

Nicola del Ciotto

UN BUON GENERATORE B.F. FATTO IN CASA

L'idea di costruire un oscillatore in bassa frequenza è nata, agli inizi degli anni '90, dalla disponibilità che avevo di una NTC molto particolare utilizzata generalmente come sonda termometrica. L'oscillatore sinusoidale che ne risultò funzionava talmente bene che divenne il cuore di un generatore B.F. costruito e utilizzato come strumento base nel mio laboratorio. Questo strumento è ancora in perfetta efficienza a distanza di circa vent'anni e la foto sottostante lo mostra come sia tuttora in ottime condizioni di funzionamento.



Nella foto la versione definitiva del generatore B.F. costruito tanti anni fa ed ancora in ottimo stato di servizio. Ora sta generando 699mV di segnale a 2165Hz.

Vista la validità del lavoro fatto in quel tempo, mi permetto di proporre oggi tutti i passaggi costruttivi che hanno portato alla sua realizzazione definitiva, pensando un po' presuntuosamente che a qualcuno forse può interessare, almeno come idea di base.

GLI OSCILLATORI

Sono costretto a dire brevemente qualcosa sugli oscillatori B.F. prima di passare alla descrizione del circuito, per meglio capire il perché di certe mie scelte fatte o opzioni adottate.

E' noto che quando vi è la necessità di generare frequenze basse, gli oscillatori "LC" diventano di difficile realizzazione a causa dell'elevato valore di L e del basso coefficiente di bontà Q che si ottiene. Per queste basse frequenze sono più adatti gli oscillatori "RC".

Essi possono essere di vario tipo: a sfasamento, a doppio T, a T shuntato, a ponte di Wien.

Il più comune ed il più usato tra questi per le sue buone qualità, per la sua versatilità, per la sua semplicità ed anche per la facilità di calcolo e di progettazione è l'oscillatore che si basa sull'utilizzazione del ponte di Wien. Mi soffermerò, perciò, un po' su questo particolare oscillatore.

Oscillatore a ponte di Wien

L'oscillatore può essere realizzato con componenti integrati o con componenti discreti. Analizzerò qui il circuito con componenti discreti (transistor) secondo la tecnica e il modo di costruire negli ultimi decenni del '900. Esso è costituito fondamentalmente da un *amplificatore a due stadi* per ottenere uno sfasamento di segnale uguale a zero tra ingresso e uscita (si ricordi che uno stadio amplificatore sfasa di 180° il segnale amplificato e due stadi sono necessari per riportare all'ingresso un segnale con angolo di 360° cioè in fase) ed è fornito di reazione sia positiva che negativa (Fig.01). Questo amplificatore deve amplificare necessariamente più di tre volte.

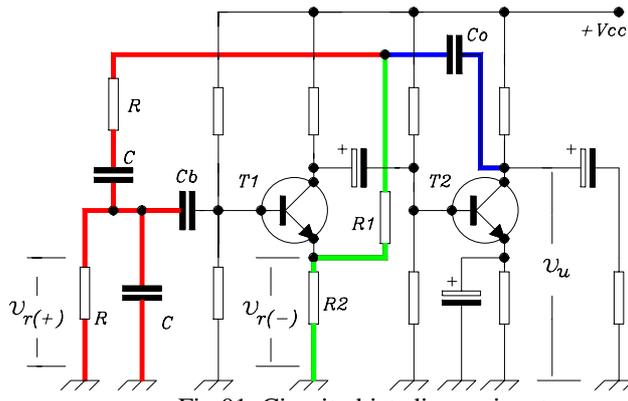


Fig.01 Circuito bistadio reazionato

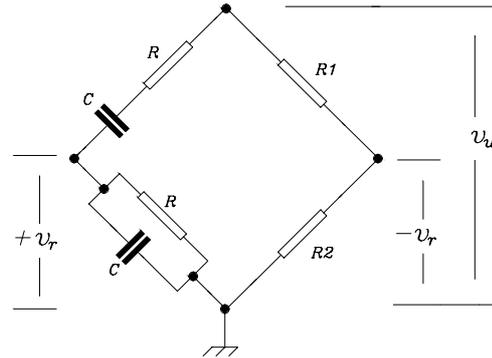


Fig.02 Ponte di Wien

Nella figura le reti di retrocessione di segnale sono disegnate nel circuito in grassetto colorato. Il ramo di retrocessione generale è colorato in blu. Da esso partono il ramo verde di reazione negativa (formato da R1, R2) e il ramo rosso di reazione positiva (formato dai gruppi CR serie e CR parallelo). **Questi due rami, disegnati in altro modo fanno scoprire la presenza di un circuito a ponte di Wien (Fig.02).** La reazione negativa $v_{r(-)}$, sull'emettitore di T1 (è da ricordare che un segnale sull'emettitore si ripercuote sulla base con segno opposto), è **indipendente dalla frequenza** perché il circuito che la produce (R1 e R2) è puramente reale. La reazione positiva $v_{r(+)}$ sulla base di T1 è, invece, **dipendente dalla frequenza** per la presenza delle impedenze complesse formate dalla serie e dal parallelo di R e di C. Il ponte va all'equilibrio quando $v_{r(-)}$ è uguale a $v_{r(+)}$ e ciò si verifica ad una sola frequenza. **Questa particolare frequenza è la frequenza generata.** I condensatori C_b e C_o sono necessari per disaccoppiare il circuito attivo di retroazione dalle tensioni continue di polarizzazione e devono avere una reattanza trascurabile nel campo delle frequenze utilizzate. La risoluzione matematica del circuito di Fig.02 porta a queste **tre semplici formule di progettazione:**

$$f_o = \frac{1}{2\pi RC}; \tag{1}$$

$$2R_2 = R_1; \tag{2}$$

$$A \geq 3; \tag{3}$$

La (2) fornisce la condizione statica per cui il ponte va in **equilibrio**. Dalla (3) si deduce che **l'amplificazione** minima del sistema, necessaria per produrre un segnale alla **frequenza** determinata dalla (1), deve essere **maggiore di tre** (condizione, praticamente, sempre verificata).¹

L'OSCILLATORE B.F.

Vediamo, quindi, come ho realizzato il mio oscillatore B.F. Devo confessare che la sua costruzione ha avuto una gestazione lunga e tormentata, pensata nei ritagli di tempo e durata un intero anno. Sono stati osservati svariati schemi, studiati e analizzati molti circuiti di varie case costruttrici. Da essi ho estratto le idee migliori che poi ho messe insieme con l'aiuto anche di qualche mia personale. Durante la progettazione e la realizzazione sono passato attraverso una trafila che mi ha fatto produrre e poi scartare un ragguardevole numero di prototipi, incontrando parecchie difficoltà, riguardanti sia la teoria che la pratica. Queste difficoltà mi hanno indotto ad

¹ - Per un maggiore approfondimento si può dare uno sguardo all'articolo "Il Ponte di Wien" nella sezione "Tecnica" sul sito "Le radio di Sophie".

approfondire lo studio sul ponte di Wien fino a farne addirittura oggetto di lezioni nell'ambito scolastico. Il circuito che mostro nello schema di Fig.03 è quello definitivo.

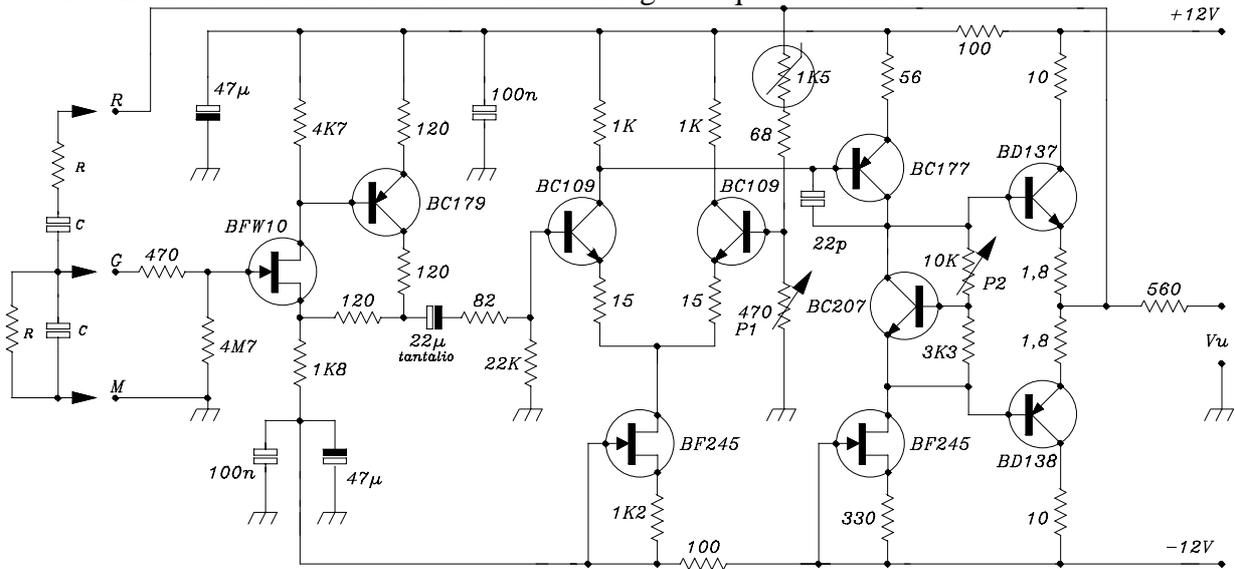


Fig.03 Oscillatore con NTC

Come prova del notevole lavoro fatto, nella foto seguente sono mostrate alcune delle tante piastre "andate a male" o per cattivo funzionamento o per mancata soddisfazione personale.



Descrivo a grandi linee il circuito. Osservando la Fig.01, che rappresenta lo schema base teorico generalmente accettato, si può notare come la bassa impedenza d'ingresso del primo transistor dell'amplificatore cortocircuiti praticamente la R, specialmente quando il generatore funziona all'inizio della gamma. Per questo motivo i valori delle frequenze generate non collimano affatto con quelle prodotte dal calcolo teorico tramite le (1), (2), (3). Per risolvere il problema *la prima e necessaria modifica* al circuito di Fig.01 è stata quella di aumentare la sua resistenza d'ingresso. Io ho usato un

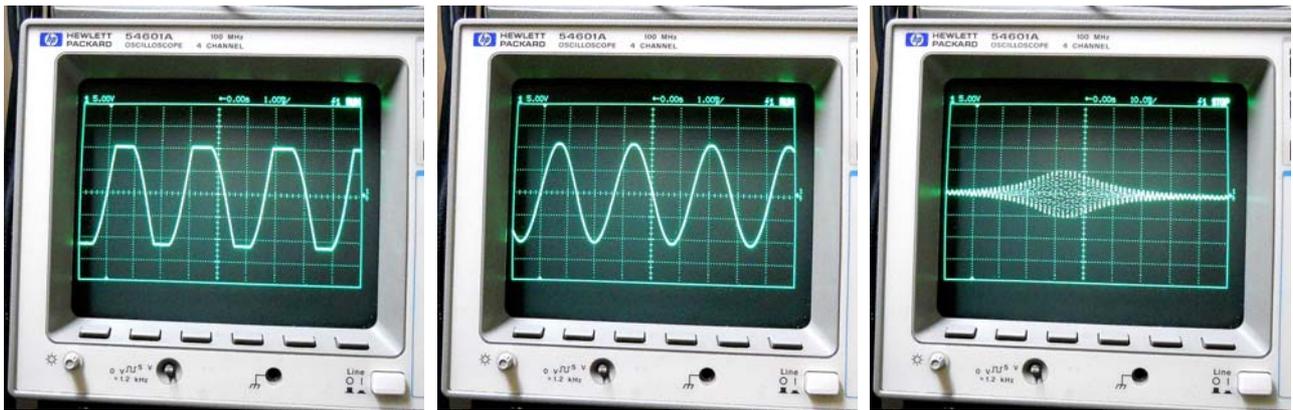
transistor F.E.T. (**BFW10**) con una resistenza di gate abbastanza elevata (4,7MΩ) e una configurazione a "source comune".

Inoltre, per ottenere il confronto tra reazione e controreazione, che nel circuito standard di Fig.01 è ottenuto tra base ed emettitore di T₁ e quindi su impedenze diverse, ho scelto la configurazione ad *amplificatore differenziale* in modo da avere la sovrapposizione degli effetti della reazione e della controreazione su impedenze uguali.

Per poter adeguatamente equilibrare il circuito con i due transistor **BC109** che formano l'amplificatore differenziale ho utilizzato un F.E.T. **BF245** che funziona come generatore di corrente costante. Anche il secondo F.E.T. **BF245** si comporta come generatore di corrente costante per la polarizzazione dello stadio finale.

L'elemento resistivo non lineare sul ramo alto della controreazione è realizzato utilizzando una *N.T.C. da 1,5KΩ a bassissima inerzia termica*, utilizzata generalmente nelle sonde termometriche. Essa è catalogata dalla Philips (anni '70) con il numero 2322 634 31152 ed ha una dissipazione massima di 20mW². Questo elemento non lineare, è stato incapsulato in una boccettina di vetro (una boccettina dei campioncini di profumo!) per fare in modo che non risentisse troppo delle variazioni termiche ambientali ma anche per essere protetta da eventuali urti, data la sua estrema

² - Le curve caratteristiche di questo tipo di N.T.C. sono a pag. 46 del manuale dei dati tecnici "PHILIPS-Elcoma-CP5b:NTC-Resistori a coefficiente di temperatura negativo". - Giugno 1971. La pagina è riprodotta nell'articolo "Il ponte di Wien" nella sezione "Tecnica" sul sito "Le radio di Sophie".



Controreazione scarsa.

Controreazione giusta.

Controreazione eccessiva

La presenza dell'oscillazione a rilassamento è casuale e di difficile sincronizzazione. Per visualizzarla interamente e chiaramente come è visibile nella terza foto, ho aumentato in modo adeguato il valore della base dei tempi dell'oscilloscopio, ho ridotto la sensibilità sull'asse Y e, con un po' di tempismo, al momento opportuno ho memorizzato il video.

COSTRUZIONE DEL GENERATORE PLURIGAMMA

Per la costruzione del nostro strumento da laboratorio *si può utilizzare l'uno o l'altro oscillatore indifferente*. Descrivo comunque il generatore che ho realizzato negli anni '90, ossia quello dotato di N.T.C., ma tutto ciò che segue vale anche per il secondo circuito.

Determinazione delle gamme di funzionamento.

Il mio proposito era quello di generare qualsiasi frequenza tra un minimo di 5Hz e un massimo di 210KHz in un campo suddiviso in quattro gamme:

1^a gamma:	5Hz	210Hz
2^a gamma:	50Hz	2100Hz
3^a gamma:	500Hz	21000Hz
4^a gamma:	5000Hz	210000Hz

(E' ovvio che si possono prendere decisioni diverse).

Ho utilizzato, per la parte capacitiva, dei condensatori in poliestere con i seguenti valori: 330nF, 33nF, 3,3nF, 330pF e per la parte resistiva, due potenziometri doppi, rispettivamente di 100kΩ, per la sintonia grossa e di 10kΩ per la sintonia fine ad inizio gamma.

Il resistore limite R_x di 2,2kΩ è necessario per evitare la condizione di R=0 che porterebbe il generatore a funzionare su frequenze altissime e imprevedibili.

Il suo valore deriva dalla determinazione di R alla frequenza massima f_{max} della gamma adoperata.

E' quindi molto importante conoscere R_x. Ho fatto il calcolo basandomi sui valori di frequenza della prima gamma (5 – 210Hz). Lo sviluppo è il seguente:

Il rapporto tra la f_{max} e la f_{min} risulta essere:

$$\frac{f_{\max}}{f_{\min}} = \frac{210}{5} = 42;$$

Il valore potenziometrico massimo è uguale a:

$$R_{\max} = (100 + 10) \cdot 10^3 = 110K\Omega .$$

Bisogna calcolare quanto deve essere la resistenza aggiuntiva R_x per cui il generatore risuoni a 5Hz e a 210Hz.

E' facilmente dimostrabile che il rapporto tra le frequenze f_{max} e f_{min} è dato da:

$$\frac{f_{\max}}{f_{\min}} = \frac{R_{\max} + R_x}{R_{\min} + R_x}$$

Alla frequenza massima, ovviamente, si verifica che $R_{\min}=0$, perciò scrivo:

$$42 = \frac{110 \cdot 10^3 + R_x}{R_x}$$

da cui: $R_x \cdot (42 - 1) = 110 \cdot 10^3$ e quindi: $R_x = \frac{110 \cdot 10^3}{41} = 2,68 \cdot 10^3 \Omega$ approssimato per difetto al

valore commerciale di $2,2K\Omega$. Dopo aver determinato R_x , continuiamo con il calcolo di C.

La capacità C (calcolata alla f_{\max}) sarà:

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f_{\max} \cdot R_x} = \frac{1}{6,28 \cdot 210 \cdot 2,68 \cdot 10^3} = 283 \cdot 10^{-9} F$$

approssimata per eccesso al valore commerciale di $330nF$.

Con i *valori commerciali* di R e di C così scelti e introdotti nella (1):

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot RC} \tag{1}$$

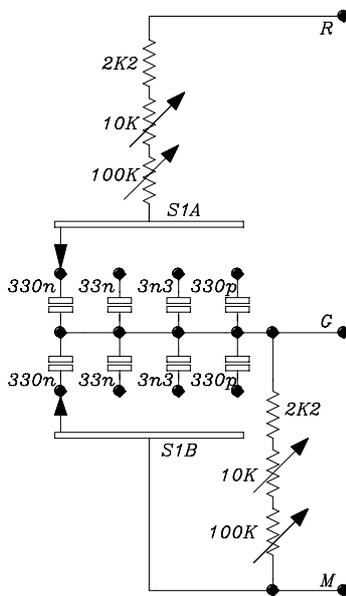


Fig.07

si ottengono le estensioni di gamma sopra previste.

Per esempio, determino il valore minimo f_{\min} della frequenza generata.

I valori di R e C già specificati sono:

$$R = (100 + 10 + 2,2) \cdot 10^3 = 112,2 \cdot 10^3 \Omega$$

$$C = 330 \cdot 10^{-9} F$$

Applicando la (1) ottengo:

$$f_{\min} = \frac{1}{6,28 \cdot 112,2 \cdot 10^3 \cdot 330 \cdot 10^{-9}} = 4,3Hz$$

Nello stesso modo determino la f_{\max} .

Si deve tener presente che ora la R è ridotta alla sola resistenza fissa ossia:

$$R = 2,2K\Omega$$

perciò:

$$f_{\max} = \frac{1}{6,28 \cdot 2,2 \cdot 10^3 \cdot 330 \cdot 10^{-9}} = 219Hz$$

I due valori ottenuti (4,3Hz e 219Hz) **comprendono sufficientemente** i limiti estremi della gamma (5Hz-210Hz) che ho imposto all'inizio. *Lo stesso procedimento vale per le gamme superiori*, sostituendo l'opportuno valore del condensatore C nell'espressione (1). E' ovvio che i valori delle C saranno dei sottomultipli decadici di 330nF. Nella Fig.07 è evidenziato il sistema di commutazione di gamma che verrà applicato all'ingresso dell'amplificatore nei punti R, G, e M (Reazione, Gate, Massa).

Collaudo e messa a punto

La messa a punto dell'oscillatore è basata essenzialmente sulla regolazione dei due trimmer P_1 e P_2 presenti sulla scheda. Il trimmer P_1 da 470Ω serve per determinare la quantità di controreazione fornita al circuito. Come già osservato, se essa è scarsa abbiamo sicuramente la produzione di oscillazioni su tutta la gamma, a scapito, però, della stabilità di frequenza e della purezza della sinusoide (tendenza all'onda quadra).

Se è elevata avremo più purezza del segnale ma probabili zone vuote nell'interno della gamma o addirittura potremmo avere autooscillazioni a rilassamento.

Quindi la taratura del trimmer P_1 presuppone molta e paziente meticolosità.

Una volta soddisfatto della taratura di P₁, sono passato alla taratura del trimmer P₂ da 10KΩ. Questo agisce sulla polarizzazione dello stadio finale e deve essere regolato per la minima distorsione del segnale in uscita.³ Al collaudo il generatore ha fornito i seguenti dati caratteristici:

Banda passante dell'amplificatore:	piatta (migliore di +/-0,1dB) da 5Hz a 200KHz
Banda utile di frequenze generate:	5Hz – 150KHz in quattro gamme.
Tensione d'uscita max dell'oscillatore:	6V _{eff} +/-0,2dB da 5Hz a 150KHz.
Distorsione del segnale:	migliore dello 0,15% da 50Hz a 150KHz.
Distorsione a 1000Hz:	migliore dello 0,08%

Questi dati sono veramente molto buoni per un oscillatore costruito con scarse attrezzature nel fondo di un garage! (il mio "laboratorio").

-----*-----

PERFEZIONAMENTO DELLO STRUMENTO

A questo punto la parte essenziale dello strumento era costituita. E avrei potuto terminare.

Però, entusiasmato da queste lusinghiere prestazioni, ho pensato di **dotare man mano** il generatore di svariati *non indispensabili ma utili* accessori per renderlo più versatile e semplice da usare.

I principali sono stati:

1) *Un lettore digitale della frequenza generata, che ha eliminato immediatamente qualsiasi marchingegno meccanico necessario per una scala, fornendo inoltre una lettura con precisione a quattro cifre.*

Nella Fig.08 è riportato il circuito utilizzato. Esso sfrutta il misuratore di frequenza integrato **74C926** a quattro cifre a cui è applicato un semplice generatore della base dei tempi che prende come frequenza campione i 50Hz della rete (la stabilità dei 50Hz di rete è accettabile). L'integrato **4518** è un divisore decadico che fornisce le frequenze di cadenza (clock) a 100c/s, a 10c/s e a 1c/s, commutabili a seconda della gamma utilizzata (1Hz per le prime due gamme, 10Hz per la terza, 100Hz per la quarta). L'integrato **40106** è costituito da sei trigger di Schmitt. Alcuni di essi servono per squadrare l'onda del segnale ed altri per creare gli impulsi di reset e di memoria per il **74C926**.

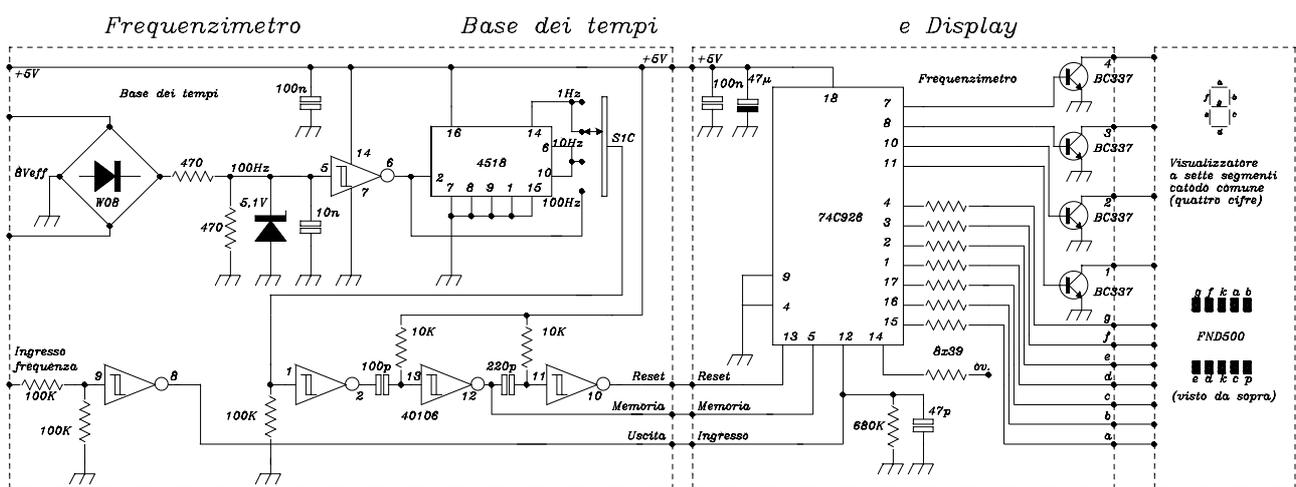


Fig.08 Lettore digitale della frequenza

³ - Sono necessari purtroppo un millivoltmetro e un distorsionometro. Io potei usufruire del millivoltmetro R.M.S. HP3400A e del distorsionometro HP334A, che erano in dotazione nel Laboratorio Misure Elettroniche dell'Istituto dove insegnavo.

Gli $8V_{eff}$ provengono dall'avvolgimento secondario del trasformatore di alimentazione adoperato per la produzione dei +5V che alimenta gli integrati TTL e CMOS.

2) **Un visualizzatore numerico della tensione d'uscita.** Questo visualizzatore mi ha tolto la difficoltà di costruire un millivoltmetro a larga banda analogico, molto difficile da realizzare bene. Lo schema di principio è disegnato nella Fig.09. Esso è costituito da un misuratore di tensione in continua formato dai classici integrati **CA3162** (convertitore analogico/digitale) e **CA3161** (pilota del visualizzatore) preceduto da un raddrizzatore lineare di precisione a doppia semionda formato dai due integrati a larga banda **LM318** e dai due diodi rivelatori **1N914**. Con questo circuito si riducono notevolmente gli errori di lettura sui valori molto bassi di tensione. Così è possibile leggere direttamente sul visualizzatore la tensione d'uscita in millivolt efficaci.

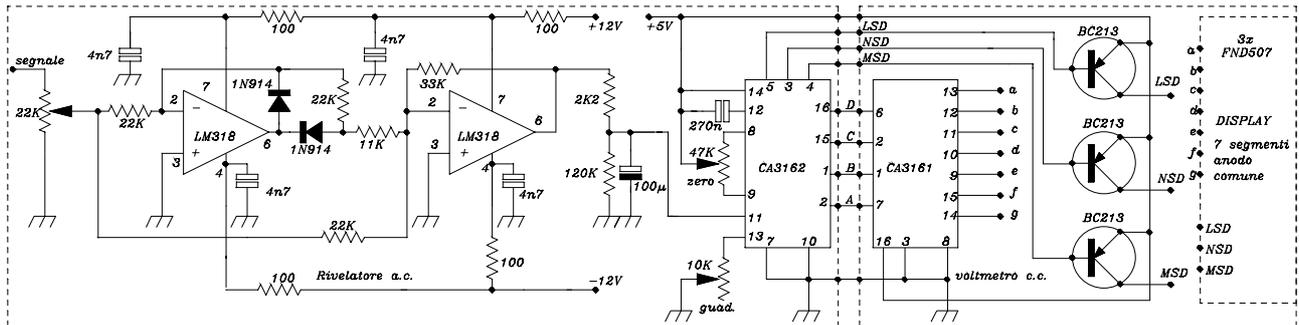


Fig.09 Voltmetro d'uscita

3) **Un'uscita ad onda quadra TTL** su bocchettone BNC posto sul retro dello strumento come segnale "optional", utile e necessario se si vuol lavorare su circuiti digitali.

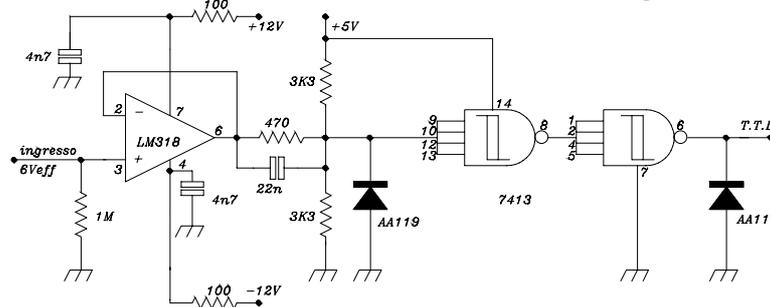


Fig.10 Circuito formatore dell'onda quadra

Il circuito adoperato è disegnato in fig.10. Esso è formato semplicemente da un inseguitore di tensione (**LM318**) che alimenta un partitore di tensione e due squadratori d'onda (**7413**). I due diodi **AA119** servono per fissare a zero la parte negativa dell'onda quadra in modo da avere un segnale T.T.L. tra zero e +5V.

4) **Uno stadio finale a larga banda con uscita a bassa impedenza.**

E' applicato all'uscita dell'oscillatore e riduce a circa $1V_{eff}$ la tensione utile in uscita, in modo da poter essere letta facilmente dal visualizzatore numerico (che visualizza fino a 999). Il circuito è un "emitter follower". (Nella versione definitiva una delle due resistenze di emettitore è stata eliminata dal circuito).

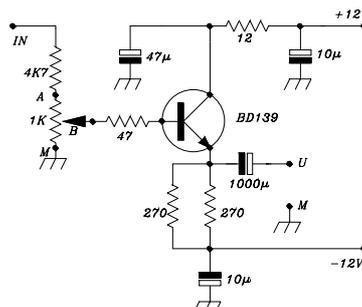


Fig.11 Stadio finale

Il potenziometro di 1K è collegato alla manopola dell'attenuazione variabile posta sul pannello frontale. La Fig.11 mostra lo schema.

5) **Un riduttore a scatti del segnale d'uscita a -20db e -40dB su 600Ω**, formato da due cellule realizzate con configurazioni a "T" ad impedenza costante. Esse servono per dividere per dieci e per cento il valore del segnale d'uscita letto sul visualizzatore.

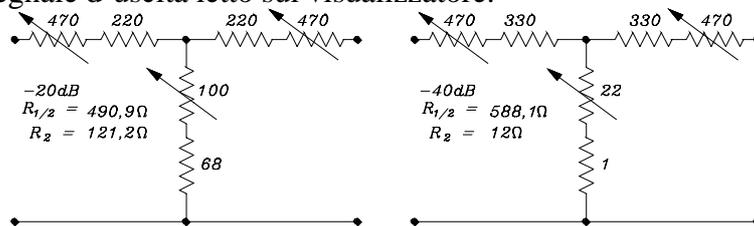


Fig.12 Cellule attenuatrici

Nella Fig.12 sono riportati tutti i valori necessari a creare le due cellule con attenuazione di -20dB e -40dB su impedenza di 600Ω. E' molto importante avere *un buon multimetro e tanta pazienza* nella taratura dei trimmer per avere delle ottime e precise cellule attenuatrici (e di conseguenza una lettura del segnale molto attendibile)⁴. I due attenuatori, collegati in cascata all'uscita dell'amplificatore finale, sono manovrati da una manopola posta sul pannello frontale, collegata al commutatore S₂ che gestisce anche il punto decimale sul display. Tutti questi circuiti sono stati costruiti a parte, testati, e poi uniti all'oscillatore in un contenitore a disposizione.

SCHEMA A BLOCCHI DEL GENERATORE B.F.

Per una maggiore chiarezza delle unioni tra i vari circuiti, in Fig.13 ho riportato lo schema a blocchi dell'intero generatore, con tutti i collegamenti essenziali.

Si osservano i seguenti blocchi importanti:

- 1) **Oscillatore.**
- 2) **Stadio Finale.**
- 3) **Base dei Tempi e visualizzatore.**
- 4) **Voltmetro digitale e attenuatore.**
- 5) **Convertitore Sinusoide-TTL.**
- 6) **Alimentatore.**

Si può notare come il commutatore S₁ gestisca contemporaneamente la gamma, la base dei tempi, il punto decimale sul display e i due led sul pannello frontale che indicano la portata in Hz o in KHz. Il commutatore S₂, invece, gestisce la portata e la posizione del punto sul voltmetro. Perciò il commutatore di gamma S₁ deve essere a 5 vie e 4 posizioni e il commutatore di portata S₂ deve essere a 3 vie e 3 posizioni.

Il trasformatore di alimentazione, purtroppo, è stato costruito nel mio laboratorio e non è perciò commerciale. Comunque i suoi dati sono, per qualche interessato:

Lamierini:	ferro-silicio EI L25.
Cartoccio:	25x30mm.
Spire/volt:	6
Primario (220V):	1320sp. filo smaltato 0,23mm.
Secondari:	
N°1 (20V+20V):	120+120 sp. filo smaltato 0,35mm avvolte in bifilare.
N°2 (8V):	48sp. filo smaltato 0,85mm

E' ovvio dire che si possono utilizzare un diverso trasformatore e un diverso circuito di alimentazione. Infatti di questa sezione no ho fornito i disegni dei circuiti stampati.

⁴ - Chi vuole approfondire il metodo per calcolare le cellule attenuatrici può consultare l'articolo "Calcolo degli attenuatori" nella sezione "Tecnica" sul sito "Le radio di Sophie".

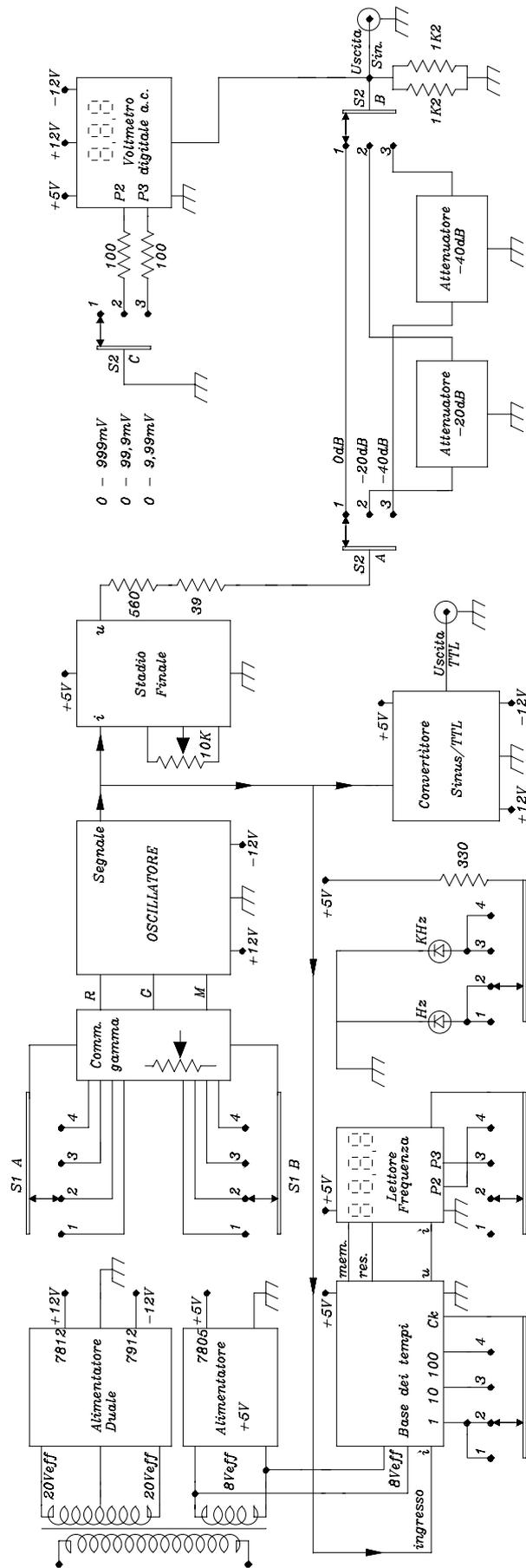
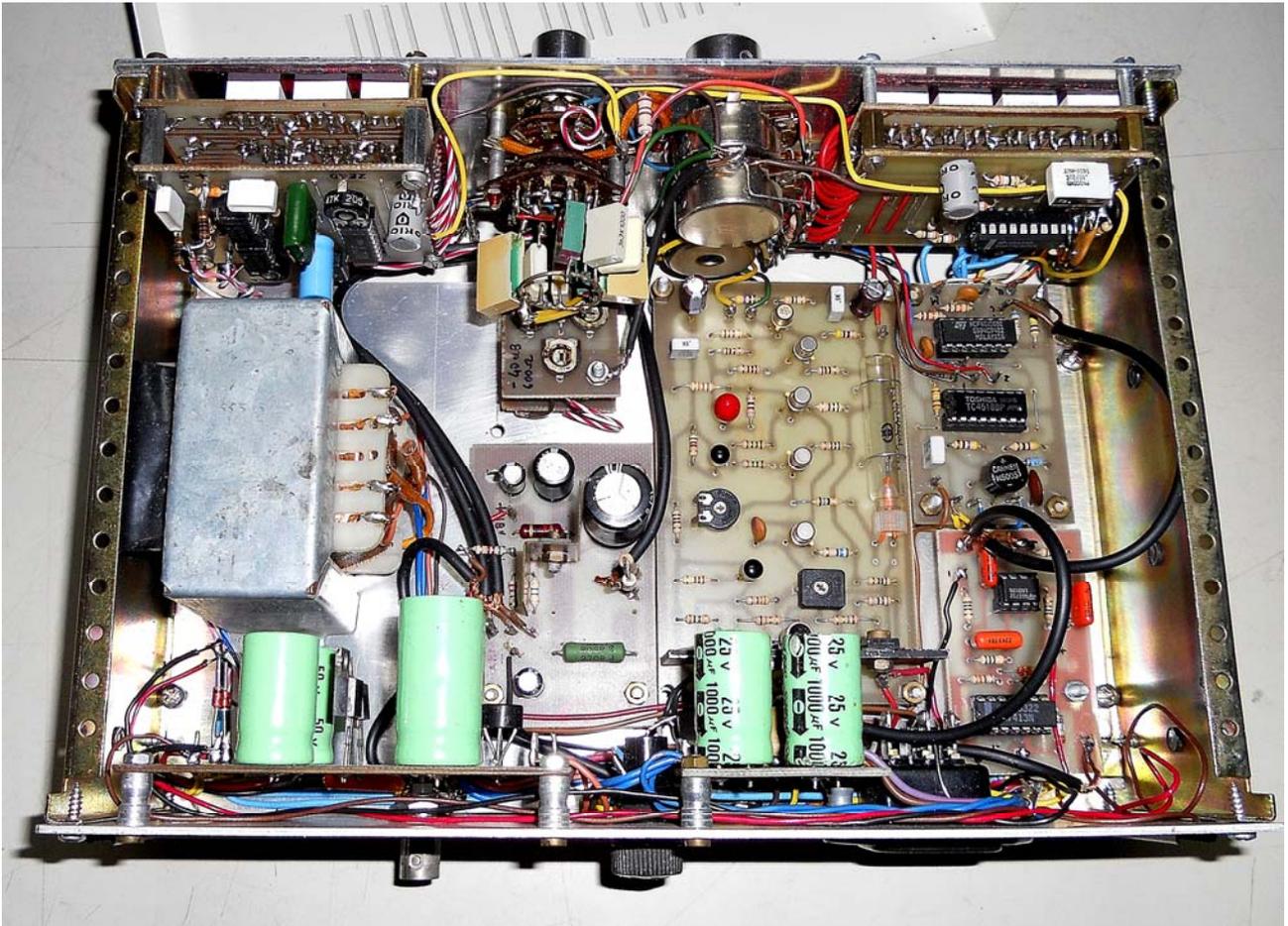


Fig.13 Schema a blocchi del generatore

Le foto che seguono mostrano l'interno del generatore.

Descrivo, attraverso le immagini, la struttura del generatore e l'assemblaggio dei componenti.

Ho utilizzato un contenitore già in mio possesso, perciò ho dovuto adattare la circuiteria allo spazio disponibile. Appare subito evidente la notevole densità di circuiti all'interno del contenitore e si può quindi capire quale sia stata la difficoltà di costruzione dello strumento ed arguire quanto tempo ho dovuto dedicare al suo montaggio (a volte accompagnato da alcune imprecazioni. Se avverrà un guasto in questa circuiteria così concentrata saranno guai miei).



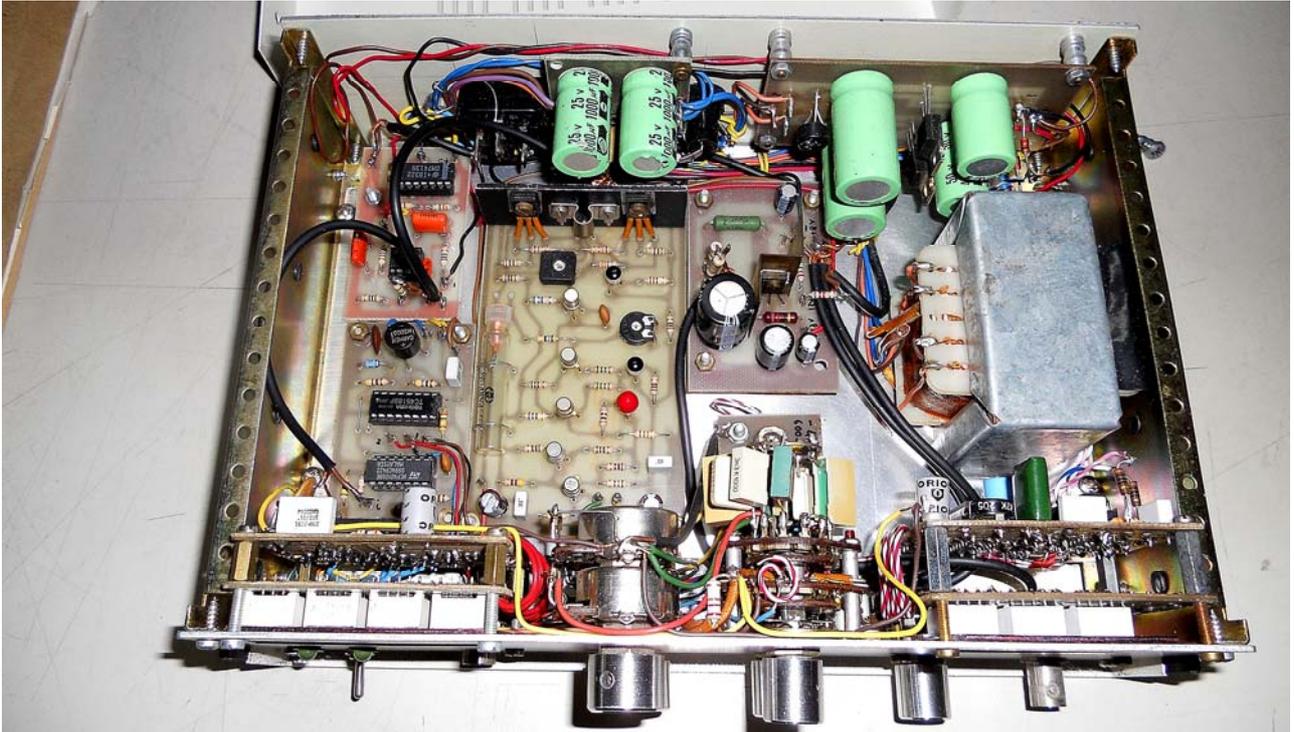
1)

Foto (1). In alto sono visibili i visualizzatori della tensione (a sinistra) e della frequenza (a destra) del segnale generato. In alto, al centro, si notano i potenziometri doppi di sintonia grossa e fine con a fianco i commutatori di gamma e di attenuazione (uno sotto l'altro).

Al centro del contenitore si vede la piastra grande dell'oscillatore e, alla sua sinistra, l'amplificatore finale, in cui vi è una sola resistenza di emettitore da 270Ω 3W.

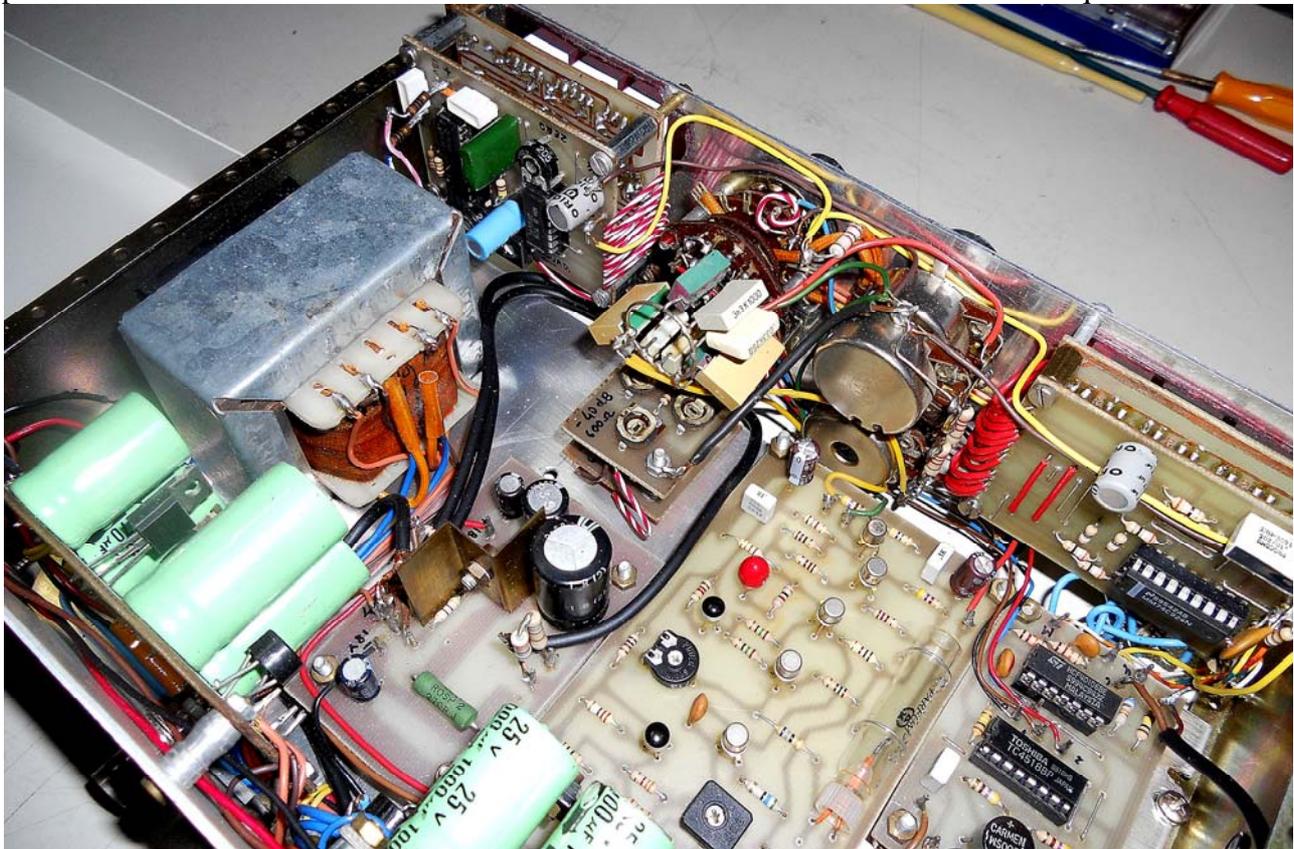
In basso, a sinistra sul pannello posteriore, si intravede l'uscita T.T.L su un bocchettone BNC. Sul pannello posteriore sono anche montati i due circuiti degli alimentatori. Si può apprezzare l'utilizzo dei "cappuccetti" delle candele per motore a scoppio come ottimi e convenienti distanziatori.

Non fornirò gli schemi e i disegni delle piastre degli alimentatori perché sono semplici e dipendono dal trasformatore adoperato. Chiunque può realizzarli come vuole ed anche in base al materiale a disposizione (per esempio, utilizzando due trasformatori separati).



2)

Foto (2) A destra è ben visibile il trasformatore d'alimentazione, in basso la doppia piastra del voltmetro digitale. A sinistra, in basso, la doppia piastra del frequenzimetro, poi, più sopra, la base dei tempi e, infine, il convertitore Sin./T.T.L. In alto, sul pannello posteriore, i due alimentatori: a destra il duale (+/-12V) con gli integrati **7812** e **7912**, al centro il +5V con l'integrato **7805**. Con un po' di attenzione si riesce a vedere la bocchetta entro cui è infilata la N.T.C. che è quasi invisibile.



3)

La Fig.14 implementa il circuito della base dei tempi, il cui schema è riportato nella prima parte tratteggiata di Fig.08. La Fig.15 implementa il convertitore Sinusoide/T.T.L, il cui schema è riportato in Fig.10. La Fig.16 è la realizzazione del circuito finale con BD139 ad uscita di emettitore (schema di Fig.11).

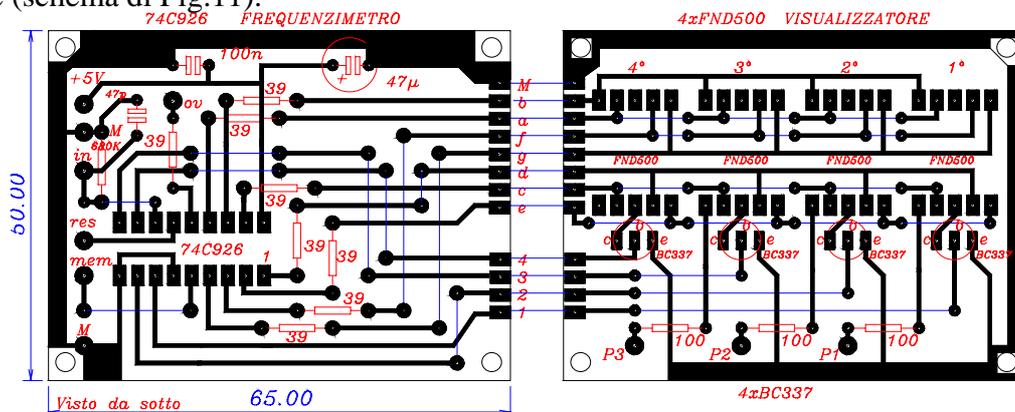


Fig.17 Freqenzimetro

La Fig.17 riporta le trame del frequenzimetro e del relativo visualizzatore, realizzate su due piastre che, nel montaggio, risulteranno collegate tra loro con 8+4 conduttori e sovrapposte a libro con una rotazione imperniata sui fili di collegamento, sufficientemente lunghi per permettere la sovrapposizione. Lo schema del frequenzimetro è riportato nel secondo e terzo riquadro tratteggiato di Fig.08.

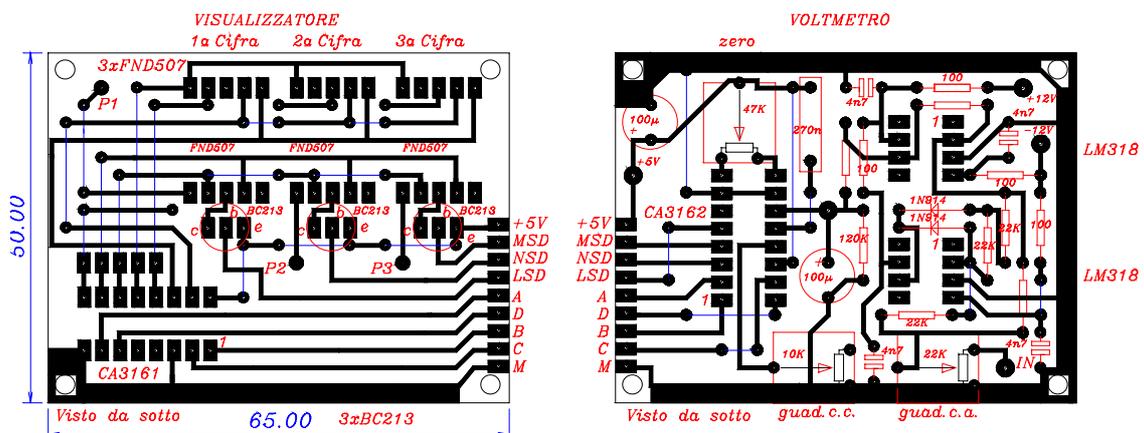


Fig.18 Voltmetro A.C.

Nella Fig.18 sono riportate le due piastre che realizzano il voltmetro in alternata e il corrispettivo visualizzatore (schema in Fig.09). Queste piastre saranno collegate tra loro mediante 9 conduttori e montate l'una sull'altra con lo stesso sistema di Fig.17.

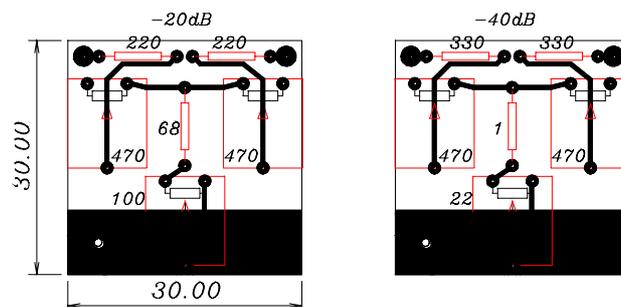


Fig.19 Attenuatori -20dB e -40dB

Infine in Fig.19 sono mostrate le due piastrine degli attenuatori dei $-20dB$ e dei $-40dB$ con i rispettivi valori delle resistenze e dei trimmer (il loro schema è in Fig.12). Esse saranno collegate tramite il commutatore di portata S_2 secondo lo schema a blocchi di Fig.17.

In tutte le trame le linee blu rappresentano la filatura di collegamento dal lato dei componenti, necessaria poiché non si è fatto uso di piastre a doppia faccia.

E' bene porre molta attenzione alle diciture "**visto da sopra**" cioè dal lato dei componenti e "**visto da sotto**" cioè dal lato delle piste, altrimenti si corre il rischio di costruire circuiti stampati alla rovescia.

Comunque ognuno può fare i suoi disegni con le risorse che ha e come meglio crede, abbandonando magari la tecnologia di vent'anni fa ed adoperando quella attuale.

----*----

Concludendo, mi accorgo ora e devo ammettere di aver descritto il mio lavoro in un articolo eccessivamente lungo. Del resto doveva pur rappresentare un'attività che è stata altrettanto lunga e impegnativa con momenti di soddisfazione ma anche con momenti di sconforto e di stasi seguiti qualche volta anche da idee di abbandono. (E' facile teorizzare, ma la pratica è un altro conto... e quanto insegna!). Ciò nonostante mi sembra piuttosto di essere stato addirittura poco chiaro e superficiale nella descrizione di alcune parti.

Ritengo comunque che in fondo questo scritto abbia una qualche utilità generale perché fornisce, insieme allo studio di un oscillatore, anche l'occasione per portare avanti diversi schemi particolari di servizio come le basi dei tempi, i visualizzatori di frequenza e di tensione e così via, che potrebbero essere associati eventualmente anche ad altri circuiti.

Devo anche giustificare perché sul pannello dello strumento vi è scritto 5Hz-150KHz e non 5Hz-210KHz. L'ultimo valore (210KHz) non è stato raggiunto. Probabilmente il valore effettivo del condensatore di 330pF non è quello nominale, oppure non ho tenuto nel debito conto le capacità parassite. Ma non ho indagato oltre perché ero ormai appagato, saturo e stanco e mi erano più che sufficienti i 150KHz!

Questo è tutto. Buon lavoro a chi interessa.

Maggio 2013

Ing. Nicola del Ciotto