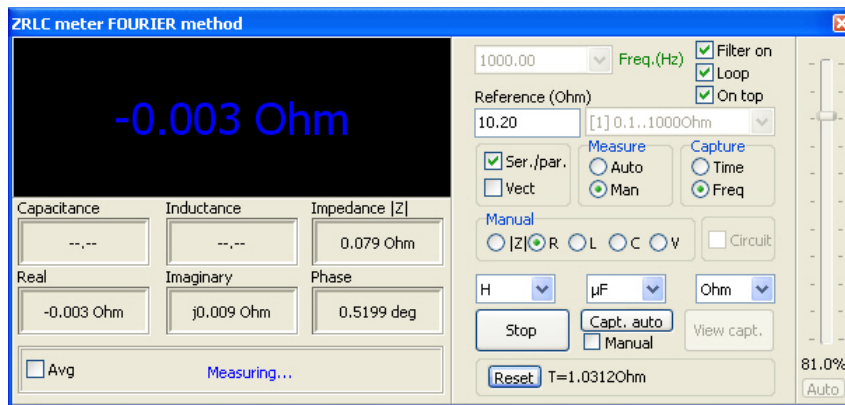
L'azzeramento si abilita **solo** se si sta facendo la misura e solo nelle **portate più basse**, che dunque sono la numero **5** per le capacità, e la numero **1** per tutte le altre misure. In pratica, posizionate il commutatore rotante sulla posizione **1**, ed analogamente selezionate “[1]” dal Listbox sotto “Reference (Ohm)”. Selezionate “Measure - Man - R” e cliccate il pulsante “Measure”. Effettuata l'autocalibrazione, come visto prima, apparirà la scritta “Connect DUT”. Vedrete che il pulsante “Zero” è attivo, ed a fianco appare la scritta “T=0.0000 Ohm”.



Ora cortocircuitate le estremità dei cavi: vedrete apparire il valore della resistenza dei cavi (in questo caso, 1.032 Ohm).

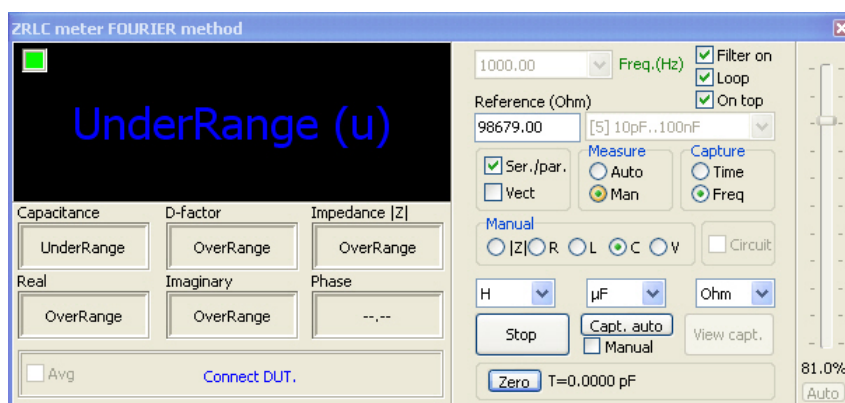


Cliccate “Zero”: il pulsante diverrà “Reset” ed a fianco apparirà la scritta “T=1.0312 Ohm”. Sul display noterete che il valore della resistenza dei cavi si è pressoché azzerato; è normale che durante queste fasi vi sia una lieve oscillazione delle misure.

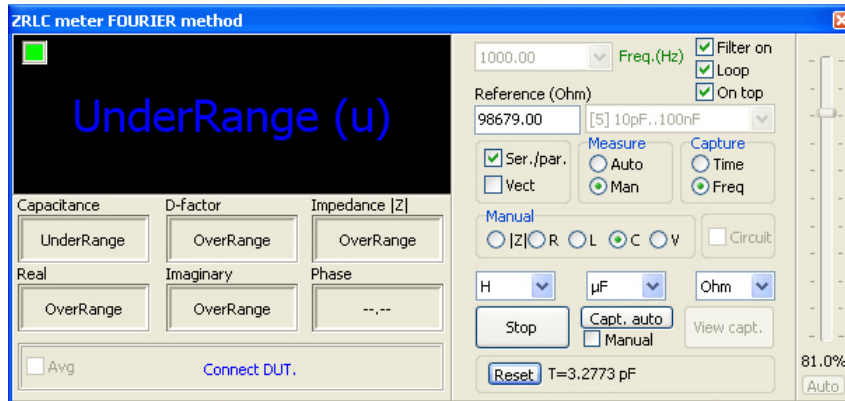


Per le capacità procedete in maniera analoga, però posizionando il commutatore rotante sulla posizione **5**, ed analogamente selezionate “[5]” dal Listbox sotto “Reference (Ohm)”. Selezionate “Measure - Man - C”. Lasciate i cavi non connessi né tra loro né ad alcun componente, e cliccate il pulsante “Measure”.

Effettuata l’autocalibrazione, allorché apparirà la scritta “Connect DUT”, vedrete che il pulsante “Zero” è attivo, ed a fianco apparirà la scritta “T=0.0000 pF”.



Cliccate “Zero”. Il pulsante diverrà “Reset” ed a fianco apparirà la scritta (nel caso attuale) “T=3.2773 pF”, che è il valore di tutte le capacità residue.



Ora si può procedere alla vera e propria calibrazione.

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 Ω, e segnate il valore misurato.

e. Supponiamo che il valore reale della resistenza di prova sia 10.40 Ω (**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 $F = 10.40 / 10.10 = 1.0297$.

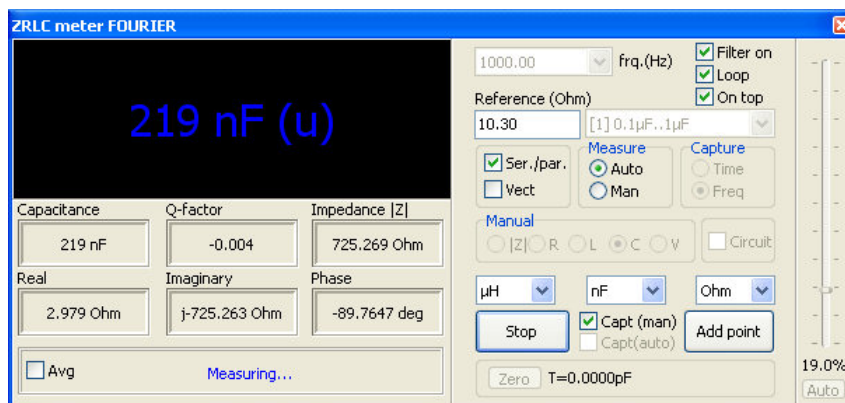
f. Senza premere **Stop**, cliccate nel campo corrispondente alla “Position 1” nella sezione “Scale settings” e sostituite il numero **10** con 10×1.0297 , cioè con 10.30 (non è il caso di essere troppo pignoli...). Noterete che, a seguito della modifica del valore, il pulsante “Apply” relativo a quella 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.

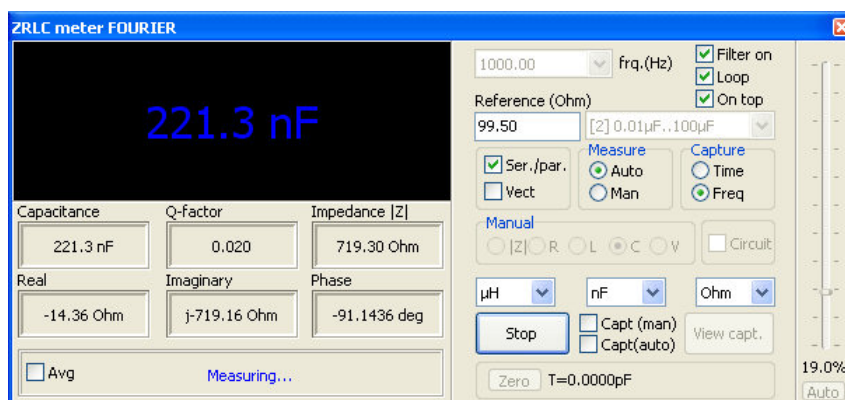
h. Alla fine del procedimento conviene fare in modo di ritrovare questi settaggi, in modo da essere sicuri di non dover rifare la calibrazione ogni volta. Vi sono due modi per salvare la configurazione. Nella finestra dei Settings trovate i tre pulsanti “Save Config.”, “Save As” e “Open Config”. Ma anche senza utilizzarli, al momento di chiudere il programma tutti i parametri di funzionamento presenti al momento sono salvati nel file “VA.ini” (nella stessa cartella che contiene VA), e sono automaticamente ricaricati ad ogni nuovo lancio del programma. Quando tutte le operazioni di settaggio e calibrazione sono terminate, conviene chiudere il programma e creare una copia di scorta di VA.ini, da riutilizzare in caso di problemi.

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.

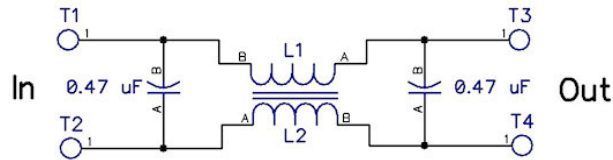


Se premiamo “Stop”, stacciamo il condensatore, portiamo l’analizzatore e ZRLC in posizione [2] e ripartiamo, ecco il risultato:

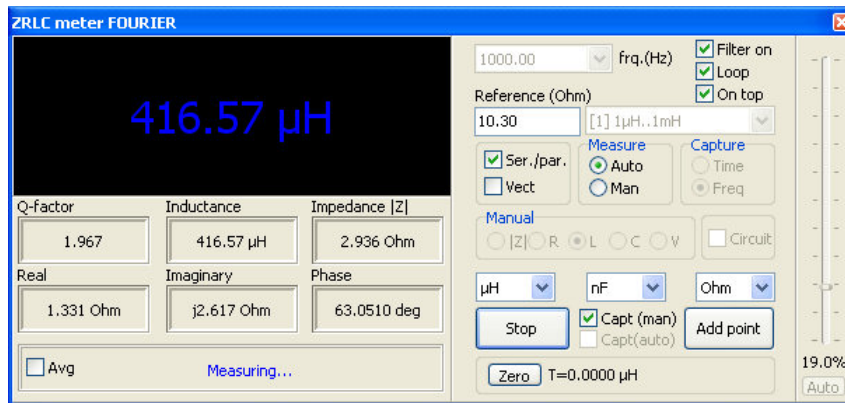


Mica male, no?

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 $0.47 \mu\text{F}$, 630 V. Ecco lo schema:

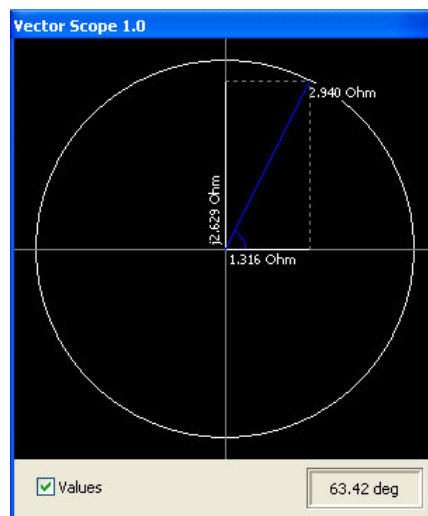


Collegando ai morsetti di Test i terminali T1 e T3 (lo stesso sarebbe tra T2 e T4), ecco la misura trovata:



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

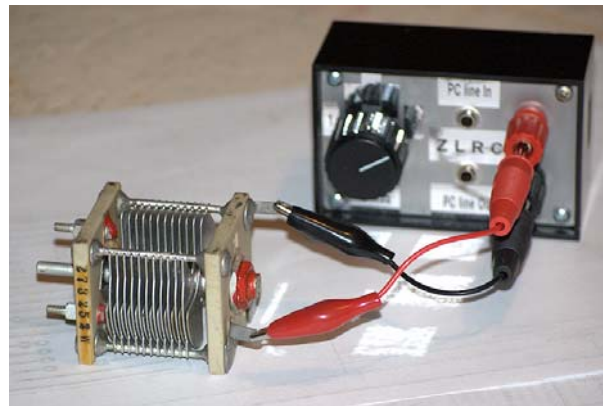
E dato che non abbiamo detto nulla del “Vettorscopio”, eccolo in funzione; lo si ottiene mettendo la spunta alla casella “Vect” nella finestra di ZRLC, a sinistra della sezione “Measure”:



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

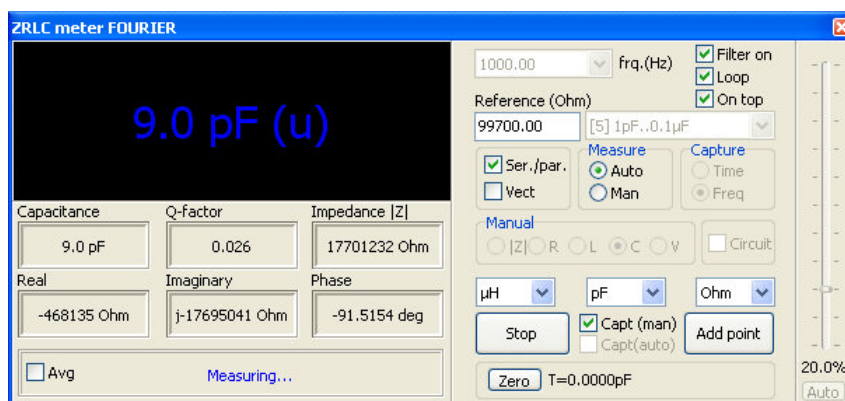
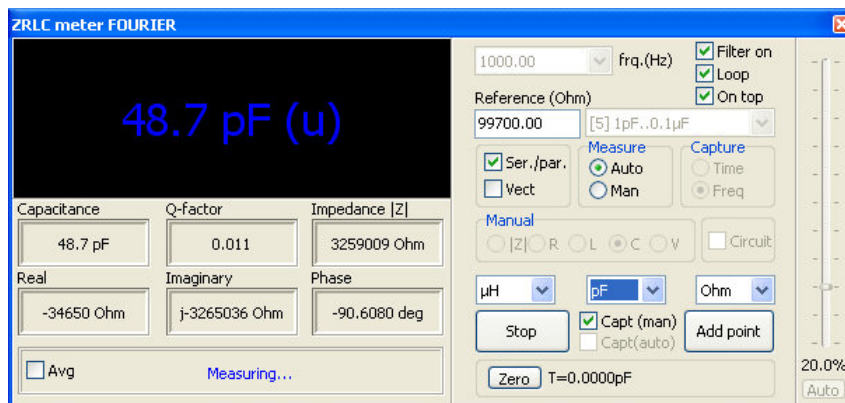
rappresentazioni sono normali, dovute alle piccole oscillazioni di cui ho detto prima. Per vedere il filtro come condensatore, l'avrei dovuto collegare tra T1 e T2, o tra T3 e T4.

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):



Come mi aspettavo, specialmente in posizione aperta, avvicinando e allontanando una mano al condensatore vedevo variare la misura...

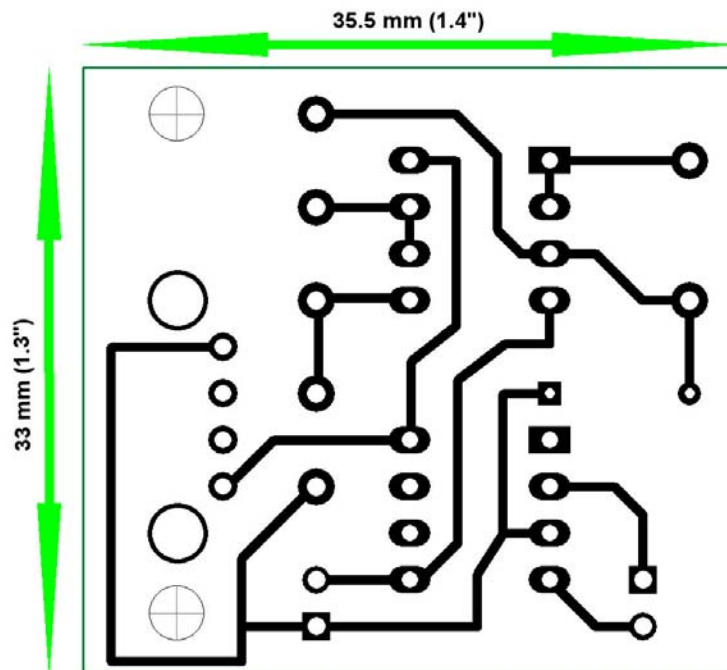
Meglio di niente, non dite?

Penso proprio di aver finito. E di aver “completato” con la necessaria parte hardware un buon programma.

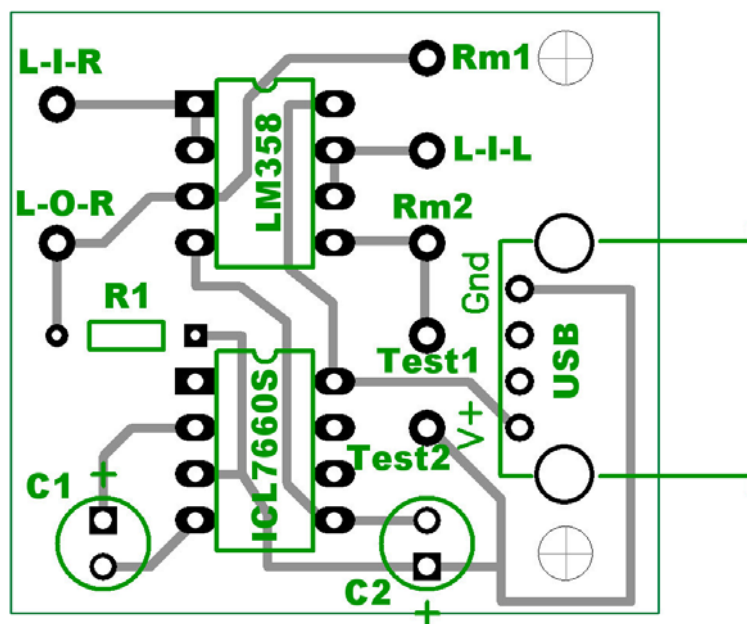
E di aver dimostrato in pratica la bontà del progetto, la sua utilità, la sua comodità di impiego.

APPENDICE - Basetta PCB

Per venire incontro a coloro che preferiscono realizzare la basetta a circuito stampato, ho provveduto a preparare il PCB per l'interfaccia. Eccolo qui, lato rame:

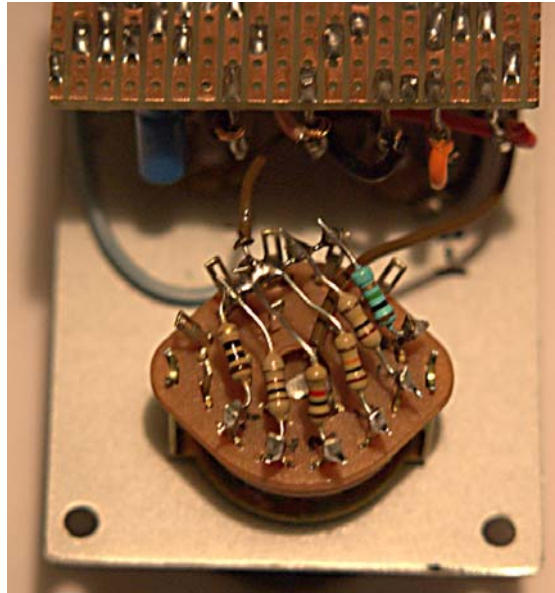


La disposizione dei componenti:

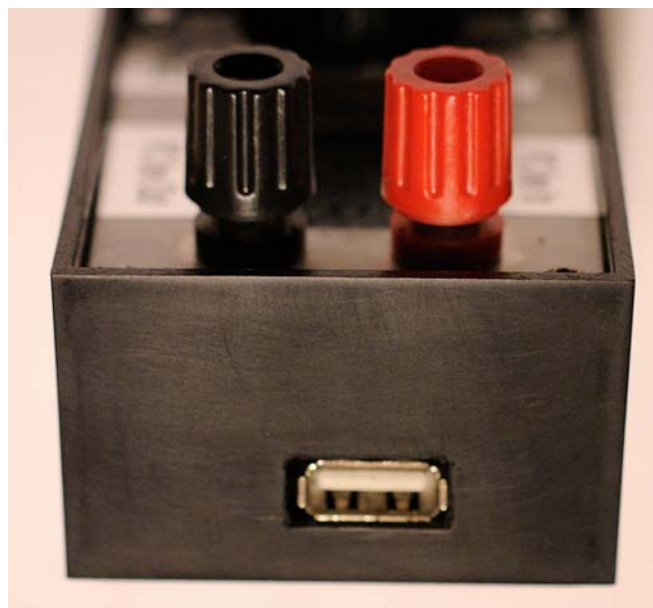


Preciso che:

- 1) **L-O-R** = Line Out Right (Uscita Linea, canale Destro);
- 2) **L-I-R** = Line In Right (Ingresso Linea, canale Destro);
- 3) **L-I-L** = Line In Left (Ingresso Linea, canale Sinistro);
- 4) **Rm1** e **Rm2** = terminali del commutatore con le resistenze per la selezione delle portate (corrispondenti ai 2 fili marrone);



- 5) **Test1** e **Test2** = collegamenti ai morsetti rosso e nero per il componente da misurare;
- 6) **USB** = connettore USB per CS, tipo A:



Avvertenze per l'uso...

La basetta esiste solo “sulla carta”, quindi non dispongo al momento di una versione dell'interfaccia ZRLC che la utilizzi. Dunque non l'ho provata in pratica, ma ho verificato la correttezza dei tracciati da un punto di vista “formale”, nel senso che:

- Lo sbroglio di partenza è stato ottenuto convertendo a PCB lo schema originale progettato con DipTrace, che è “ZRLC4.dch”; il risultato è “ZRLC7_USB_PCB3.dip”. Ve li metto entrambi a disposizione, assieme ai file JPG corrispondenti alle immagini sopra riportate, e al file PDF corrispondente al solo layout delle piste in rame, in scala 1:1.

- Ho effettuato un attento controllo visivo delle piste, confrontando tutti i collegamenti, ad uno ad uno, tra lo schema e il PCB. Questo non è stato difficile, data la semplicità dello schema. Però suggerisco a chi vorrà realizzare il PCB di procedere così, oltre ai normali controlli che ognuno userà fare secondo le proprie abitudini:

- a) Realizzata la basetta, saldare gli zoccoli e la presa USB;
- b) collegare la presa USB ad una di quelle sul PC con un cavetto USB maschio-maschio tipo A, e verificare col tester la presenza di 5 V positivi circa (ovviamente il valore esatto dipende dall'alimentatore del PC) tra i piedini 8 e 3 dello zoccolo dell'ICL7660S, come pure tra il piedino 8 dello zoccolo del LM358 e il terminale Test2 (che corrisponde a “Gnd” della presa USB);
- c) se OK, staccare il cavetto, ed inserire l'integrato ICL7660S nel suo zoccolo;
- d) ricollegare il cavetto, e verificare col tester la presenza di 10 V positivi - o meglio, il doppio in valore assoluto, salvo leggeri scostamenti, del valore trovato al precedente punto b) - tra i piedini 8 e 4 dello zoccolo del LM358; come pure di 5 volt negativi - all'incirca uguali in valore assoluto a quanto trovato al precedente punto b) - tra il piedino 4 dello zoccolo del LM358 e il terminale Test2.
- e) staccare il cavetto USB, e continuare nel montaggio.

Files disponibili:

Questi sono i files a vostra disposizione (cliccare sui nomi per scaricare):

- Il file PDF con le tracce in rame, in scala 1:1: [ZRLC_x_PCB2.pdf](#)
- Lo stesso in scala più grande, in formato JPG: [ZRLC_x_PCB2.jpg](#)
- La disposizione dei componenti, nella stessa scala, in formato JPG:

[ZRLC_x_PCB_Top.jpg](#)

- Il file del layout della basetta in formato “DipTrace - PCBLayout”, zippato, per chi ha il programma: [ZRLC7_USB_PCB3.zip](#)

- Lo schema elettrico in formato “DipTrace - Schematic”, zippato: [ZRLC4.zip](#)

Seconda versione

ZRLC “All In One” (Tutto in Uno)

Perchè è nato “**ZRLC A.I.O.**”? In cosa differisce dal precedente? Che vantaggi ha? Per capirlo bisogna fare un passo indietro, e ricordare che il precedente **ZRLC** è un semplice circuito elettronico (consistente essenzialmente in un partitore e due Amplificatori Operazionali) che consente, grazie ad un programma per Windows e ad un collegamento in bassa frequenza ai connettori **Line In** e **Line Out** della scheda audio di un qualunque PC, di misurare impedenze, resistenze, induttanze e capacità. L’idea originale, ricordiamo, è da attribuire al Dr. George Steber, e ad un articolo apparso sulla rivista Elektor per mano di Martin Klaper e Heinz Mathis. Trovate i link nel precedente articolo sopra citato.

La caratteristica principale di tale interfaccia è la notevole semplicità, dalla quale deriva un anche un basso costo. Non per nulla l’articolo di Elektor si intitolava “2-Pound RLC Meter”, ovvero “Misuratore RLC da 2 Sterline”. Ma tale semplicità presenta anche un rovescio della medaglia. Ormai tutti i PC montano una scheda audio, di qualità discreta; ma è una sola, con al massimo due ingressi (micro e linea) ed un’uscita. E molti utenti di PC collegano stabilmente la scheda audio all’HiFi, o a dispositivi multimediali, oppure ad un sistema per comunicare in viva voce con altri utenti online su Internet. Io stesso utilizzo la scheda del mio PC per sentire la mia musica preferita.

Ora, il dover scollegare e ricollegare i relativi cavetti stereo per rimpiazzarli con quelli di **ZRLC** può risultare, alla fine, una seccatura. Per non parlare poi del fatto che tale “cordone ombelicale” di **ZRLC**, dato dai due cavi audio a cui si aggiunge quello USB utilizzato per l’alimentazione, crea un sensibile ingombro sulla scrivania.

Vero è che si può pensare di risparmiare un cavo e alimentare **ZRLC** solo a batterie; ma poi queste si scaricano e, magari proprio quando serve l’apparecchietto, le pile sono scariche ed in casa non ce ne sono di scorta...

Così, anche ispirato dalla lettura della rivista Nuova Elettronica - che in più occasioni ha proposto circuiti equipaggiati di un “USB Audio Codec”, compreso un kit per “Oscilloscopio e Analizzatore di spettro per PC” basato sullo stesso programma “**Visual Analyzer**” da me usato per la gestione di **ZRLC** - ho pensato di realizzarne una nuova versione, in cui il cavo USB servisse non solo per l’alimentazione, ma anche per la trasmissione e ricezione dei segnali audio necessari. Ma per questo mi serviva un “Convertitore audio Analogico/Digitale - Digitale/Analogico” USB.

Perciò ho acquistato da Nuova Elettronica, per mezzo della sezione “e-commerce”, un paio di kit

“**LX.1667 Montato**”

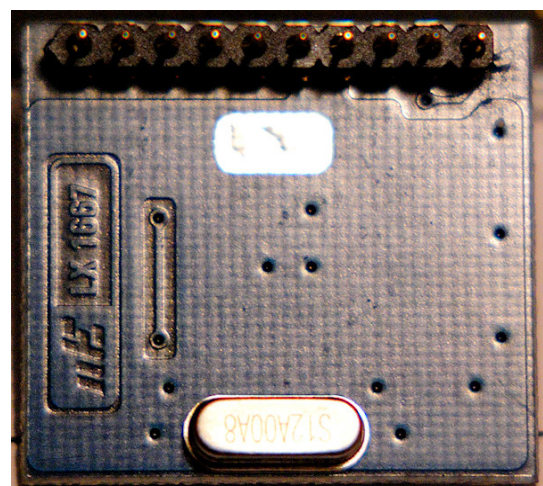
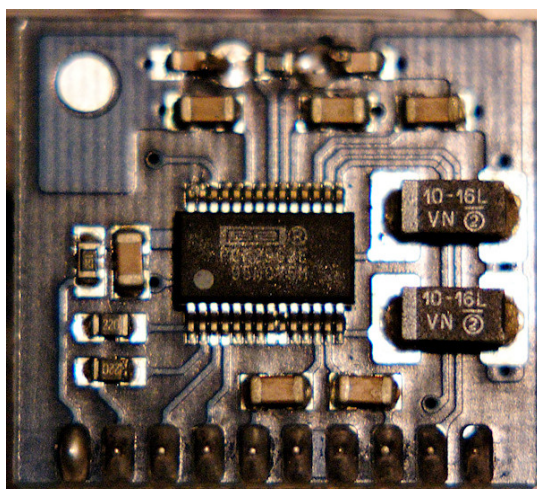
(http://www.nuovaelettronica.it/it/kit/index.cfm?fb=scheda_kit&ww_articoli_id=17577), al prezzo di **Euro 18,00**. Sarà tanto? Sarà poco? Non sto a giudicare; ma visto che la scheda è dotata di componenti in SMD tra cui il convertitore, e che io non sono attrezzato per montare tali componenti, era senz'altro la soluzione più semplice. La scheda vera e propria, per la cronaca, è denominata "KM1667".

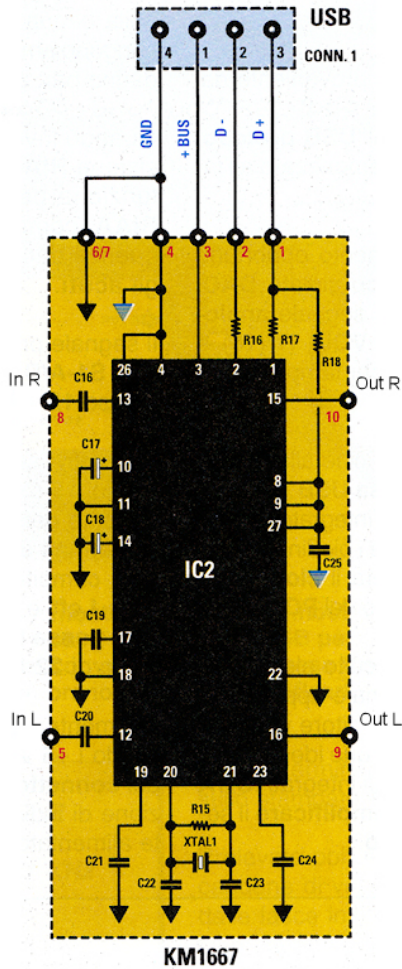
Mi sono messo all'opera; e dopo diversi tentativi sono alla fine giunto al dispositivo che oggi vi presento. Ma si, cominciate a dargli un'occhiata:



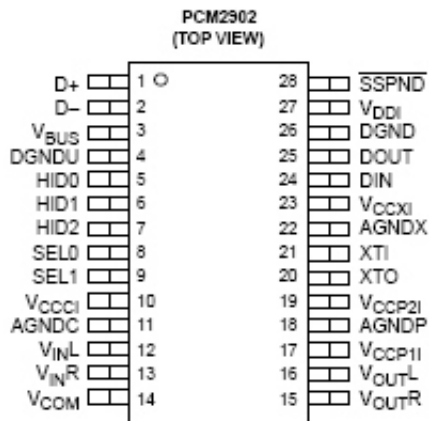
Descrizione e schema elettrico

Visto che l'articolo è incentrato sulla scheda **KM1667**, inizio da questo. Ecco le sue "foto", e il suo schema:



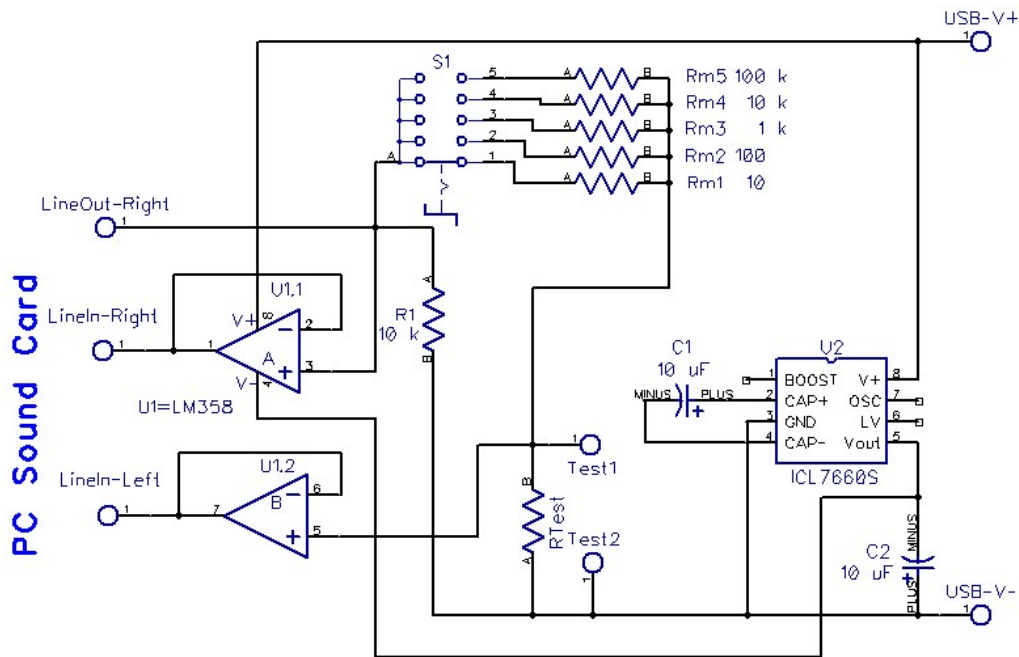


E questa è la piedinatura del **PCM2902**, cuore della scheda:



Ora, come lo si inserisce nello schema originale? Che era questo:

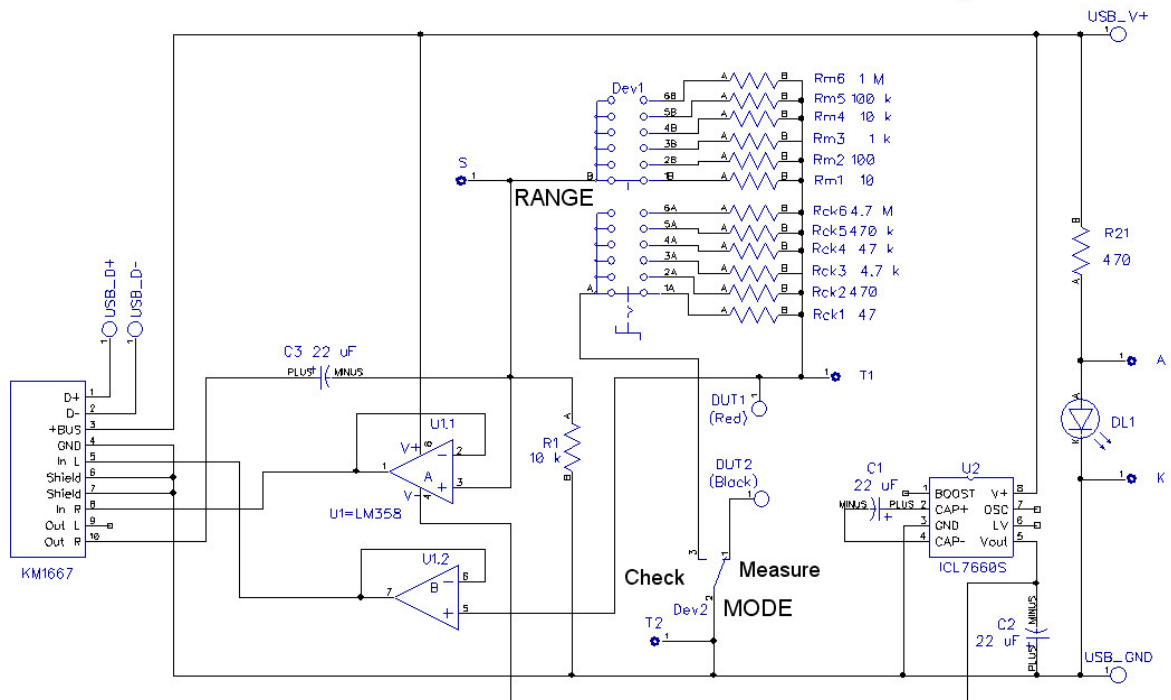
ZLRC - Schematic Diagram



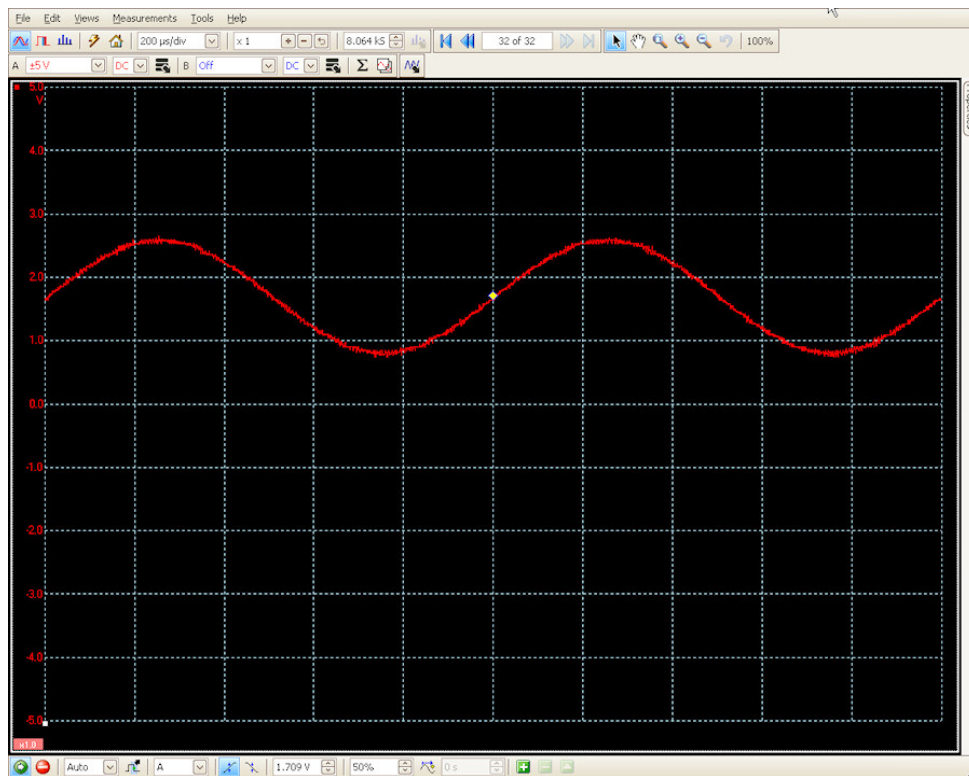
A prima vista pare sufficiente effettuare le connessioni alla presa USB con i pins 1, 2, 3 e 4; e collegando ordinatamente "Out R", "In R" e "In L" ai tre terminali "LineOut-Right", "LineIn-Right" e "LineIn-Left" dello schema originale.

Va bene in linea di massima, ma c'è un punto da considerare. Ed è la giustificazione del condensatore C3 da 22 μ F che si vede nello schema finale dopo l'uscita "Out R". Intanto ecco lo schema di ZRLC A.I.O.:

ZLRC All In One - Schematic Diagram



All'inizio **C3** non c'era: e **ZRLC** non funzionava, o funzionava male. Così ho collegato l'oscilloscopio, impostato in Corrente Continua, tra "GND" ed "**Out R**". Ecco il risultato:



L'ampiezza del segnale (a 1000 Hz) era correttamente pari a 1.6 Vpp; ma era presente un offset di 1,6 V, visto che il picco negativo si innalzava da -0.8V a +0.8V, e il positivo da +0.8V a +2.4V. Messo il condensatore ed eliminata la continua, tutto OK!

Nel nuovo schema c'è anche un commutatore in più; o meglio, una seconda sezione, coassiale con la prima dedicata alla commutazione dei valori successivi di **Rm** necessari per ottenere le varie portate (**RANGE**). In definitiva è un classico "2 vie, 6 posizioni". Sul secondo banco ho inserito una seconda serie di resistenze, di valore nominale pari all'incirca al quintuplo delle corrispondenti sul primo. In realtà a 10 Ω del primo corrispondono 47 Ω del secondo; a 100 Ω del primo corrispondono 470 Ω del secondo, e così via. Perché? Semplice: con il commutatore a levetta **MODE** posso inserire come **DUT** ("Device Under Test", dispositivo sotto esame) sia un componente esterno da misurare (come nella versione precedente), che una resistenza interna, per l'appunto quella sul secondo banco in giusta corrispondenza con la prima. Il rapporto di 5:1 l'ho scelto per avere un segnale più ampio e meglio utilizzabile da **ZRLC**.

In tal modo, come si vedrà più avanti nel capitolo su "Impostazioni ed uso", si possono impostare facilmente i valori nei "Scale settings (Ohm)" in modo da leggere nella finestra di **ZRLC** il valore esatto; il vantaggio sta nell'immediata disponibilità e nel collegamento elettrico "automatico" delle resistenze di taratura, senza doverle cercare ogni volta, ed attaccare e staccare manualmente.

Vedete inoltre che, nonostante **ZRLC** disponga di 5 portate, nello schema di **ZRLC All In One** è presente una sesta posizione. Fornisco qui una breve spiegazione, che risulterà a sua volta più chiara dopo la lettura del capitolo successivo su “Impostazioni ed uso”.

Visto che il commutatore ha 6 posizioni, ho pensato di aggiungere una sesta resistenza per R_m , di valore pari a 1 M Ω . Si deve usare con la posizione “5” di **ZRLC**, tenendo presente che si deve moltiplicare x 10 il valore letto se si tratta di resistenze o induttanze, e dividerlo x 10 se si tratta di condensatori.

Funziona abbastanza bene, tant’è che in questo modo posso leggere anche il valore minimo di quel condensatore variabile ad aria su supporto ceramico, che ho descritto nell’articolo precedente. Magari ne risente un poco la precisione; ma tant’è...

Ad esempio, il condensatore chiuso mi dà 48 pF, ma posso aprirlo solo fino a quasi metà, poi **ZRLC** non è più in grado di misurare la capacità, ed appare “Underrange”.

In posizione 6 leggo 488 pF se chiuso, e 18 pF a pochissimi gradi prima della posizione tutta aperta. Poi se lo apro al 100% vado di nuovo in Underrange; ma questo fatto può essere ragionevole.

Comunque, dividendo x 10 le letture ottengo circa 49 pF in posizione chiusa, e 2 pF in posizione aperta. Mi pare che queste misure abbiano un senso...

Tra l’altro, in queste condizioni è visibile l’effetto capacitivo (in aumento) della mano che ruota il condensatore... la mano deve essere allontanata per leggere la misura corretta.

L’unica cosa è che per usare questa modalità è necessario cliccare il radiobutton “Man” dentro “Measure” e poi selezionare **R**, **L** o **C** a seconda della grandezza da misurare, prima di partire con la misura; anche qui vi invito a leggere più avanti il capitolo su “Impostazioni ed uso”.

Sono ancora da notare i terminali marcati **S**, **T1**, **T2**, **A** e **K**. Apparentemente sembrano dei doppioni inutili di collegamenti già presenti sul circuito; in realtà si deve tenere presente che il commutatore **RANGE** (Dev1), il deviatore **MODE** (Dev2), i morsetti per il componente sotto misura **DUT1** e **DUT2**, ed infine il LED spia di accensione **DL1** sono posizionati sul pannello superiore, dunque al di fuori della basetta; alla quale si collegano per mezzo dei 5 terminali indicati. Più avanti è visibile una foto in primo piano del commutatore, da cui risulta come le 12 resistenze, anche esse non presenti sulla basetta, sono state direttamente saldate sui terminali del commutatore effettuando un montaggio decisamente compatto.

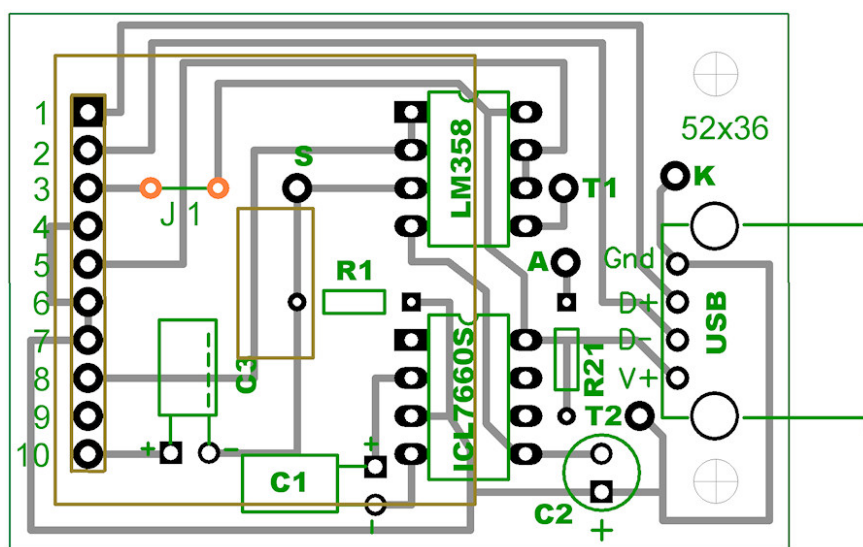
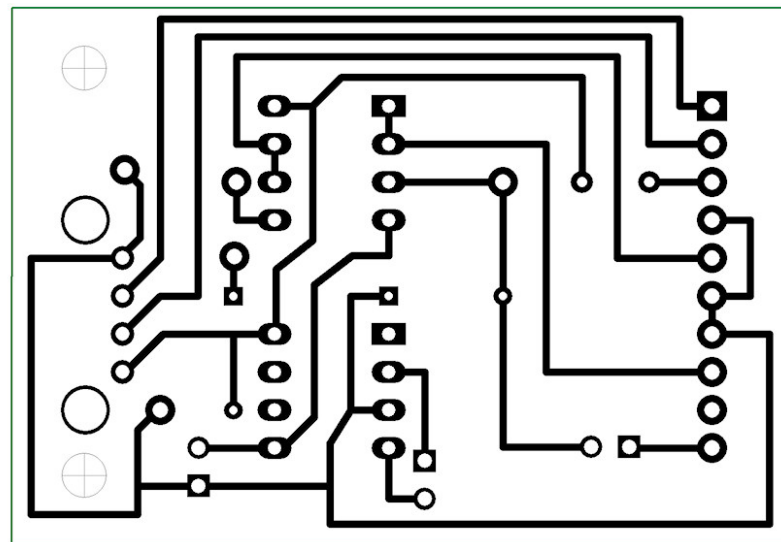
Realizzazione pratica

Come già detto nei miei precedenti articoli, non ho per il momento ritenuto di attrezzarmi per la realizzazione dei circuiti stampati; ma nello stesso tempo ho deciso di non realizzare il circuito con la solita basetta preforata a passo 1/10 di pollice, con striscie parallele in rame.

Ciò nonostante ho preparato lo stesso il layout del PCB, per facilitare il lavoro di chi riterrà di utilizzare questa soluzione. Le dimensioni sono 52 x 36 mm. E' risultato un "layout" decisamente pulito, come si vede dalle immagini sottostanti; è necessario un solo ponticello (J1). In marrone è tracciato il profilo della scheda **KM1667**.

Ecco le immagini ingrandite del PCB lato rame, e della serigrafia sul lato componenti. Tenete presente che la schedina **KM1667**, inserita per mezzo di un connettore "Single in Line" da 10 pin, risulta posizionata al di sopra del PCB stesso, senza toccare i componenti sottostanti. Nella serigrafia la schedina è tracciata in colore marrone, mentre gli altri componenti sono disegnati in verde.

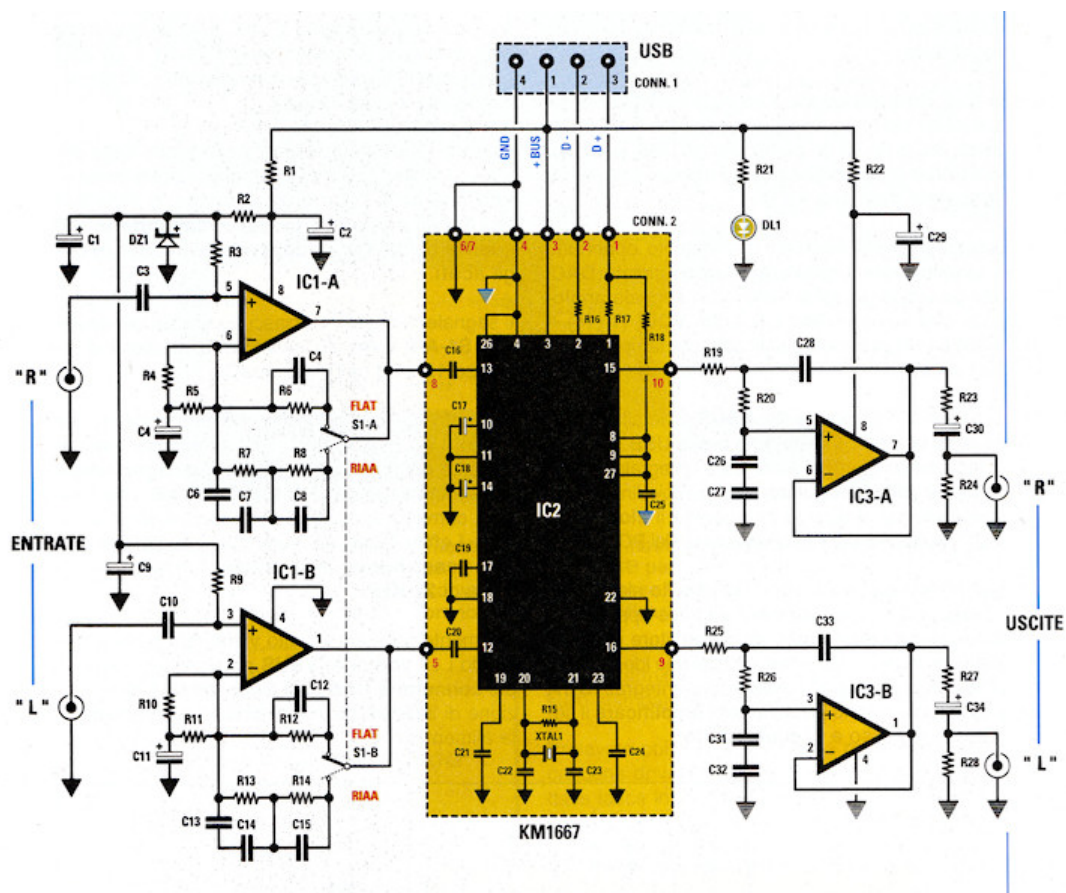
Potete ad ogni modo scaricare un file zip con l'immagine 1:1 in formato PDF, le due immagini ingrandite, i files in formato DipTrace dello schema (ZRLC_AIO_4.dch) e del PCB (ZRLC_AIO_PCB5.dip); assieme al datasheet del PCM2902 e ad una versione - sempre beta, ma più aggiornata - del programma "**Visual Analyzer**" (VA.exe).



Bene; ma allora come è stato realizzato il prototipo? Con una soluzione che a chiunque apparirà stravagante, e verosimilmente poco economica: utilizzando il PCB di un kit concettualmente simile a questo apparecchio, nel senso che prevede l'utilizzo di 4

amplificatori operazionali, della scheda **KM1667**, di un connettore USB di tipo B, e dispone anche degli zoccoli (DIP a 8 piedini e SIP a 10 piedini). Che si riutilizzano; senonché si avanza un bel pò di componenti...

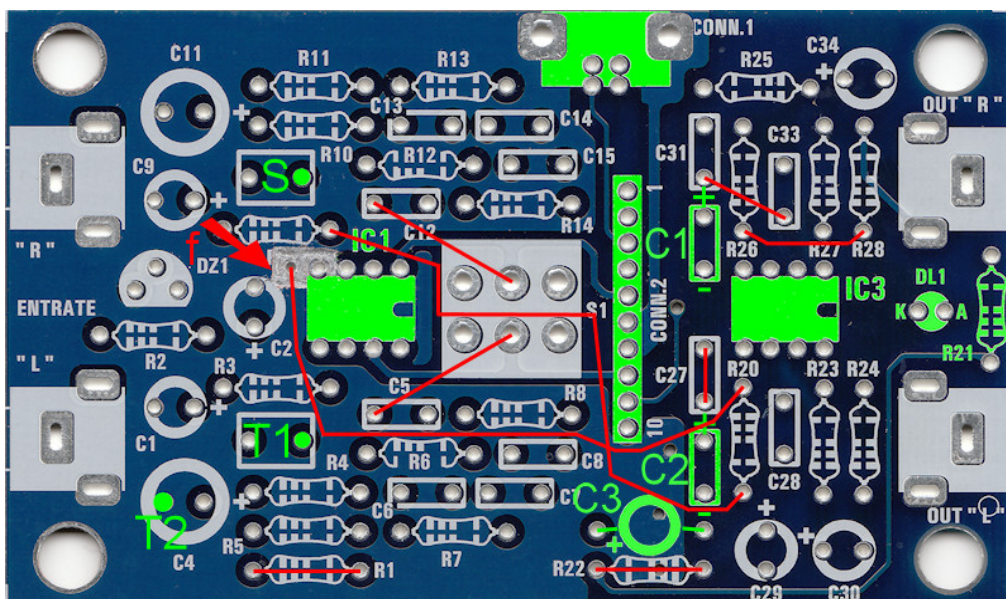
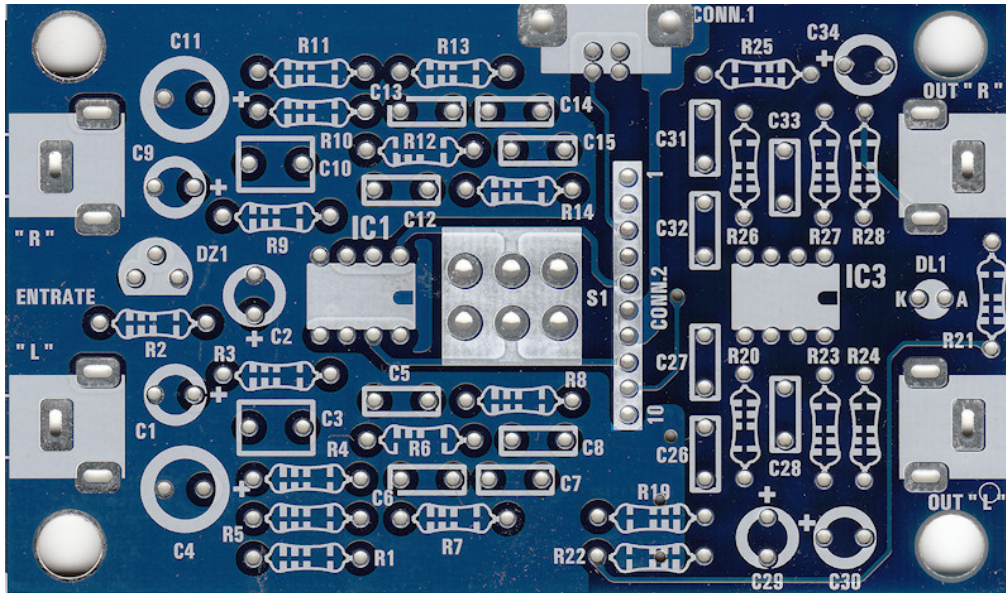
Il kit è “LX.1666 - Trasferire il “VINILE” su COMPUTER”, che utilizza a sua volta il convertitore USB PCM2902. Se vi interessano i particolari, il valore dei componenti, ecc. dovete richiedere a Nuova Elettronica la rivista n. 231, GIUGNO-LUGLIO 2007, al prezzo di **Euro 5,00**.

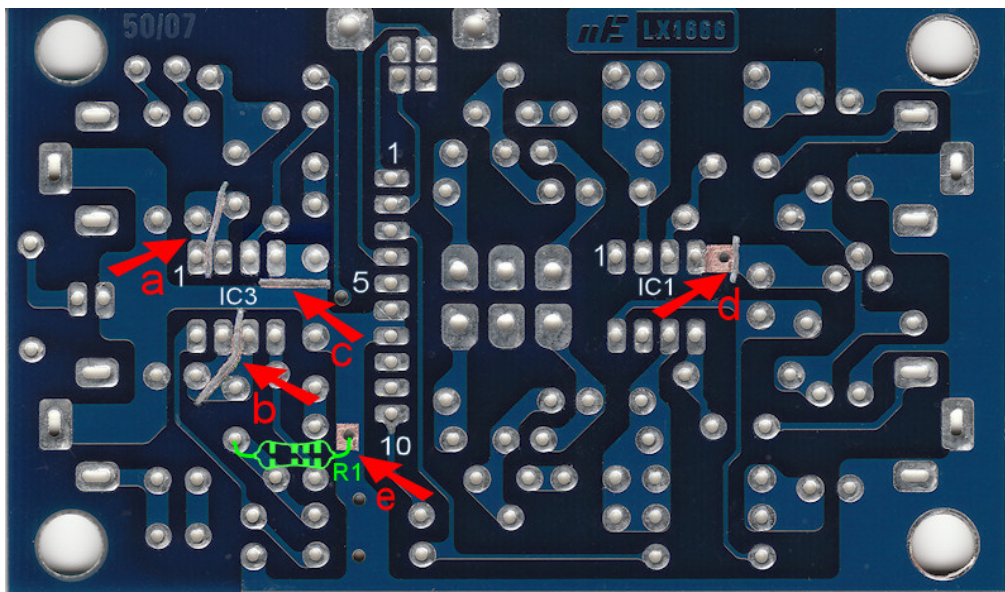
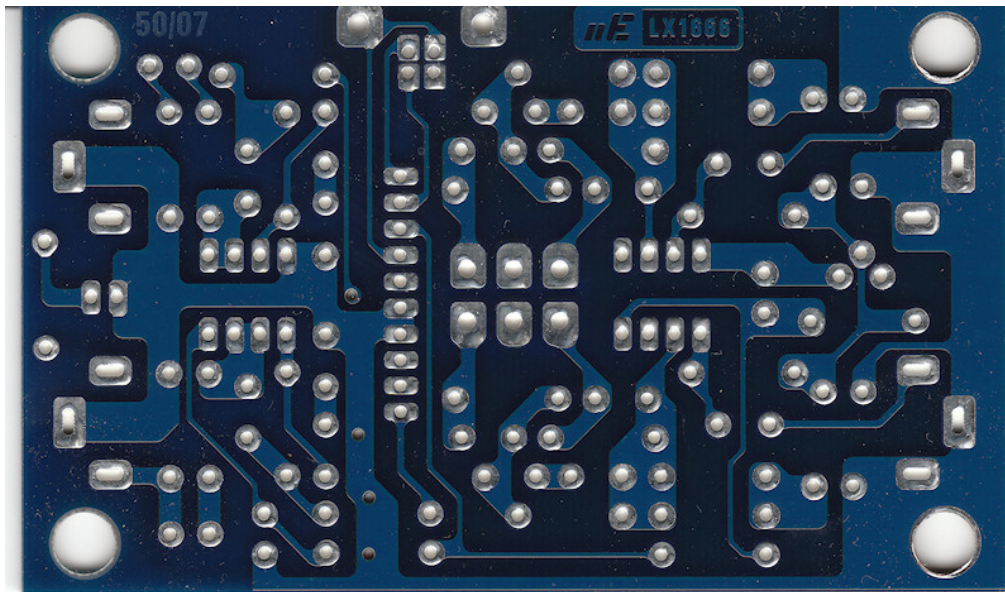


Il circuito stampato è di pregevole fattura; si tratta di un “doppia faccia”, con i due strati collegati opportunamente tramite fori metallizzati (credo con rivetti argentati).

Se però verificate le piedinature degli integrati **IC1** e **IC3**, e le confrontate con quelle dello schema da realizzare, vedete che si debbono effettuare alcune modifiche. Per **IC1** è necessario separare il pin 4 da massa, dato che dovrà essere alimentato a $-5V$, e predisporre un foro su un breve tratto di rame mantenuto allo scopo e liberato dalla vernice (vedi frecce “f” e “d” più avanti); l’operazione è complicata dal fatto che il collegamento a massa è presente su entrambi i lati. Per **IC3** (l’operazionale verrà sostituito dal “Voltage converter” ICL7660S) si devono separare i pin 1 da 2, e 6 da 7, lasciando però collegata una piazzola per ciascuno. Di seguito vedete la basetta originale, “fotografata” con lo scanner; sono illustrate successivamente i due lati, allo stato originale e dopo la modifica. Sono ben visibili le incisioni effettuate; in rosso sono indicati i necessari ponticelli.

Si vede anche come la resistenza R1 trovi posto sul lato inferiore, saldandola direttamente sul rame, dopo aver scoperto un tratto nella zona vicino alla freccia “e”, grattando via un poco di vernice.



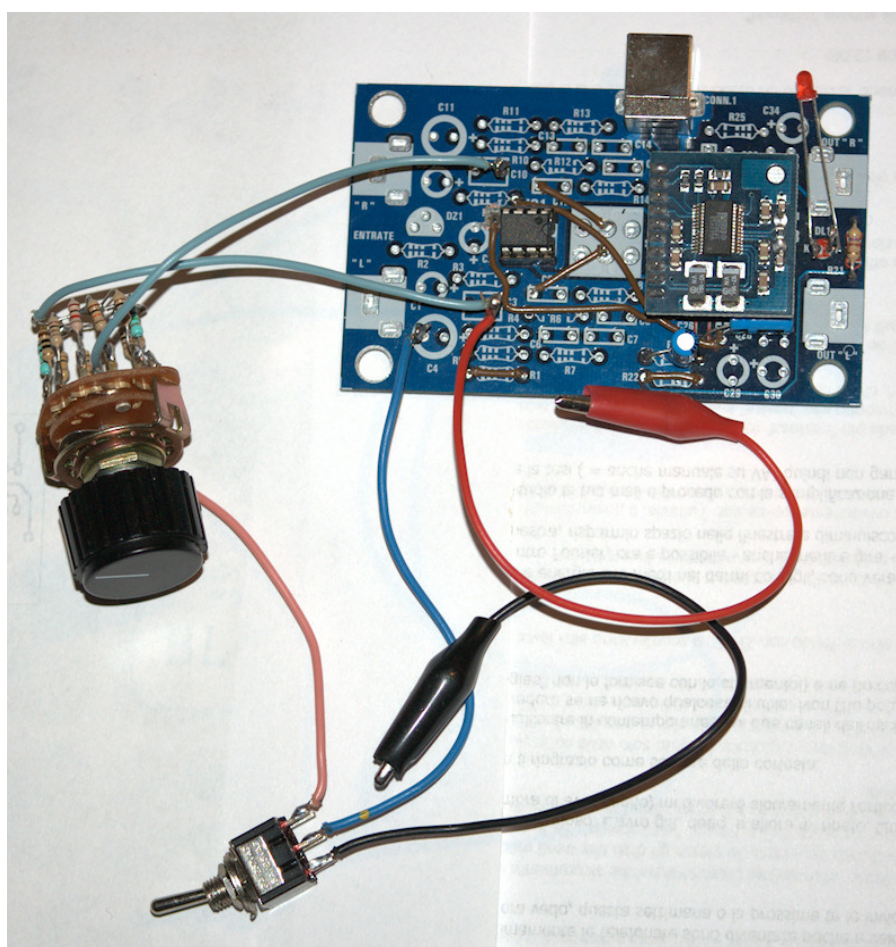


Che dire di tale operazione? Anzitutto che non vi è una stretta necessità di effettuarla, visto che si può sempre preparare un circuito stampato apposito, o una basetta preforata. Ma soprattutto che si tratta di un lavoro che richiede realmente una notevole abilità manuale ed un occhio attento, come può avere chi - come me - proviene dal mondo del fermodellismo. E' un'operazione (da effettuare con appositi attrezzi da incisione) molto delicata, visti i rischi contemporanei di danni permanenti alla basetta, e di ferite all'operatore che non abbia le doti richieste. Comunque non è impossibile farlo, visti i risultati da me ottenuti.

Se vi chiedete allora perchè l'ho descritta in dettaglio, è perchè so che chiunque legga la descrizione di un progetto elettronico gradisce sempre - e a ragione - di vedere le foto di un esemplare del progetto proposto. E questo circuito stampato modificato è la base del mio dispositivo, reale e non teorico, e perfettamente funzionante.

Ecco dunque alcune foto dell'apparecchio:

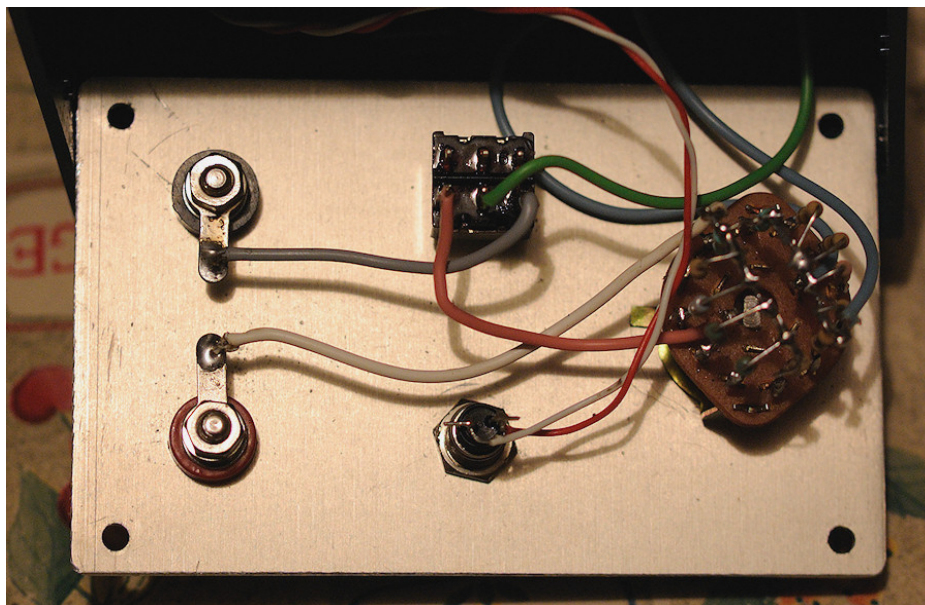
La scheda in fase di test, prima del montaggio nel contenitore:



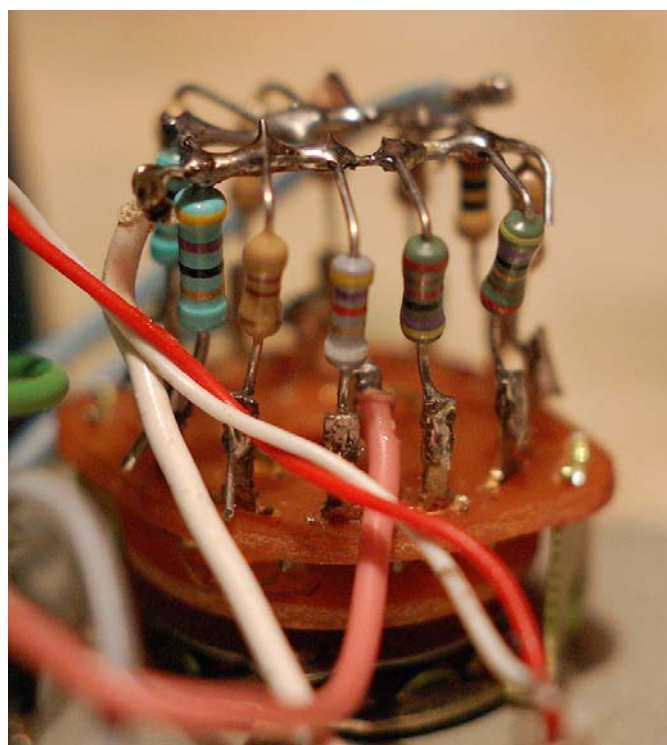
L'apparecchio visto in prospettiva; su un lato appare il connettore USB di tipo B:



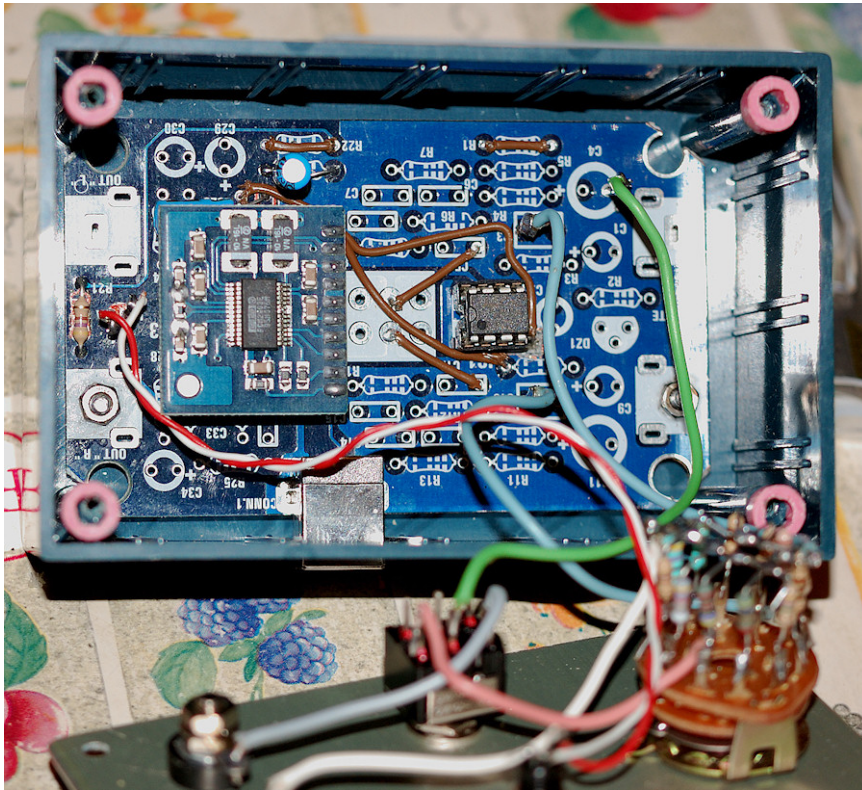
Il retro del pannello superiore: evidenti il deviatore di **MODE** e il commutatore di portata **RANGE**:



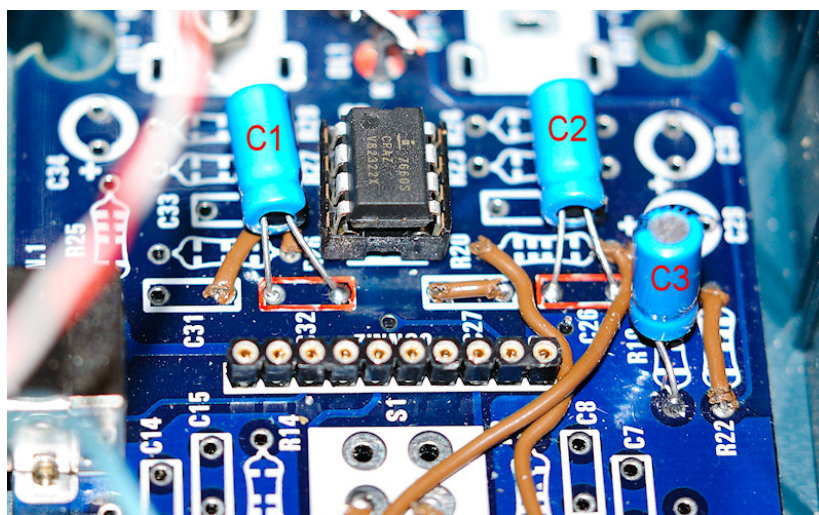
Un dettaglio del commutatore di **RANGE**: le 12 resistenze, come già detto, sono state direttamente saldate sui terminali del commutatore:



E' la volta dell'interno; a sinistra la schedina **KM1667**, sotto cui c'è il convertitore di tensione ICL7660S; più in alto il condensatore C3; a destra l'operazionale LM358, in basso il connettore USB:



Rimuovendo la schedina col **KM1667** si possono vedere l'ICL7660, e soprattutto i due condensatori C1 e C2 montati orizzontalmente per non intralciare la schedina:



Ma è giunto il momento di accendere **ZRLC A.I.O.** e metterlo in condizioni di fare il suo lavoro...

Impostazioni ed uso

Gran parte di quanto segue è già stato trattato nel precedente articolo. Ma dato che il Codec Audio PCM2902 ha qualche particolarità, che vi descriverò, ci saranno alcune differenze. E qualche spiegazione in più! Quanto illustrato è riferito ad un PC con Windows XP SP2.

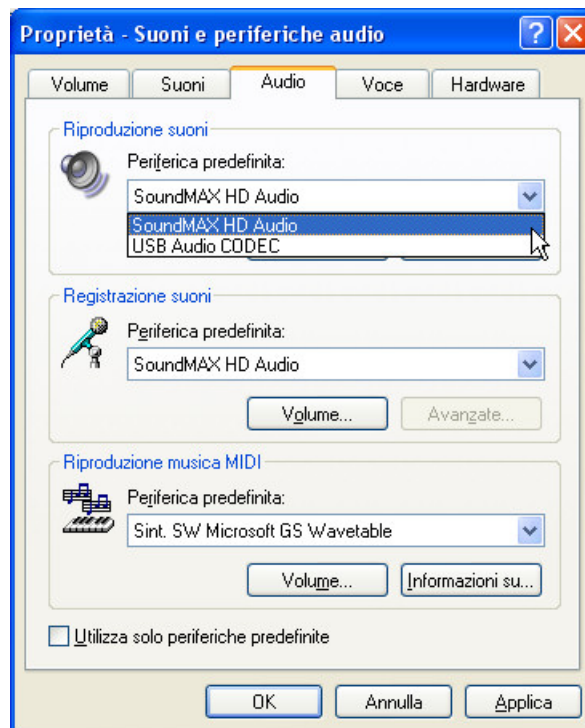
Prima di iniziare ad usare **ZRLC A.I.O.** è bene effettuare qualche controllo sul montaggio, come di seguito indicato:

- a) Realizzata la basetta, saldate i due zoccoli per gli integrati, lo zoccolo per la scheda **KM1667** e la presa USB;
- b) collegate la presa USB ad una di quelle sul PC con un cavetto USB adatto, e verificate col tester la presenza di 5 V positivi circa (ovviamente il valore esatto dipende dall'alimentatore del PC) tra:
 - i piedini 8 e 3 dello zoccolo dell'**ICL7660S**;
 - il piedino 8 dello zoccolo del **LM358** e il terminale T2 (che corrisponde a "Gnd" della presa USB);
 - i piedini 1 e 4 (come pure 1 e 6+7) dello zoccolo del **KM1667**.
- c) se OK, staccate il cavetto, ed inserite l'integrato **ICL7660S** nel suo zoccolo;
- d) ricollegate il cavetto, e verificate col tester la presenza di 10 V positivi - o meglio, il doppio in valore assoluto, salvo leggeri scostamenti, del valore trovato al precedente punto b) - tra i piedini 8 e 4 dello zoccolo del **LM358**; come pure di 5 volt negativi - all'incirca uguali in valore assoluto a quanto trovato al precedente punto b) - tra il piedino 4 dello zoccolo del **LM358** e il terminale T2.
- e) staccate il cavetto USB, e continuate nel montaggio.
- f) prima di collegare il commutatore di **RANGE** con le 12 resistenze montate (o se avete già collegato tutto, posizionando il deviatore **MODE** su "Measure" in modo da isolare la sezione di Check) misurate accuratamente col vostro tester (digitale, altrimenti è inutile) i 6 valori di resistenza che risultano tra il lato comune di tutte le 12 resistenze e il terminale **A** del commutatore, che deve essere collegato al contatto **3** ("Check") del deviatore **MODE**, selezionando via via il range da **1** a **6**. Annotate accuratamente i 6 valori e conservateli, magari in un file.

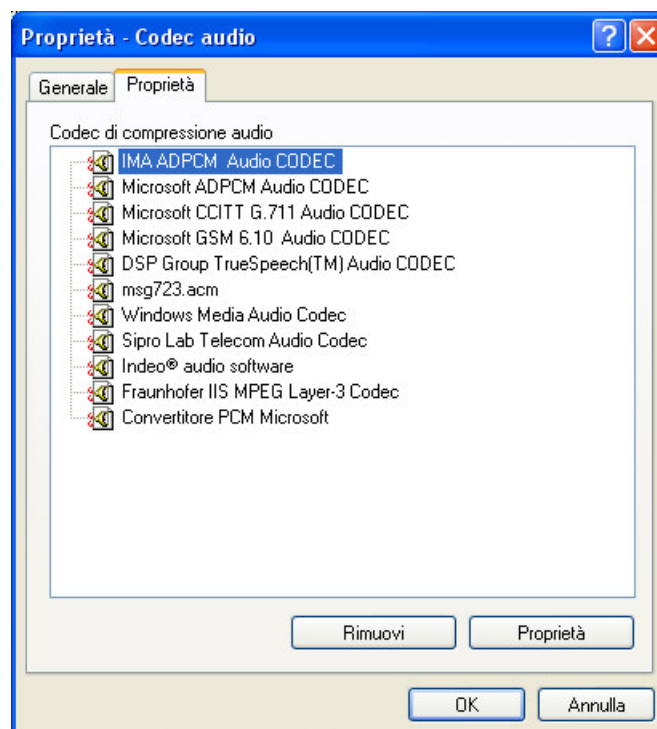
Finito il montaggio del PCB e l'assemblaggio dell'apparecchio, ricontrollate tutto per bene, come fate di solito; poi collegate **ZRLC A.I.O.** con un cavo USB. Apparirà la solita serie di messaggi di Windows, che avvertono che è stato trovato un nuovo hardware, fino all'ultimo che informa che "il nuovo hardware è installato e pronto all'uso".

Se dal "Pannello di Controllo" di Windows aprite "Suoni e periferiche audio" e cliccate la linguetta "Audio" (o "Voce"), dovrete trovare in ciascuno dei due elenchi

“Periferica predefinita:” di “Riproduzione suoni” e “Registrazione suoni” la periferica “USB Audio CODEC” oltre a quella (o quelle) già installate.

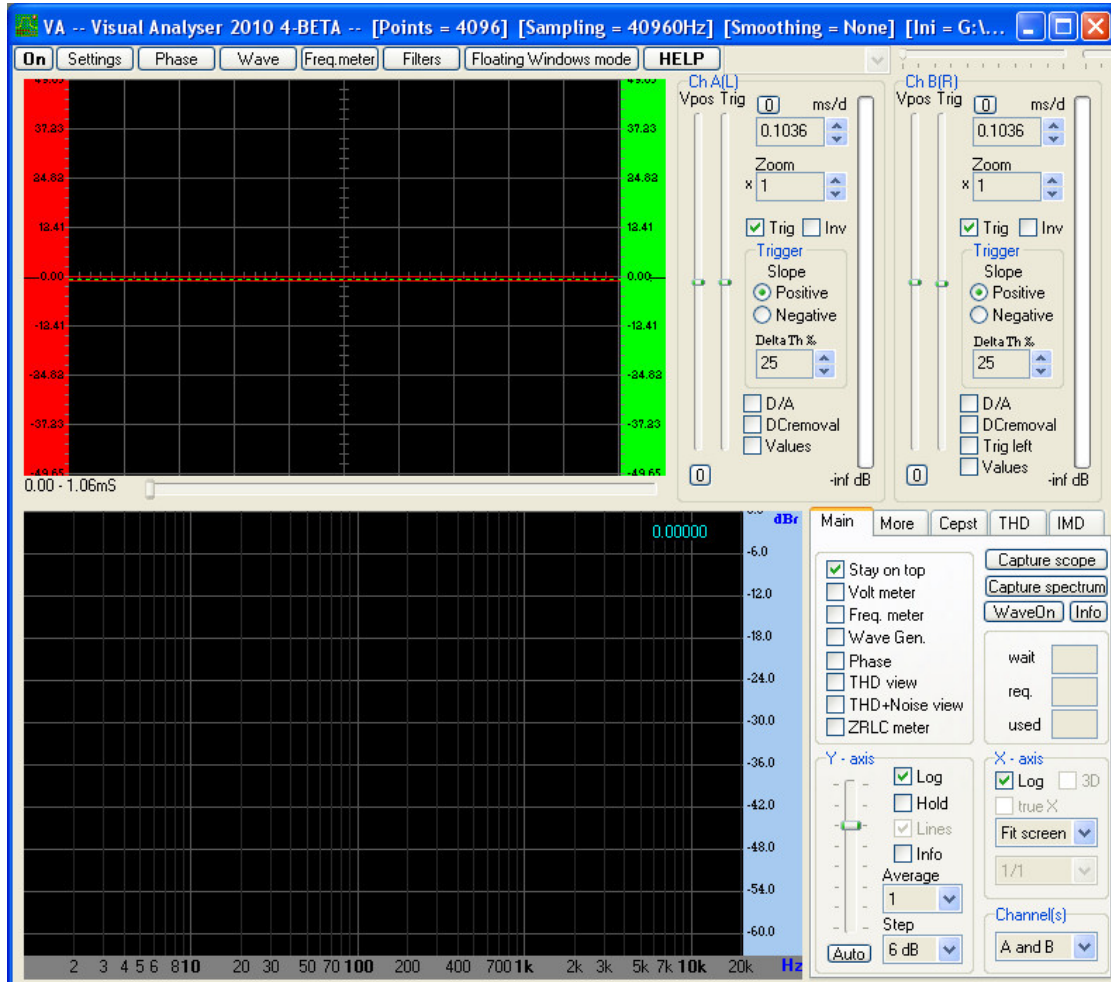


Se cliccate la linguetta “Hardware” dovete trovare la voce “Codec audio”; selezionandola, cliccando “Proprietà” ed ancora la linguetta “Proprietà” dovrà apparirvi qualcosa di simile:

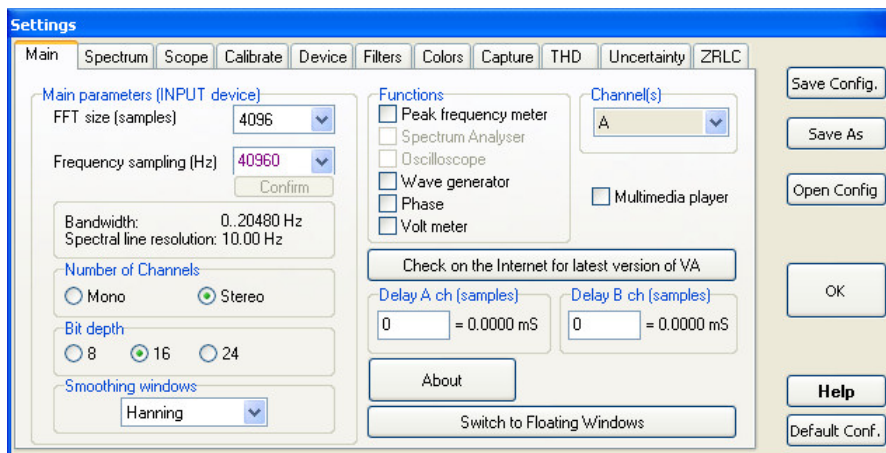


Ora, supponendo che abbiate scaricato il file **Files.zip**, scompattate **VA.exe** in una cartella a vostro piacere.

Lanciate **VA.exe**. Vi apparirà questa schermata:

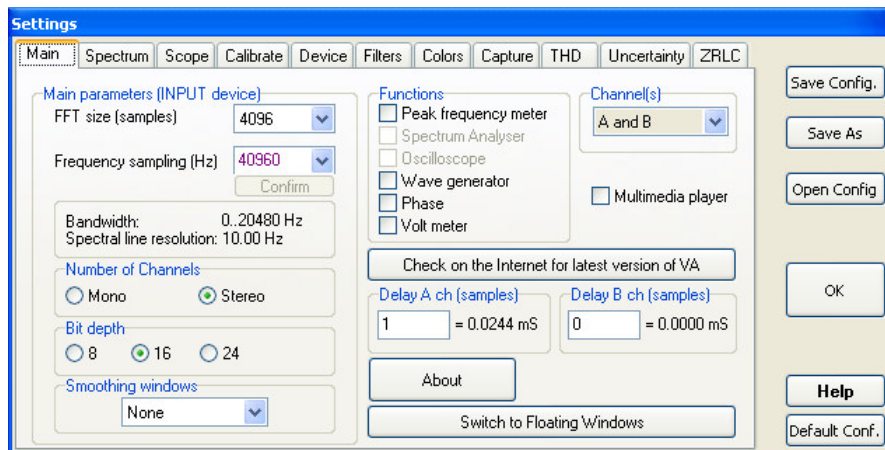
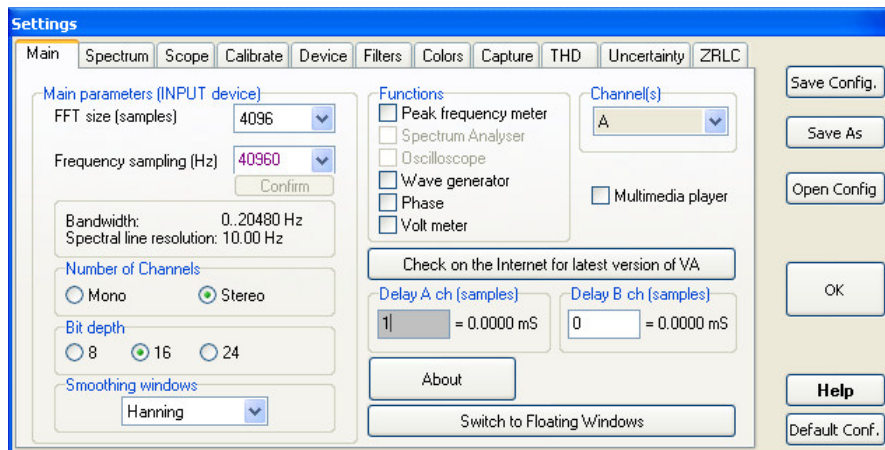


Cliccate il pulsante “Settings”; appare la finestra della sezione “Main”:

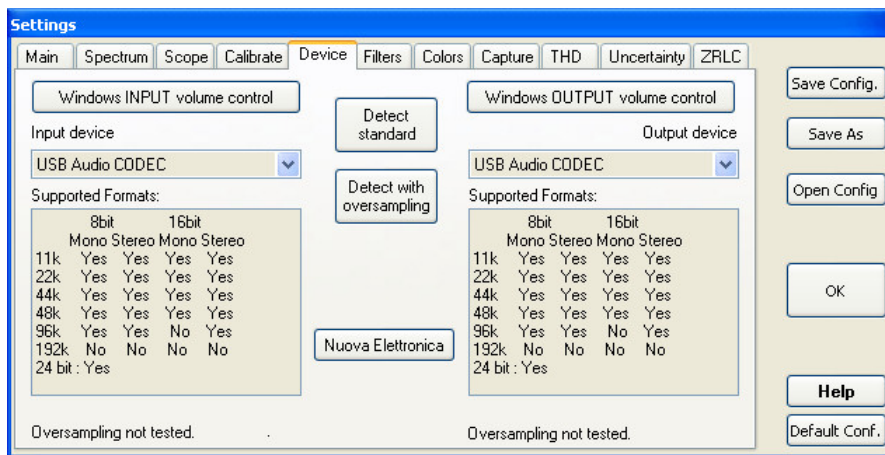
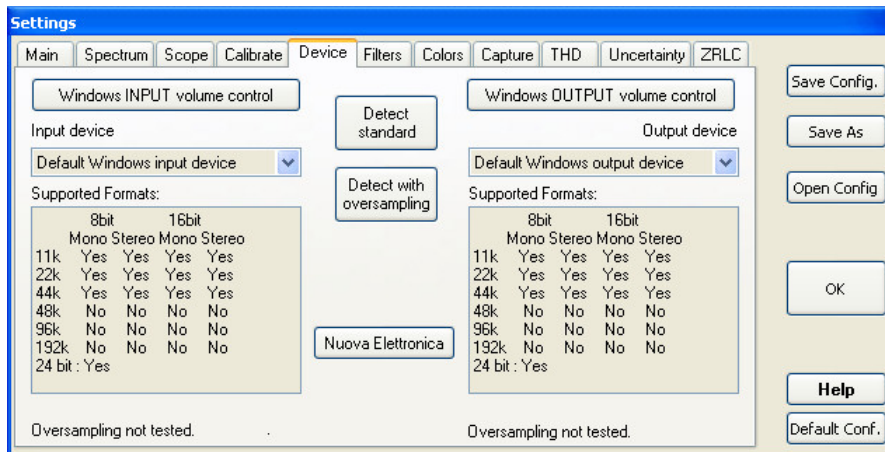


Qui dovete inserire un'impostazione particolare, necessaria per le caratteristiche di talune schede audio, come quelle che utilizzano il PCM2902, che hanno un unico ADC (Analog to Digital Converter) per tutti e due i canali. Più precisamente è necessario ritardare il canale A di 1 campione. Perciò cliccate dentro il campo di edit "Delay A ch (samples)" e scrivete 1. Inserendo un valore la casella diventa grigia, ad indicare che dovete premere "Enter" (Invio) per accettare il valore. Vedrete che l'indicazione di campionamenti (samples) passa da 0.0000 ms a 0.0244 ms.

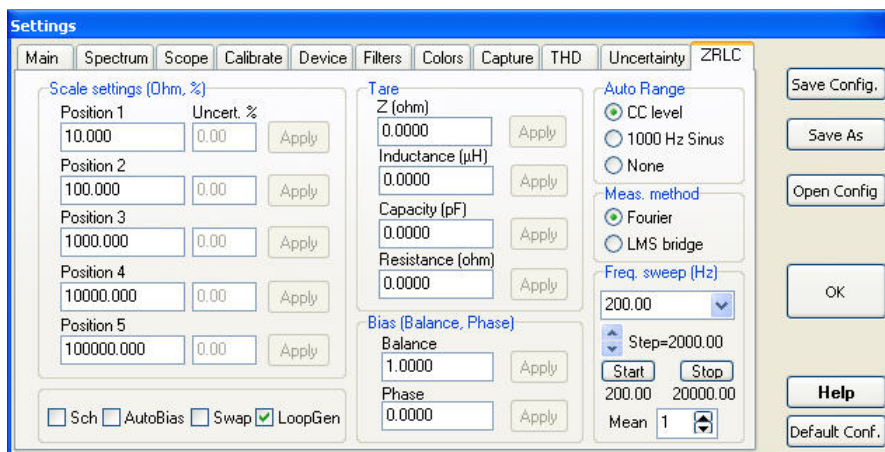
L'impostazione successiva consiste nel selezionare "A and B" nel listbox "Channel(s)".

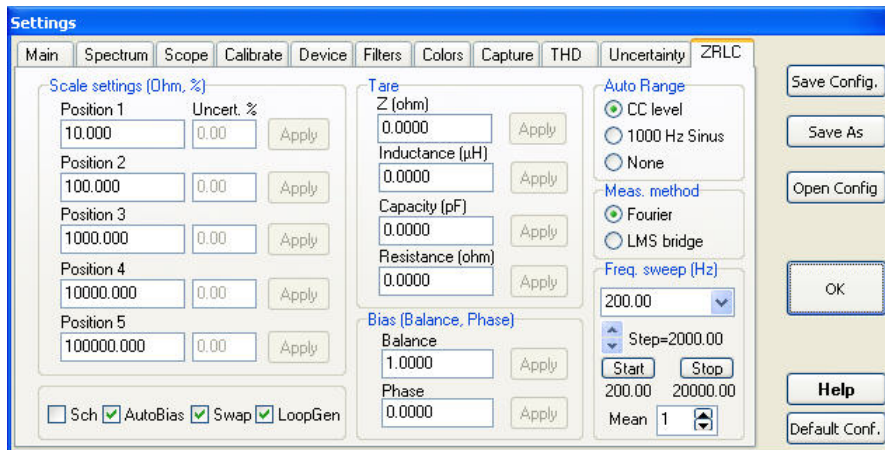


Ora cliccate la linguetta "Device". Qui si sceglie la scheda audio da usare con ZRLC A.I.O. Nei due listbox "Input device" e "Output device" selezionate dunque "USB Audio CODEC".

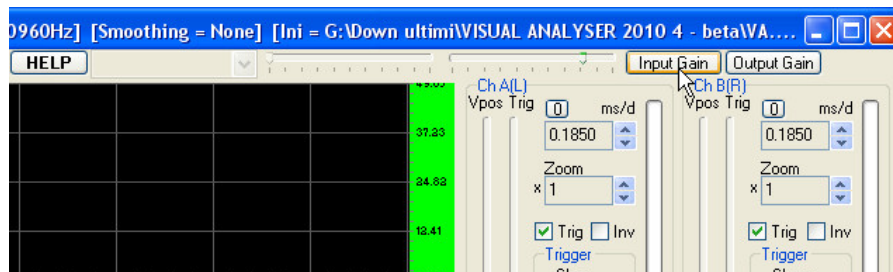


Cliccate infine la linguetta “ZRLC”. In basso a sinistra mettete un segno di spunta in “Auto Bias” e “Swap”.





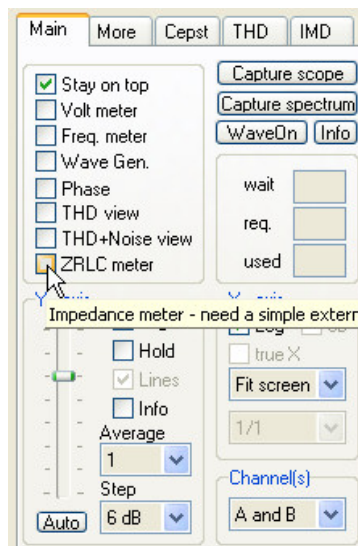
Vi faccio notare un'altra caratteristica (dovrei dire "mancanza") del PCM2902. Se ingrandite in larghezza la finestra principale di Visual Analyzer appaiono i pulsanti "Input Gain" e "Output Gain":



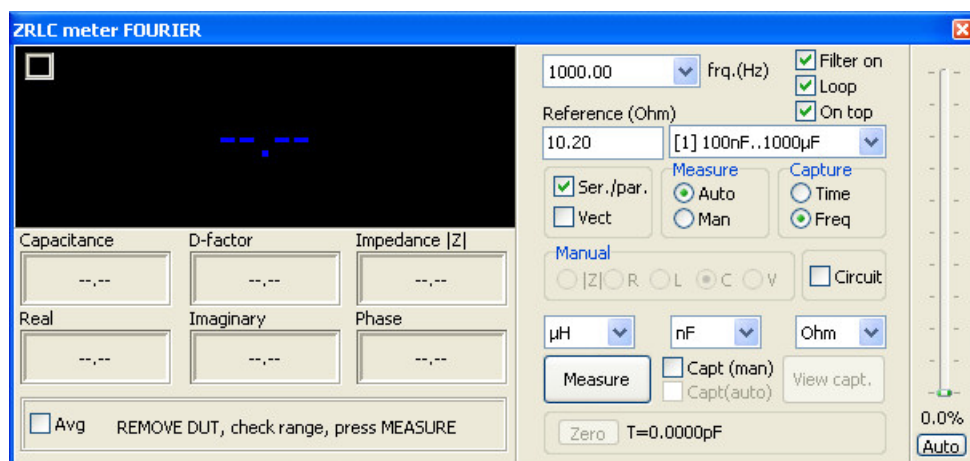
Se provate a cliccarli, noterete che il secondo apre regolarmente il controllo definito "Altoparlante", corrispondente in pratica al normale controllo analogo di Windows, generalmente denominato "Volume master". Ma se cliccate il primo, Windows risponde con un messaggio di errore sul "Controllo volume". Questo avviene perchè nel **PCM2902** il mixer d'ingresso non esiste: è cosa normale per quel dispositivo. Il messaggio di errore dunque è corretto. Il mixer è - non sempre ma quasi - qualcosa di hardware, a cui il software di base di Windows e **Virtual Analyzer** si interfacciano. Se non è stato implementato nel chip, nessun programma lo può far apparire.

E' giunto il momento di verificare il misuratore; nell'occasione si procederà alla taratura. Il metodo di misura che è settato automaticamente all'apertura del programma è quello di **Fourier**.

Nella finestra principale di **Visual Analyzer**, nella zona in basso alla destra della finestra dello spettro, mettete una spunta nel box "ZRLC".



Si apre la finestra di ZRLC.



Sull'interfaccia posizionate il selettore **RANGE** su **1** e il commutatore **MODE** su **Measure**; selezionate analogamente la posizione [1] nel listbox sotto "Reference (Ohm)", alla destra del valore di R_m (Reference), riportato dalla sezione "Scale settings (Ohm, %)" per quella portata.

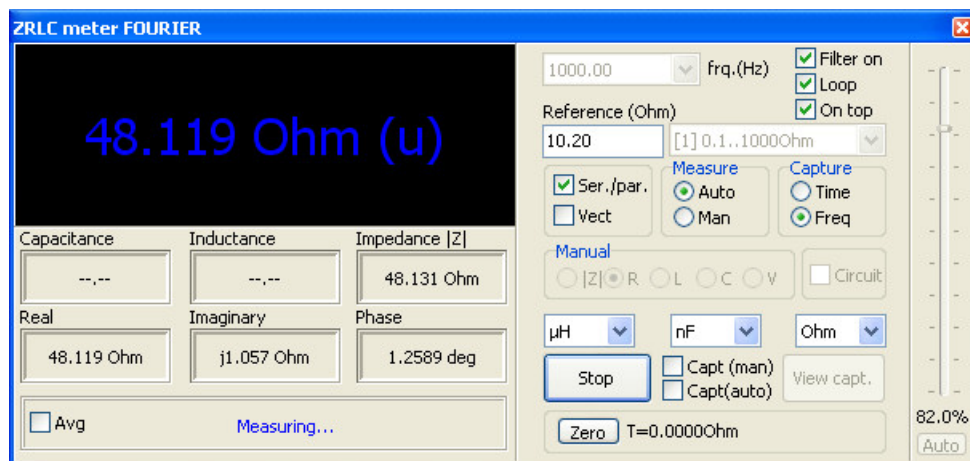
Osservate lo slider verticale a destra, che è collegato alla regolazione del livello in ingresso; per meglio evidenziare l'autocalibrazione che ZRLC effettua prima della misura, spostate - se non lo è già - il cursore al minimo (0%).

Cliccate il pulsante "Measure": vedrete il cursore salire, ed eventualmente ridiscendere, fino ad un valore opportuno. In questa fase, quando il DUT non è ancora collegato, ZRLC mette in moto un meccanismo che tenta di fare molte cose, tra le quali rendere i canali, (collegati, come visto, ai punti S e T1) identici in fase e ampiezza. E non si tratta di semplici fattori moltiplicativi, come facevano Steber e Klaper con i loro programmi originali, in realtà macchinosi e non ancora automatizzati.

Ecco una registrazione della fase di calibrazione, effettuata con la versione "NE-XT - V.3 BETA" (cliccate il nome in rosso); notate il cursore a destra della finestra:

Calibr_FourierNEXT_n2.wmv

Quando ZRLC ritiene che sia ora di fare la misura, appare il messaggio “Connect DUT”. Spostate pertanto il commutatore **MODE** su **Check**: apparirà immediatamente la misura della prima resistenza, circa 48 Ω:



Si tratta ora di calibrare questa portata. Il metodo è lo stesso indicato nel precedente articolo, sezione **Calibrazione**, a cui rimando per gli approfondimenti. In pratica, sapendo - ad esempio - che la prima resistenza di Check (**R_p**) vale 47.5 Ω, e che la misura visualizzata sullo schermo è uguale a 48.1 (**R_v**), effettuate il calcolo del fattore

$$F = R_p / R_v$$

Nel caso attuale, si avrebbe $F = 47.5 / 48.1 = 0.987$.

Senza premere **Stop**, cliccate nel campo corrispondente alla posizione [1] nella sezione “Scale settings (Ohm, %)” per quella portata, e sostituite il numero **10** con 10×0.987 , cioè con **9.87** (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.

Riportate il commutatore **MODE** su **Measure**, il selettore **RANGE** su **2**, selezionate analogamente la posizione [2] nel listbox sotto “Reference (Ohm)”, e ripetete le stesse operazioni. Correggete il valore nel corrispondente campo **2** in “Scale settings (Ohm, %)” con quello ottenuto dalla formula sopra riportata.

E così analogamente per le posizioni [3], [4] e [5].

A questo punto serve una precisazione. Ho dovuto purtroppo appurare che non sempre funziona il metodo già indicato per salvare questi valori di calibrazione nei settaggi di ZRLC; cioè quando dicevo “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.” Ma in compenso è sufficiente chiudere **Visual Analyzer**: in questa fase il programma salva tutta la configurazione nel file **VA.ini**.
Conviene farne una copia, casomai si “incasinasse” qualche cosa...

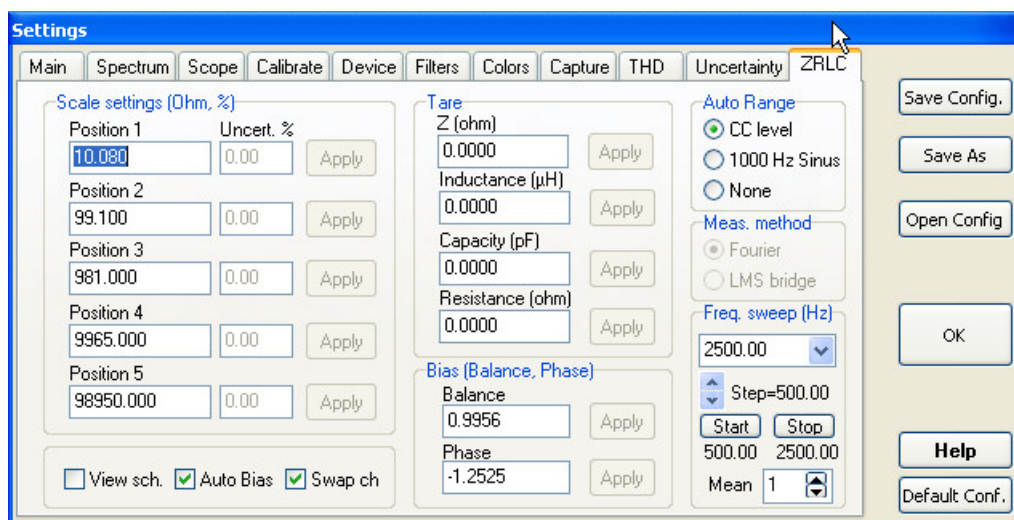
Altri metodi di misura: 1) Lo “Sweep”

Avrete notato che nella finestra di ZRLC è presente in alto un listbox denominato “frq.Hz” da cui si può scegliere la frequenza a cui avviene la misura. Di norma è impostato a 1000 Hz. Ma è possibile selezionare qualsiasi frequenza da 10 a più di 20000 Hz, a passi di 10. La possibilità di cambiare frequenza di analisi rappresenta, al momento, una caratteristica sperimentale. E’ vero difatti che la capacità o l’induttanza sono fondamentalmente una proprietà “fisica” del componente sotto misura, indipendenti dalla frequenza; da questa, casomai, dipende l’impedenza (di base, l’opposto del flusso di corrente) del componente. Per i componenti reali però, capacità e induttanza possono dipendere in piccola parte dal valore della frequenza di misura. E non è da dimenticare l’effetto delle capacità e induttanze parassite del circuito di misura, che per quanto trascurabili nel campo delle frequenze audio, possono influire sulla misura finale.

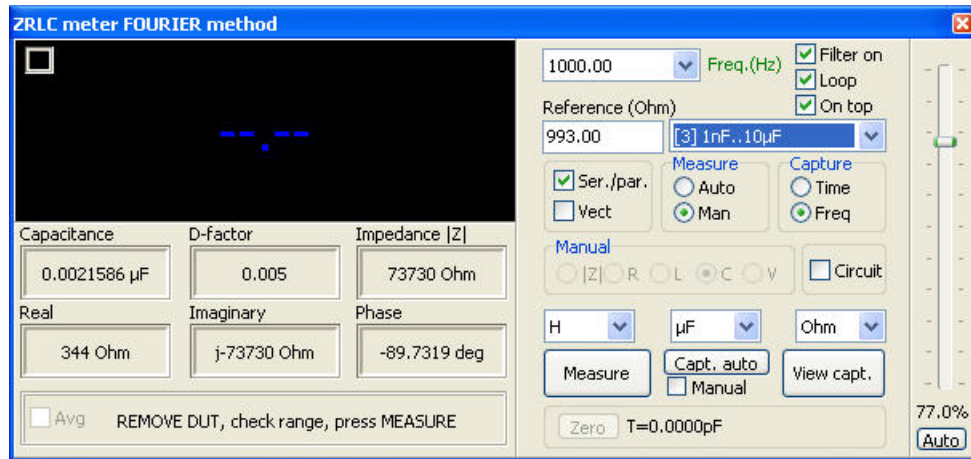
E’ dunque interessante misurare un componente a differenti frequenze; tant’è che l’autore ha previsto un automatismo, definito “Sweep”, che consente di impostare le frequenze di inizio e di fine della misura, ed il passo, cioè la differenza tra due frequenze successive.

Per questo scopo, nella finestra “ZRLC” dei Settings, è presente il riquadro “Freq. sweep (Hz)”, con un listbox per la scelta degli estremi di frequenza ed un selettore del valore di Step. In pratica, si seleziona la frequenza iniziale e si clicca il pulsante “Start”, sotto cui apparirà la frequenza selezionata. Analogamente si seleziona la frequenza finale e si clicca il pulsante “Stop”. Infine si stabilisce lo Step, utilizzando i pulsanti a freccia. Che si possono tenere premuti per cambiare valore più velocemente. Inoltre si può stabilire quante volte effettuare la misura ad ogni frequenza, utilizzando i pulsanti vicino al campo di edit “Mean”, o inserendo un valore. ZRLC effettuerà la media di ciascun gruppo di misure ripetute.

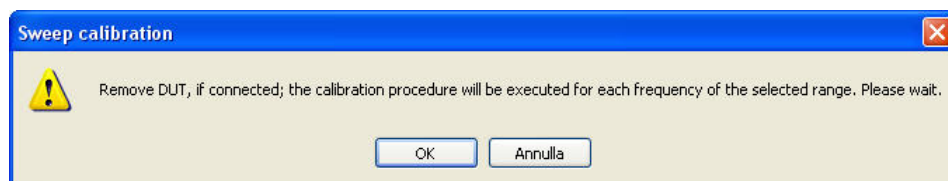
Ad esempio:



Ora impostate nella finestra di ZRLC i parametri “Man” per “Measure” e ”Freq” per “Capture”; nella sezione ”Manual” cliccate anche il bottone corrispondente alla grandezza da misurare come visualizzato qui sotto. Ad esempio, “C” per un condensatore:



Cliccate il pulsante “Capt. auto”; ZRLC effettua una prima calibrazione di base, poi quando appare il messaggio “Remove DUT...”

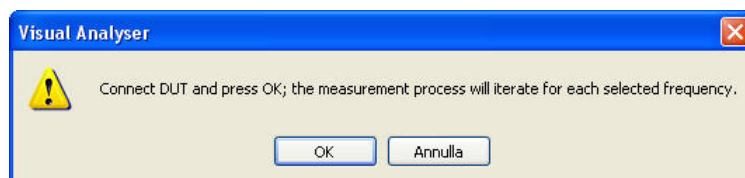


verificate che nulla sia collegato e premete “OK” per avviare la sequenza di calibrazione sweep, che sarà effettuata per ognuna delle frequenze selezionate.

La potete vedere in questa animazione, effettuata con la versione “NE-XT - V.3 BETA”; in alto appaiono in successione i valori di frequenza e il numero progressivo della misura (cliccate il nome in rosso):

[Calibr_SweepNEXT_n.2.wmv.wmv](#)

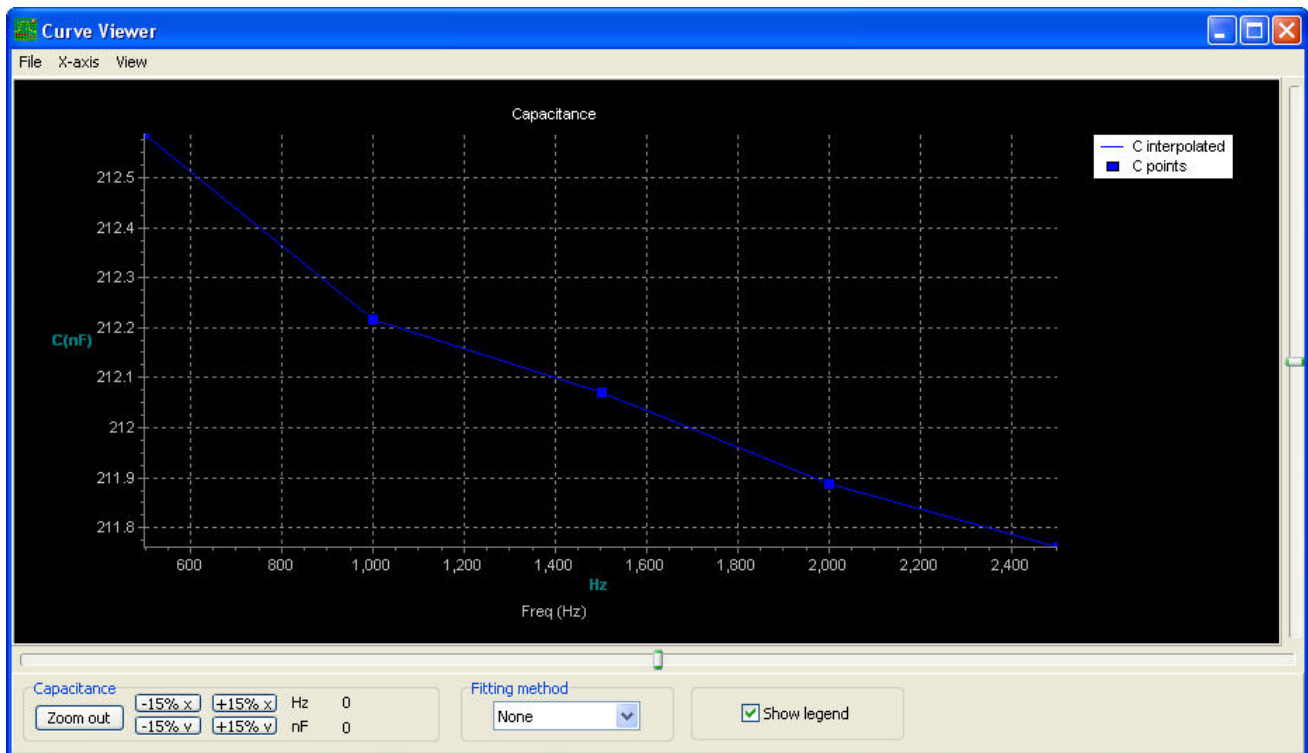
Al termine apparirà un messaggio che avverte di collegare il **DUT** e premere **OK**.



Collegate, ad esempio, un condensatore, premete **OK** e partirà la sequenza di misura, che vedete in questa seconda animazione; anche ora appaiono in successione i valori di frequenza e il numero progressivo della misura, più quello dell’eventuale ripetizione (cliccate il nome in rosso):

Measure_SweepNEXT_n.2.wmv

Quando appare la scritta “Capture ENDED” potete vedere il risultato cliccando il pulsante “View capt.”:



Potete salvare questa schermata come immagine o come dati, utilizzando il menu “File”.

2) “LMS Bridge”

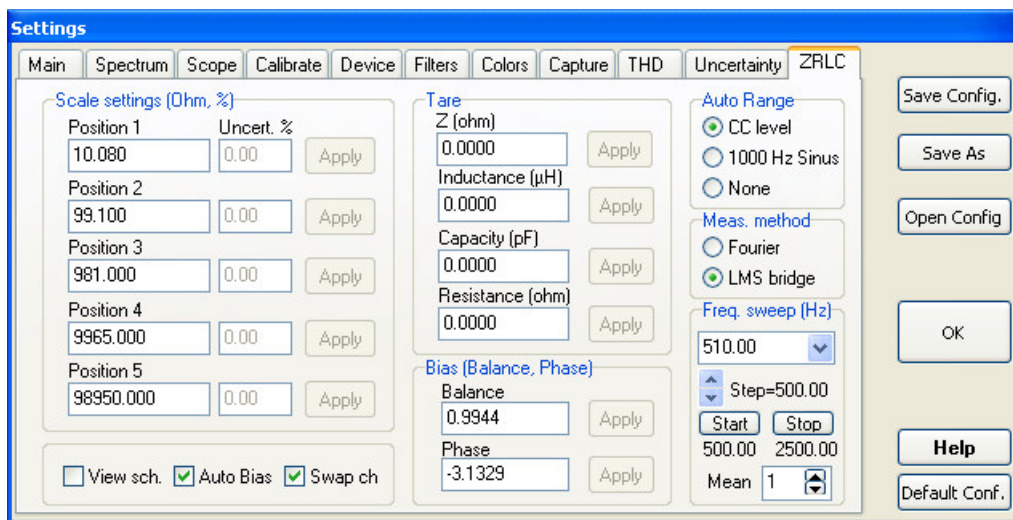
Inizialmente l’autore di **Visual Analyzer** si era ispirato ai lavori di Steber e Klaper, creando una routine basata sull’algoritmo LMS (Least Mean Square, “Media dei Minimi Quadrati”), ottenendo un dispositivo che funzionava come i vecchi “ponti LMS”. Tale routine è tutt’ora inserita nel programma, ed è quella che andiamo a presentare. Successivamente l’autore ha sviluppato una routine che sfrutta le risorse già inserite in **Visual Analyzer**, ottenendo una versione del misuratore ZRLC nuova e fortemente personalizzata. La routine sfrutta - oltre ad un algoritmo proprietario - la **trasformata di Fourier veloce** (indicata come **FFT**, dall’inglese **Fast Fourier Transform**), un algoritmo ottimizzato per calcolare la trasformata discreta di Fourier, detta **DFT**, costituita dalla sommatoria di una serie di numeri complessi. La **FFT** è di notevole importanza per una grande varietà di applicazioni, dalla soluzione di equazioni differenziali, alle derivate parziali, agli algoritmi per moltiplicare numeri interi di grandi dimensioni, all’elaborazione di segnali digitali (come nel caso attuale). Il vantaggio è che quando si dispone di un’enorme quantità **n** di dati campionati (e ricordiamo che le impedenze sono rappresentate da numeri complessi), effettuare direttamente la

sommatoria richiede una quantità di operazioni aritmetiche $O(n^2)$. Un algoritmo **FFT** ottiene lo stesso risultato con un numero di operazioni $O(n \log(n))$.

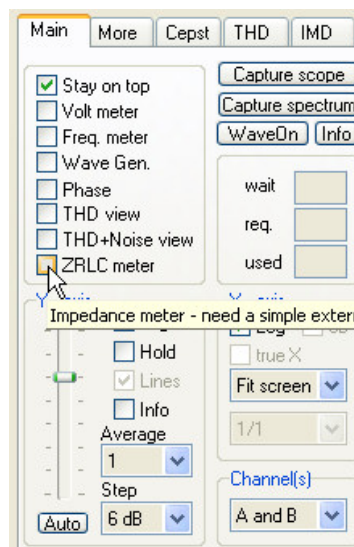
Ora il metodo **Fourier** è quello principale, subito disponibile all'apertura di **Visual Analyzer**.

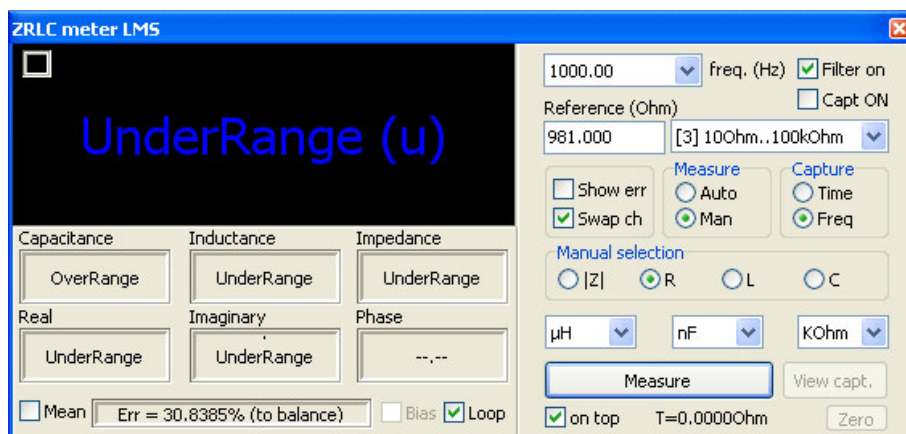
Ma è sempre possibile utilizzare l'interfaccia ZRLC come "LMS bridge". Vediamo come.

Anzitutto, se la finestra di ZRLC è aperta la si deve chiudere. Poi nella sezione "ZRLC" di "Settings", nel riquadro "Meas. method" si clicca il pulsante "LMS bridge".



Nella finestra principale di Visual Analyzer, nella zona in basso alla destra della finestra dello spettro, mettete una spunta nel box "ZRLC". Si apre la finestra di ZRLC per LMS bridge, che è leggermente diversa da quella che si ottiene con **FFT** qualora si usino le versioni più vecchie; con la **2010 NE-XT - V.3 BETA** sono uguali.





Non resta che selezionare la portata voluta nel listbox della finestra ZRLC, e impostare la medesima posizione con il commutatore **RANGE** dell'interfaccia.

Collegate il **DUT** e cliccate "Measure".

Ora sperimentate voi...

Files necessari

E' disponibile un file ZIP contenente tutti i file necessari. Contiene anche la versione più aggiornata (3.beta) di VA, con tutte le correzioni e migliorie introdotte fino al 22 marzo 2010. Cliccare sul nome per scaricare:

[Files.zip](#)

Contenuto:

- PCB bottom 1-1.pdf 24 KB
- PCB bottom 250x100.bmp 7.1 MB
- PCB serigrafia 250x100.bmp 7.1 MB
- pcm2902.pdf 279 KB
- VA.exe 4.6 MB
- ZRLC_AIO_4.dch 54 KB
- ZRLC_AIO_PCB5.dip 22 KB

Terza versione

ZRLC con stadio finale di potenza

Come già anticipato, questa versione migliora la capacità di leggere resistenze di pochi Ω , e consente di misurare l'impedenza degli altoparlanti. L'ispirazione mi è giunta, oltre che da vari discorsi con A. Accattatis, dalla lettura dell'articolo "IMPEDENZIMETRO USB x PERSONAL COMPUTER" sul n° 242 - NOVEMBRE-DICEMBRE 2009 di Nuova Elettronica.

Per la verità mi ero già reso conto che la versione "All In One" non è in grado di misurare l'impedenza degli altoparlanti; collegando un altoparlante da 4 Ω a "ZRLC All In One" la misura non viene effettuata, e VA presenta ostinatamente la scritta "Connect DUT". Analogamente, mentre una resistenza da 10 Ω viene misurata - pur con qualche incertezza - una da 5 Ω si comporta come l'altoparlante.

Ma perché? Si può immaginare che in "ZRLC All In One", che alimenta il partitore di misura direttamente con lo stadio di uscita del PCM2902, l'impedenza di questo non sia sufficientemente bassa; o, verosimilmente, che la corrente erogata non sia sufficiente a pilotare un carico al di sotto di un certo valore.

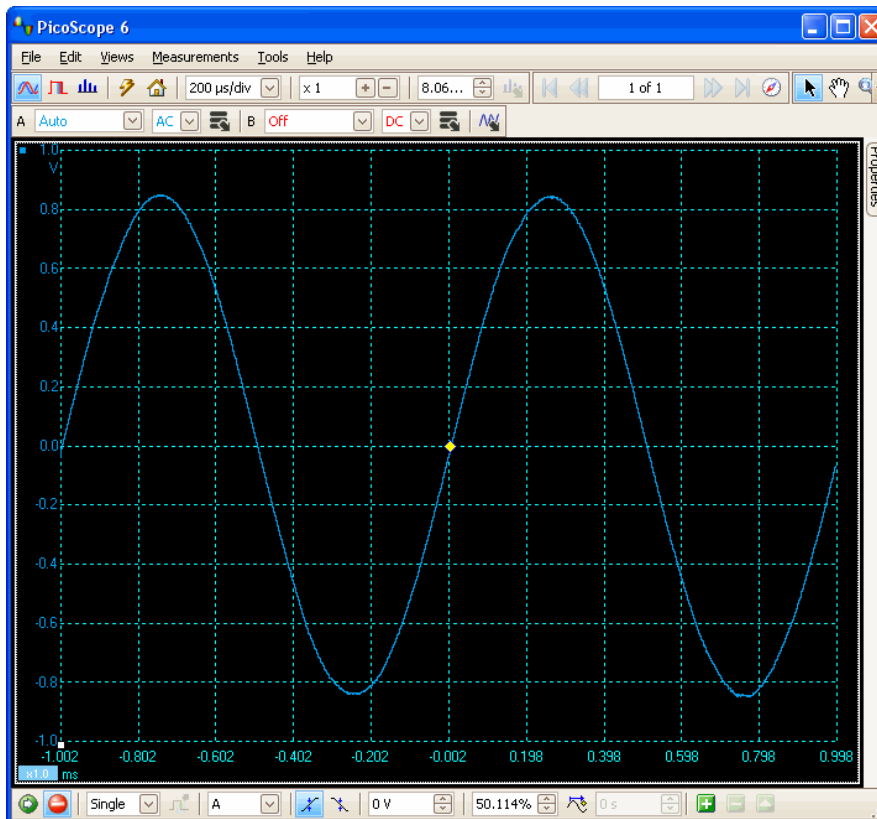
Il caso dell'altoparlante poi presenta verosimilmente una ulteriore complicazione. In presenza di una corrente alternata, la bobina mobile genera un campo magnetico variabile che, interagendo con il campo magnetico fisso prodotto dal magnete, provoca l'oscillazione della bobina - e quindi del cono - in sincronia con la corrente alternata. Ma c'è di più: per la Legge di Faraday, lo stesso movimento della bobina attraverso il campo magnetico fisso genera una forza controelettromotrice indotta pari all'opposto della variazione temporale del flusso. Che quindi si oppone alla corrente alternata applicata alla bobina.

Quando un altoparlante è collegato in un amplificatore audio ad un adatto stadio finale correttamente dimensionato, la forza controelettromotrice è sicuramente trascurabile; ma evidentemente, collegando lo stesso all'uscita del PCM2902 - per di più attraverso la resistenza di riferimento da 10 Ω - la tensione disponibile non è in grado di bilanciarla.

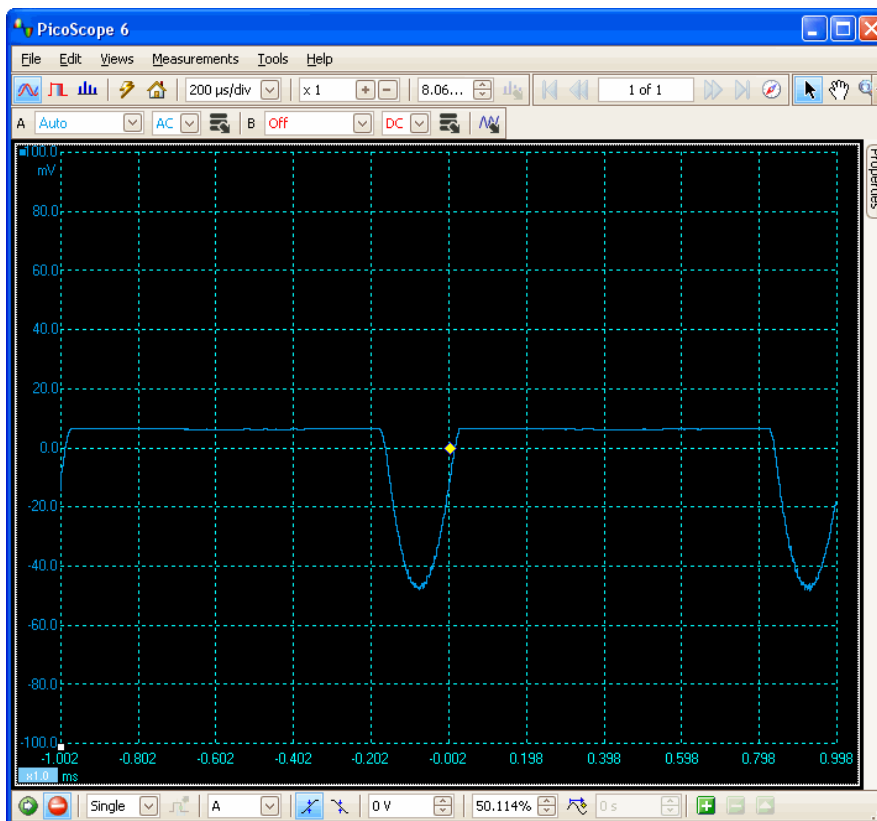
Si può pensare per analogia all'uscita audio di molte schede incorporate in un PC; di solito, a questa si può collegare una cuffia o un auricolare, che hanno certamente un'impedenza - ed una resistenza - senz'altro superiori a quella di un altoparlante; ma questo non è collegabile direttamente.

Tutto ciò si può vedere visualizzando con l'oscilloscopio la tensione alternata presente ai morsetti di uscita di "ZRLC All In One".

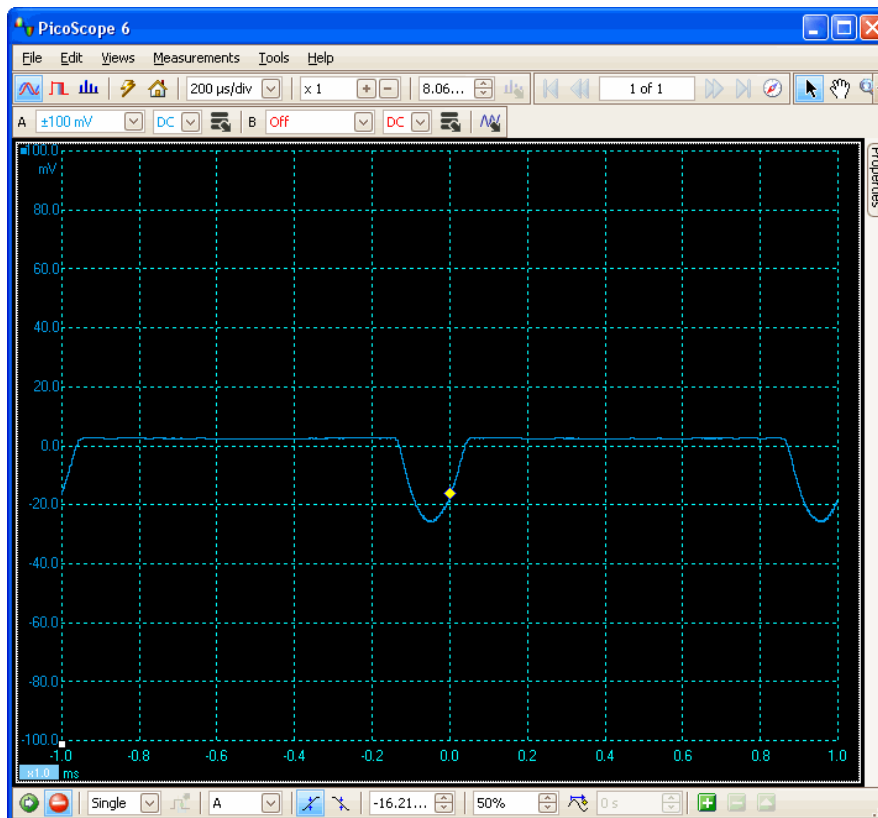
A circuito aperto, la tensione risulta essere correttamente sinusoidale, con un'ampiezza di circa 1.7 Vpp.



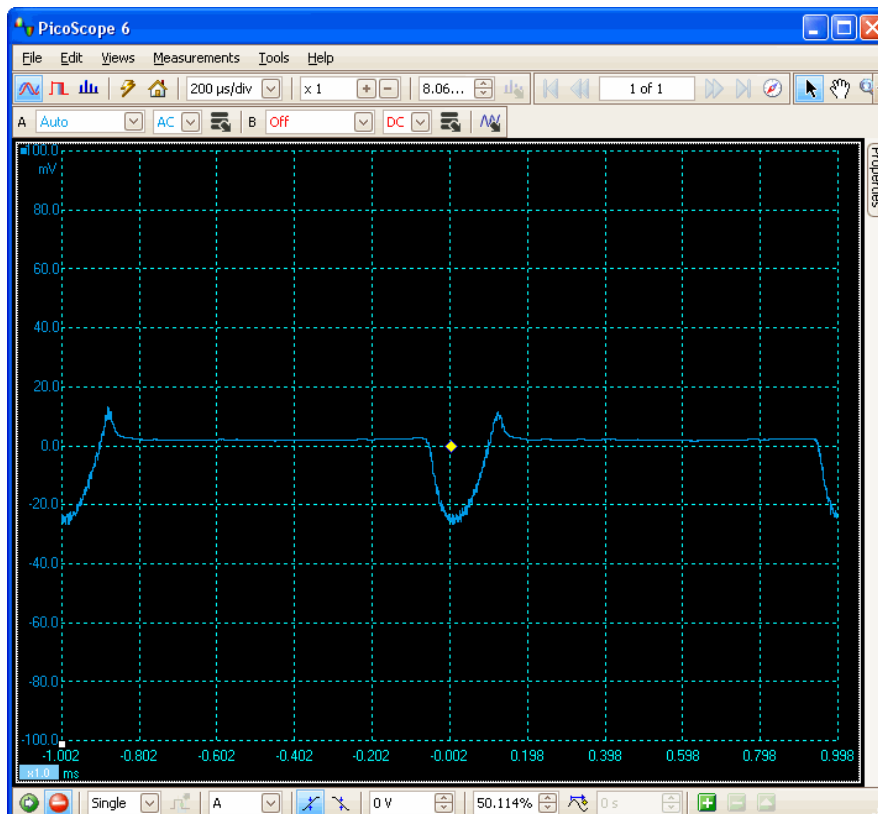
Collegando ora una resistenza da 10 Ω sulla portata 1, iniziano ad apparire i primi problemi: come si vede, la sinusoide - ridotta non in proporzione - è tagliata a metà:



Con la resistenza da 5 Ω - non piú misurata - le cose peggiorano:



Ed ecco l'altoparlante; la particolare asimmetria di forma della tensione è verosimilmente dovuta alla forza controelettrica:



L'impedenzometro di Nuova Elettronica

Ciò constatato, ed anche spinto dalla curiosità, particolarmente dopo la lettura dell'articolo citato, ho acquistato il kit "Impedenzometro usb x pc" (vedi [LX.1746 KIT](#)); una volta montato, ho potuto verificare che questo funziona realmente bene.

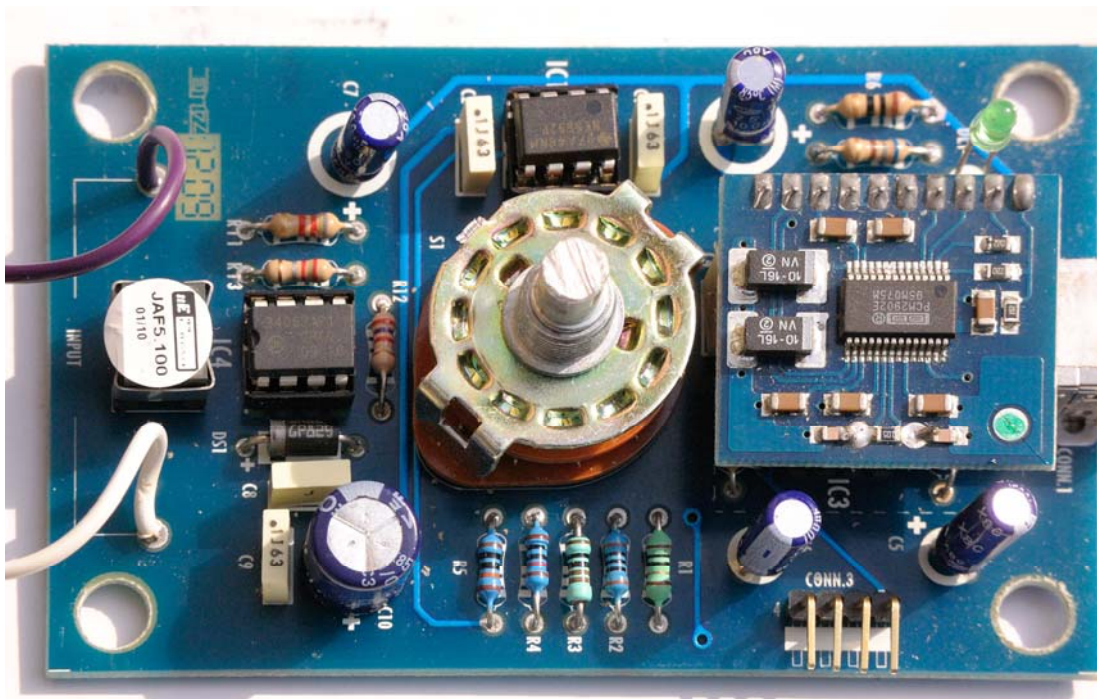
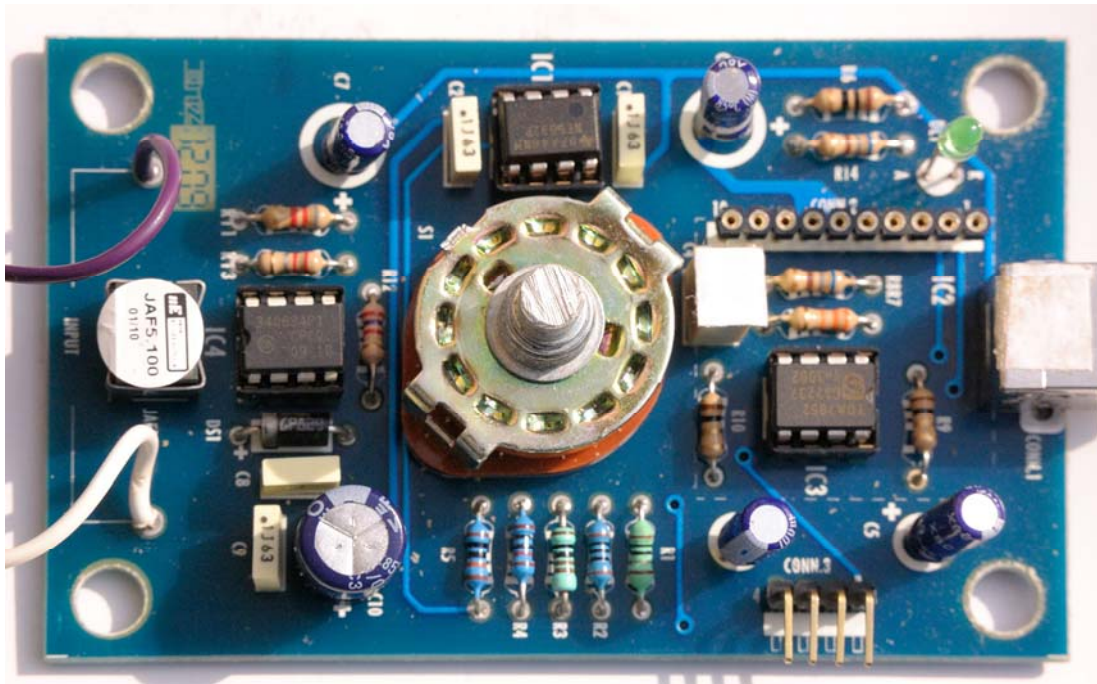
Come si può vedere dall'articolo, lo schema è fondamentalmente corrispondente a quello di ZRLC AIO; ma presenta alcune significative differenze, che esaminerò in dettaglio.

Ecco l'impedenzometro, montato ed inscatolato:

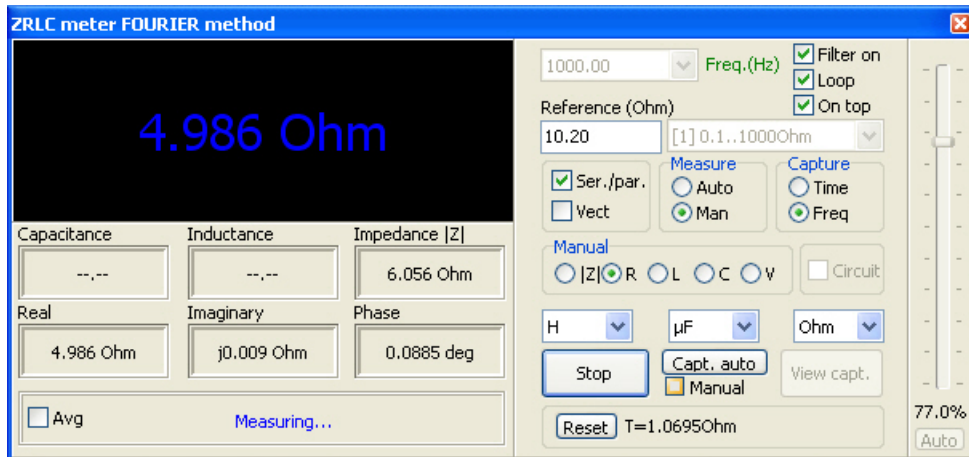


Qui sotto vediamo il PCB completo di tutti componenti, sia senza la scheda **KM1667**, che completato con questa.

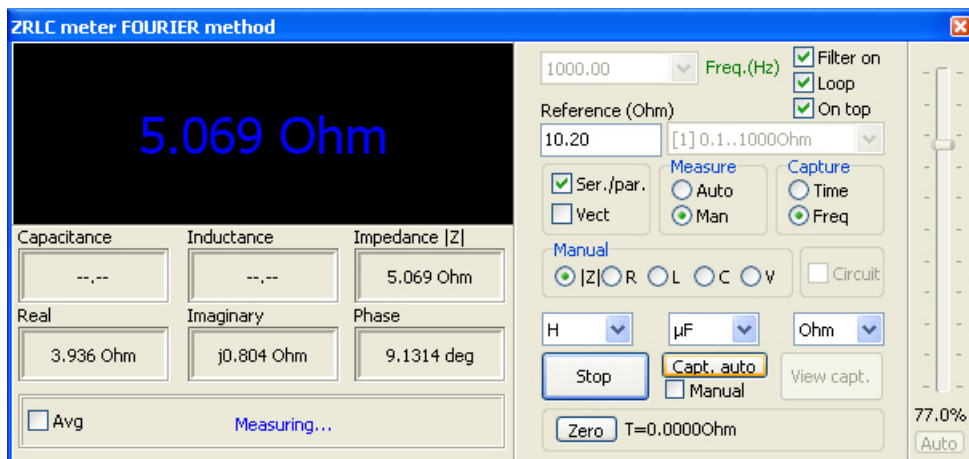
A sinistra si riconosce il convertitore di tensione 34063A, al centro il doppio operativo NE5532, e a destra lo stadio BF TDA7052; al di sopra di questo, la scheda KM1667 col PCM2902:



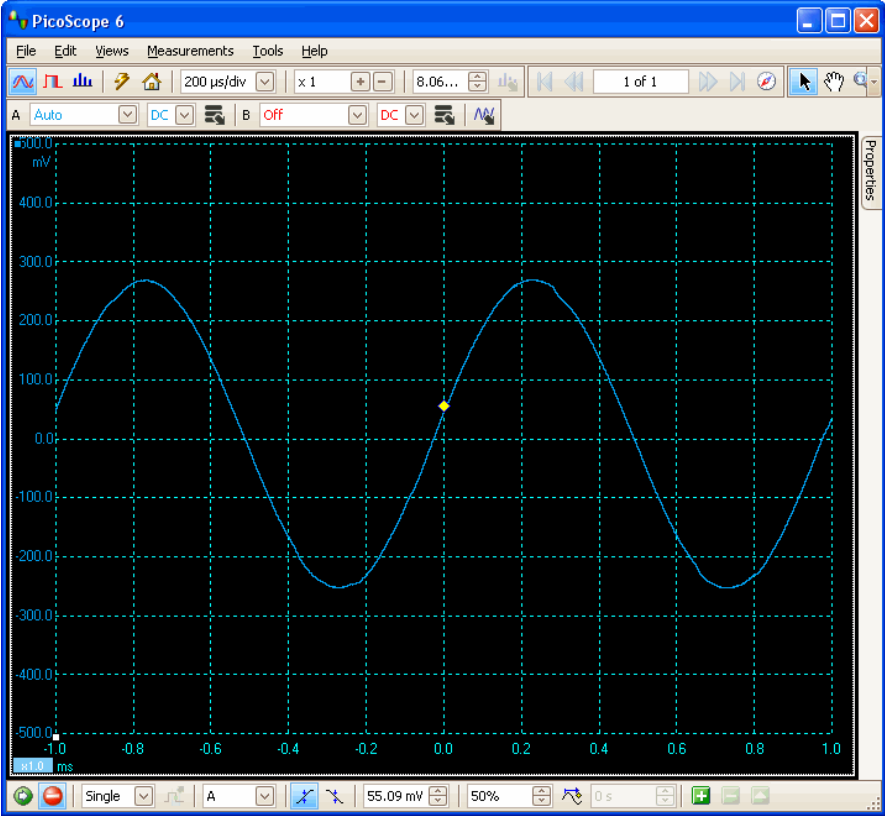
Questo impedenzometro misura correttamente le resistenze basse:



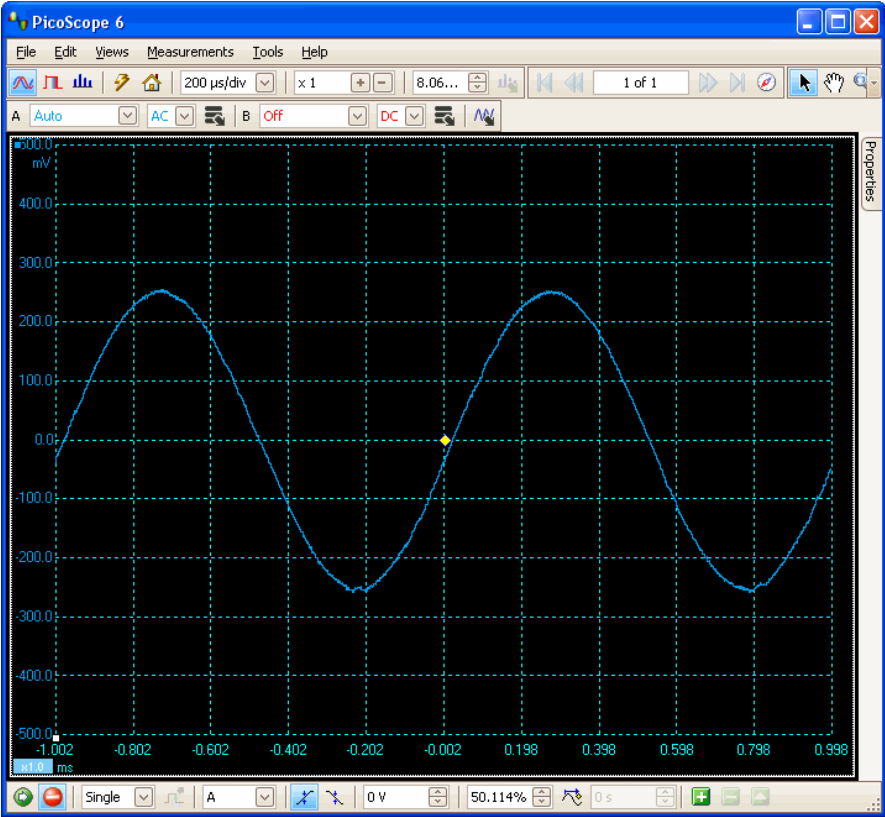
E le impedenze degli altoparlanti:



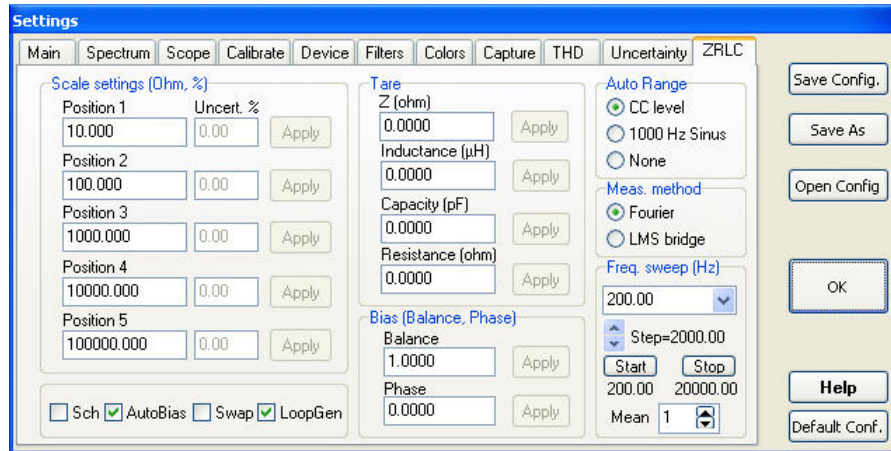
Ed ecco gli oscillogrammi. Con una resistenza da 5 Ω:



Con un altoparlante da 4 Ω:



Una precisazione: con la versione di Nuova Elettronica ho dovuto togliere la spunta a “Swap” in “Settings - ZRLC”:



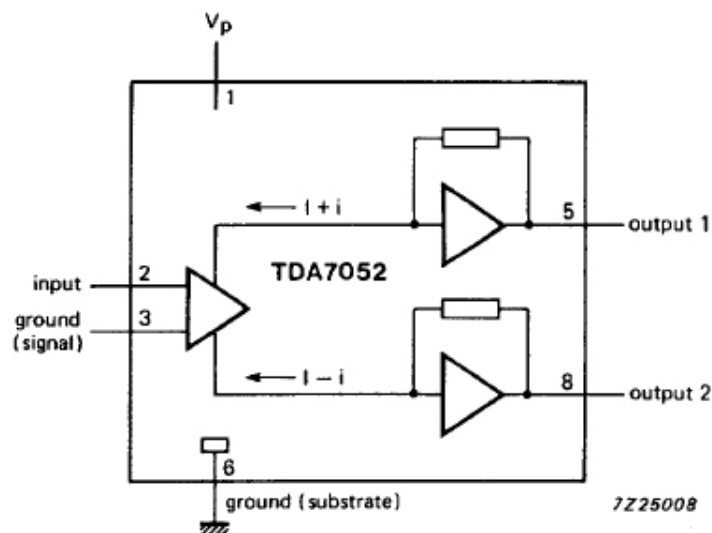
Da notare anche che con questa versione l’altoparlante emette un robusto segnale acustico a 1000 Hz; mentre con ZRLC senza stadio finale, dall’altoparlante esce appena un debole suono!

Dov’è dunque la differenza? La “novità” della versione di Nuova Elettronica sta nella presenza di uno “stadio finale di potenza miniaturizzato da 1 Watt”, realizzato con l’integrato **TDA7052** Philips, posto tra l’uscita audio del codec **PCM2902** e il selettore di portata **S1-B/S1-A**, che corrisponde al commutatore **S1** del primo schema di pag. 36, e al commutatore **Dev1** del secondo schema.

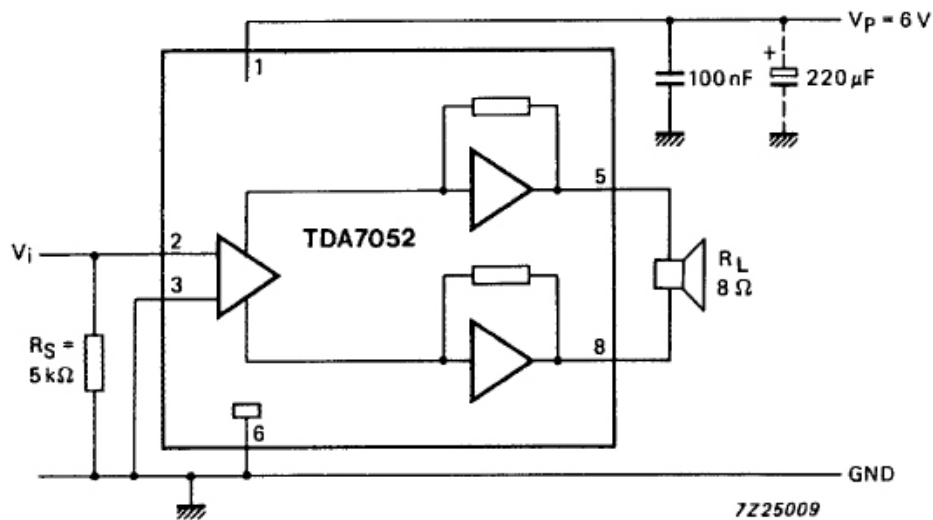
Stranamente, nell’articolo non è data alcuna giustificazione di tale stadio finale. Ma le prove effettuate con un esemplare del kit di Nuova Elettronica hanno dimostrato che gli inconvenienti creati da “ZRLC All In One” con le resistenze basse e gli altoparlanti sono completamente eliminati dall’utilizzo di tale stadio; e dunque le spiegazioni sopra ipotizzate sono ampiamente confermate.

Ma come è realizzato in pratica tale stadio? Vediamo anzitutto come è stato fatto da Nuova Elettronica, rimandando per lo schema completo all’articolo citato.

Questo è il “diagramma a blocchi” dell’integrato.

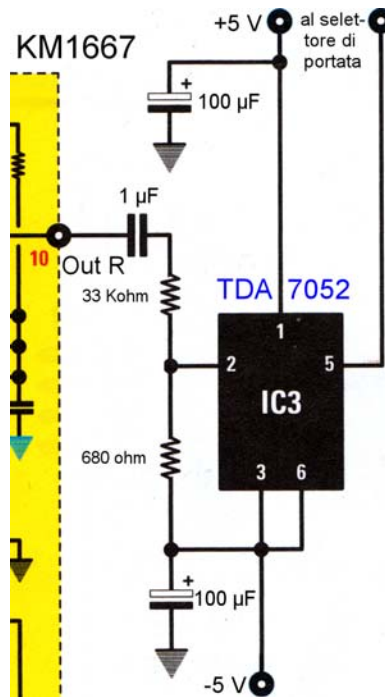


E questo è lo schema applicativo:



Mi viene solo da chiedere perchè sia stato usato come finale il TDA7052, che ha due uscite “fluttuanti” per l’altoparlante. Credo che la risposta stia nella possibilità di questo integrato di generare potenze relativamente alte con tensioni basse. Ciò deriva proprio dalla configurazione a ponte (BTL, “Bridge-Tied-Load”) utilizzata, con due terminali di uscita indipendenti, al posto di un solo terminale riferito a massa. E’ una scelta progettuale di Philips per compensare la riduzione della potenza di uscita che deriva dalla riduzione della tensione di alimentazione che si ha in radio e registratori portatili, che utilizzano un numero ridotto di batterie per risparmiare spazio. Infatti, dalla “FUNCTIONAL DESCRIPTION” del datasheet risulta che l’integrato può fornire una potenza di uscita di **1,2 W** (THD = 10%) in un carico di **8 Ω** con una alimentazione di **6V**.

Questo è lo schema usato in pratica; come si vede, lo stadio amplificatore è inserito “in serie” tra il canale di uscita destro “Out R” del **PCM2902** ed il selettore di portata.



E per mantenere corretto il livello del segnale audio in ingresso al ponte, il guadagno di 40 dB del TDA7052 è compensato dal partitore costituito dalle resistenze R7 ed R8, da 33 kΩ e 680 Ω.

Compensato... quasi. Philips dichiara che il guadagno in tensione è fissato internamente in 40 dB. In base alla definizione di dB,

$$Power\ Ratio_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{W1}{W2} \right) = 10 \log_{10} \left(\frac{I1}{I2} \right)^2 = 20 \log_{10} \left(\frac{I1}{I2} \right)$$

40 dB corrispondono ad un rapporto di $10^{40/20} = 100$ fra le tensioni in ingresso ed uscita. Invece, il partitore R7 + R8 introduce un'attenuazione di $380/33680 = 0.020 = 50$ volte.

Sicché il segnale ai capi del partitore è teoricamente il doppio di quello in uscita dal PCM2902. Ma questo, in pratica, non risulta creare problemi.

Chi è interessato a tutto il circuito, lo trova - come già detto - sul n° 242 NOVEMBRE-DICEMBRE 2009 di Nuova Elettronica.

Generatore di tensione negativa

Anche l'impedenziometro di Nuova Elettronica utilizza un generatore di tensione negativa, ma diverso da quello usato nel mio progetto. Si tratta dell'integrato MC34063A, al posto del forse più diffuso ICL7660. E' probabilmente il TDA7052 la causa dell'utilizzo del MC34063A.

L'MC34063A è un "Circuito di controllo per convertitori CC-CC" di tipo "switching" in grado di fornire correnti di uscita fino a 1.5 A.

I convertitori elettronici switching DC-DC sono utilizzati per convertire un livello di tensione in un altro. Questi circuiti compiono tipicamente la conversione applicando tensione continua DC su un induttore per un primo ciclo di lavoro (di solito in un range di frequenza da 100 kHz a 5 MHz) nel quale scorre una corrente elettrica così da

immagazzinare energia magnetica; nel ciclo successivo viene tolta la tensione e si trasferisce in maniera controllata l'energia immagazzinata come tensione d'uscita del convertitore. Questo metodo di conversione è molto efficiente (compreso tra 80% e il 95%).

L'ICL7660 è un "convertitore di tensione a capacità commutata", tipicamente utilizzato come un convertitore di tensione negativa, che funziona come una pompa di carica. Anche se in questa categoria di convertitori esiste uno "switch" che agisce ciclicamente, il principio di funzionamento è diverso dal precedente.

Durante la prima metà del ciclo di lavoro, generalmente ad una frequenza di 10 kHz, un condensatore (C1) viene caricato alla tensione V^+ rispetto a massa, per mezzo di interruttori MOS integrati nel chip; durante la seconda metà, sempre a mezzo di interruttori MOS, C1 è scollegato dall'alimentazione e posto in parallelo ad un secondo condensatore C2, in maniera che il terminale positivo di C1 sia collegato al terminale di C2 posto a massa. Così sull'altro terminale si trova la tensione negativa.

Il problema sta nel fatto che gli interruttori hanno una resistenza serie diversa da zero, per cui l'impedenza globale del convertitore vale tipicamente 50 Ω . Questo comporta una bassa corrente di uscita (0.1 A a 5 V) e la tendenza alla diminuzione della tensione con l'aumento della corrente prelevata.

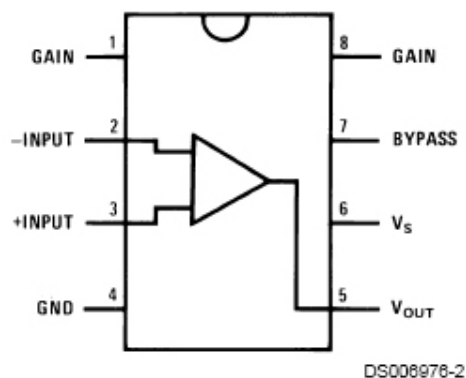
Tale bassa corrente è verosimilmente inadeguata per l'impedenzometro di Nuova Elettronica; ma è più che sufficiente per "ZRLC AIO".

Ecco dunque spiegata la scelta del MC34063A al posto di un ICL7660, anche se il primo richiede più componenti (3 resistenze, 3 condensatori, 1 diodo ed un induttore) del secondo (2 condensatori).

Altri possibili finali BF

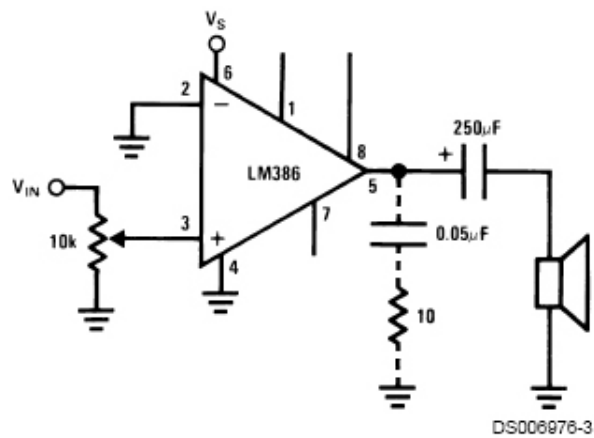
Il TDA7052 comunque non è che uno dei tanti integrati amplificatori BF di bassa potenza. Una alternativa possibile potrebbe essere teoricamente il LM386 della National Semiconductors, definito "Low Voltage Audio Power Amplifier". Il guadagno è fissato internamente a 26 dB, ma può essere aumentato da 26 a 46 dB con una resistenza ed un condensatore tra i pin 1 e 8.

Ecco il "diagramma a blocchi" dell'integrato:



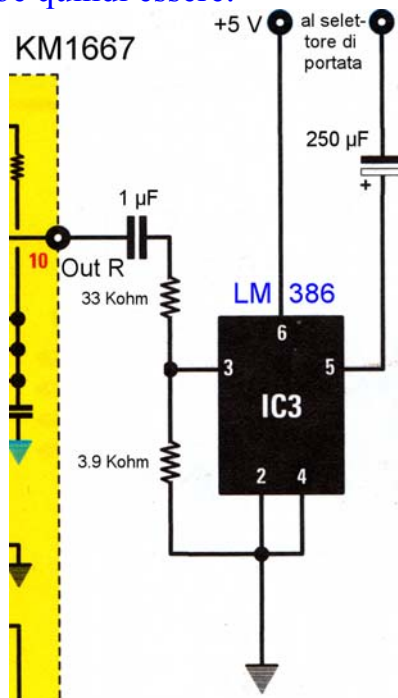
E questa è una tipica applicazione con il minimo dei componenti, che fornisce un guadagno di 20 dB, cioè $10^{20/20} = 10$ volte:

**Amplifier with Gain = 20
Minimum Parts**



Poiché il guadagno, rispetto al TDA7052, è passato da 100 a 20, scendendo cioè di 5 volte, anche il fattore di riduzione del partitore deve scendere di 5 volte, e valere quindi $50 / 5 = 10$.

Un circuito pratico potrebbe quindi essere:



Potrebbe però presentarsi un inconveniente. Dal datasheet del LM386 risulta:

Output Power (P_{OUT})	Conditions	Min	Typ	Units
LM386N-1, LM386M-1, LM386MM-1	$V_S = 6V, R_L = 8\Omega, THD = 10\%$	250	325	mW
LM386N-3	$V_S = 9V, R_L = 8\Omega, THD = 10\%$	500	700	mW
LM386N-4	$V_S = 16V, R_L = 32\Omega, THD = 10\%$	700	1000	mW

Vediamo in pratica che a 6 V, al posto dei 1200 mW forniti dal TDA7052 abbiamo solo 325 mW...

E ciò potrebbe comportare un notevole calo di prestazioni.

Ma si potrebbe anche utilizzare uno stadio audio finale esterno; ecco che cosa mi ha rivelato lo stesso Accattatis:

Circa l'idea di Nuova Elettronica: io stesso, nelle fasi embrionali del progetto avevo suggerito a NE di usare un bel finale: pensa che in alcune prove avevo usato come stadio d'uscita un finalino Kenwood da 70 watt rms (!!) ottenendo di poter usare resistenze di riferimento anche di pochissimi ohm o frazioni.

Comunque, chi vuole, può provare!

Datasheets

Qui trovate i link ai datasheet degli integrati utilizzati o descritti:

LM358

http://www.marucchi.it/ZRLC_AIO_WEB/ZRLC_AIO_file/LM158.pdf

ICL7660

http://www.marucchi.it/ZRLC_AIO_WEB/ZRLC_AIO_file/ICL7660.pdf

ICL7660S

http://www.marucchi.it/ZRLC_AIO_WEB/ZRLC_AIO_file/ICL7660S.pdf

Principles and Applications of the ICL7660 and ICL7660A CMOS Voltage Converter

http://www.marucchi.it/ZRLC_AIO_WEB/ZRLC_AIO_file/Principles_Applications_ICL7660.pdf

PCM2902

http://www.marucchi.it/ZRLC_AIO_WEB/ZRLC_AIO_file/pcm2902.pdf

MC34063A

http://www.marucchi.it/ZRLC_AIO_WEB/ZRLC_AIO_file/MC34063Amotorola.pdf

NE5532

http://www.marucchi.it/ZRLC_AIO_WEB/ZRLC_AIO_file/NE_SE5532_A_SA5532_3.pdf

TDA7052

http://www.marucchi.it/ZRLC_AIO_WEB/ZRLC_AIO_file/TDA7052.pdf

LM386

http://www.marucchi.it/ZRLC_AIO_WEB/ZRLC_AIO_file/lm386.pdf