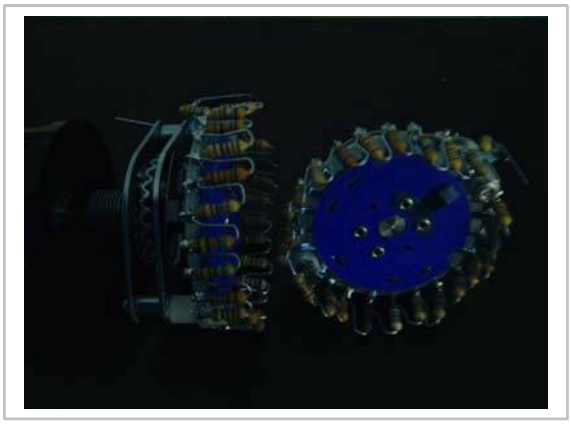
SCATTENUO, un attenuatore a scatti HI-FUN

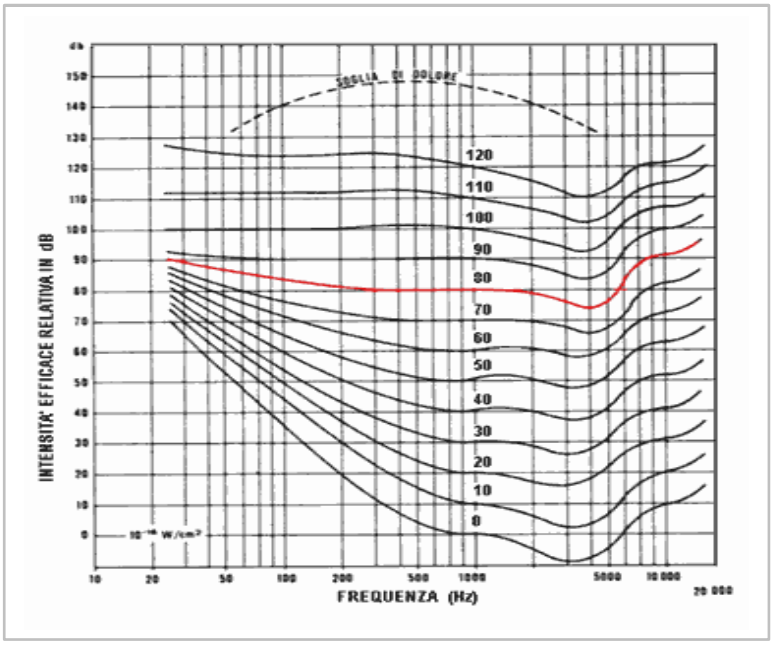
P. Lovati (Costo indicativo 16 euro cad)



Un componente ineludibile di qualsiasi impianto audio è il controllo di volume. Passati di moda i controlli di toni, sostituiti dalla sostituzione selvaggia di componenti, eliminati dai puristi anche i controlli di bilanciamento, anche chi dispone di una sala insonorizzata ha necessità di un mezzo per regolare il volume di ascolto. Non fosse altro che per il diverso livello a cui sono incisi i dischi, se non per il rumore di fondo dell'ambiente.
Il primo e più diffuso mezzo di regolazione del volume è il potenziometro.
Per utilizzo audio quest'ultimo deve avere almeno due caratteristiche: un ottimo cursore a prova di interruzioni durante la corsa (per non causare quello che con voce comprensibilissima gli anglosassoni chiamano scratch) e un incremento di partizione di resistenza di tipo logaritmico. Con questo termine si intende un potenziometro la cui attenuazione sia "lineare in dB", vale a dire che la sua curva di attenuazione sia esponenziale con la rotazione del cursore. A due uguali frazioni di giro deve corrispondere un uguale rapporto tra le attenuazioni.

La ragione di questa richiesta è legata al comportamento dell'orecchio umano, per il quale un incremento di volume percepito è proporzionale al logaritmo della potenza sonora. Per lavorare comodamente con queste grandezze, scomode da trattare con la comune algebra, gli ingeneri usano come unità corrente di calcolo il deciBel (dB). Un decibel esprime sempre un rapporto tra grandezze omogenee (per esempio due tensioni) e vale 20 volte il logaritmo in base 10 della grandezza espressa in forma 'normale'. In questa trattazione basta sapere che un raddoppio della potenza corrisponde ad un incremento di 3dB e che la minima variazione di volume percepibile è dello stesso ordine di grandezza, nella banda di frequenze corrispondente alla voce umana.

La sensibilità dell'orecchio varia infatti anche in base alla frequenza. Un famoso grafico, dovuto a Fletcher ha misurato la soglia di uguale volume percepito in funzione della frequenza per una gran numero di ascoltatori. Il risultato è il seguente grafico:



La linea rossa indica il livello di pressione sonora di 80dB, ritenuti un valore di normale ascolto domestico

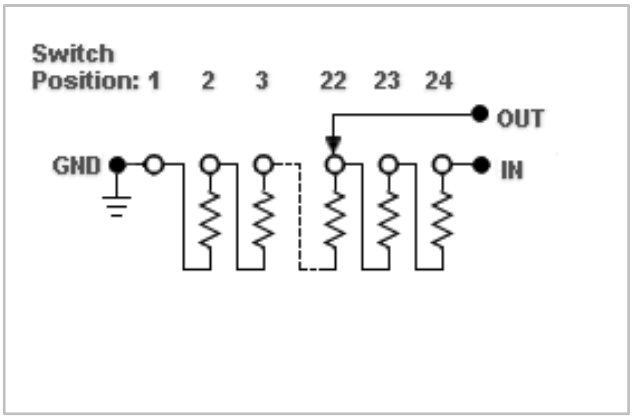
A bassi volumi, il segnale musicale viene generalmente sovrastato dal rumore di sottofondo sempre presente in un normale ambiente di ascolto.
Un rumore di fondo medio si attesta intorno ai 30-40dB, 20dB nelle notti veramente silenziose.
La dinamica utile è quindi pari a 80-20=60dB. Il nostro attenuatore dovrà permettere un attenuazione di 60dB. Più di questo servirebbe a poco, dato che il rumore di fondo sovrasterebbe tutto.

© Audiofaidate.it 2005- 2010

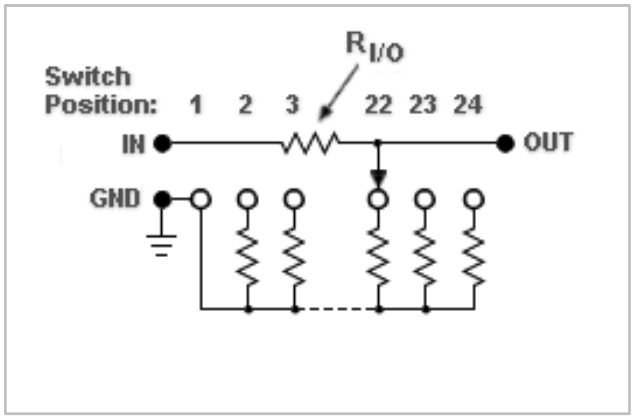
Per lo stesso motivo una regolazione di volume molto fitta a bassissimi livelli avrà poche occasioni di essere apprezzata. Il nostro attenuatore ideale per il controllo del volume deve quindi presentare una attenuazione massima di 60dB, una regolazione che permetta di dosare incrementi di circa 3dB, più grossolana a bassi livelli, assenza di contatti rumorosi, curva di risposta lineare in dB, un buon tracking tra i canali se stereo. Quest'ultimo requisito evita che l'immagine stereofonica dipenda dal livello di volume. Una regolazione di volume in altre parole deve regolare il solo volume e non il bilanciamento.

Potenziometri audio di ottima qualità esistono e sono ampiamente utilizzati. Il costo però di componenti di qualità indiscutibile viene ad essere tale da rendere conveniente pensare ad un attenuatore a scatti. Questo non è altro che la versione discretizzata di un potenziometro dove il cursore strisciante è sostituito da una serie di contatti fissi facenti capo ad un contatto centrale. I vantaggi rispetto al potenziometro sono l'assenza di degrado dovuto alla rotazione del cursore sullo strato conduttivo, la ripetibilità delle posizioni, la migliore qualità del contatto elettrico, la possibilità di usare diversi elementi resistivi. A sfavore il limitato numero di posizioni disponibili: se 12 posizioni sono comuni, 24 un po' meno e 40 rare e costose. Per attenuare 60dB con intervalli di max 3dB servono almeno 20 posizioni, quindi bisognerà a malincuore ricorrere ad un selettore a 24 posizioni.
Ora si pone il problema se sia meglio pensare una realizzazione stereo cioè un solo movimento del cursore muove entrambi i canali oppure dual mono, dove ogni canale ha la possibilità di essere regolato indipendentemente. Tra le due possibilità, seppure più scomoda da utilizzare abbiamo scelto la seconda perché più flessibile. Infatti un controllo dual mono si adatta anche ai monoblocchi mono e permette una regolazione di bilanciamento. La scomodità effettiva della regolazione è compensata dall'aspetto molto esoterico di questa operazione. In fondo, per esempio, il vinile piace anche per i gesti che costringe a fare…

Le versioni più semplici di attenuatori a scatti, scartando attenuatori ladder che richiedono selettori a più vie e complicano la realizzazione facendo crescere il costo, sono le due seguenti:



Attenuatore serie (series)



Attenuatore parallelo (shunt)

Il primo, di tipo serie, ha il vantaggio di avere resistenza di ingresso costante, anche se come contropartita richiede resistenze di precisione perché le tolleranze si sommano nella serie. Il tipo parallelo per contro ha una resistenza di ingresso variabile con la posizione anche se va detto che tale variazione è rilevante solo per attenuazioni alte.
Scegliamo il primo tipo, serie, per le ragioni esposte.

Quanto deve valere la impedenza di ingresso? Un attenuatore passivo influisce sempre sul circuito nel quale si trova ad agire perché la sua impedenza combinata alle capacità dei cavi e le impedenze di uscita della sorgente e di ingresso dell'ampli crea un filtro passa basso. La frequenza di taglio di questo filtro varia con il variare della posizione del cursore. Si veda a questo proposito il sito della danese DACT dal quale è possibile scaricare con un foglio Excel che permette facilmente di calcolare questa influenza. (http://www.dact.com/html/ac_calculator.html).

 © Audiofaidate.it 2005-2010

Giocando un po'con questo foglio di calcolo, si vede come la scelta di un valore troppo alto (>100kohm) per la resistenza complessiva dell'attenuatore limita la banda anche a meno di 20kHz già con poche centinaia di pF di ingresso. Inoltre alta impedenza significa più rumore perché il rumore termico è proporzionale al valore della resistenza. Un valore troppo basso d'altra parte carica troppo la sorgente che potrebbe non gradire e rende di piccolo valore le resistenze più basse del partitore. Si tenga presente che sotto i 10ohm è difficile trovare resistenze di precisione e qualità sufficiente. Un buon compromesso tra le due opposte esigenze è un valore di 50kohm.
Stabilita attenuazione (60dB), valore di resistenza di ingresso (50kohm) nonché il numero di posizioni (24) possiamo precedere al calcolo dei valori delle resistenze.
Fare il dimensionamento di un attenuatore serie a mano è abbastanza poco Hi-Fun, perché il valore di attenuazione di un step dipende dalla somma di tutti gli step precedenti. Fortunatamente in rete è disponibile un altro eccellente foglio Excel che permette di ridurre gli sforzi (http://www.platenspeler.com).
Usando come parametro libero la resistenza totale per ottenere il meglio in termini di scostamento dalla retta ideale utilizzando valori standard di resistenza si ha:

# Pin Da	Pin A	dB Step	dB attn	Resistenza Calcolata	Resistenza E96 std 1%	dB attenuazione Effettivi	Differenza
1 GND	1		-60,00	51	49,9	-60,14	
2 1 2		6	-54,00	50	49,9	-54,12	-0,12
3 2 3		6	-48,00	101	100,0	-48,09	-0,09
4 3 4		3	-45,00	83	82,5	-45,08	-0,08
5 4 5		3	-42,00	118	118,0	-42,05	-0,05
6 5 6		3	-39,00	166	162,0	-39,10	-0,10
7 6 7		3	-36,00	235	237,0	-36,04	-0,04
8 7 8		3	-33,00	331	332,0	-33,03	-0,03
9 8 9		3	-30,00	468	464,0	-30,04	-0,04
# 9 10		2	-28,00	415	390,0	-28,14	-0,14
# 10 11		2	-26,00	523	523,0	-26,11	-0,11
# 11 12		2	-24,00	658	665,0	-24,07	-0,07
# 12 13		2	-22,00	828	825,0	-22,06	-0,06
# 13 14		2	-20,00	1.043	1.000,0	-20,12	-0,12
# 14 15		2	-18,00	1.313	1.270,0	-18,16	-0,16
# 15 16		2	-16,00	1.653	1.650,0	-16,13	-0,13
# 16 17		2	-14,00	2.081	2.100,0	-14,08	-0,08
# 17 18		2	-12,00	2.619	2.600,0	-12,08	-0,08
# 18 19		2	-10,00	3.297	3.320,0	-10,05	-0,05
# 19 20		2	-8,00	4.151	4.120,0	-8,05	-0,05
# 20 21		2	-6,00	5.226	5.230,0	-6,04	-0,04
# 21 22		2	-4,00	6.579	6.650,0	-4,01	-0,01
# 22 23		2	-2,00	8.283	8.250,0	-2,02	-0,02
# 23 24		2	0,00	10.428	10.500,0	0,00	0,00
Totali		60			50.688	MAX	-0,16

Si noterà che abbiamo scelto delle resistenza con tolleranza del 1%, non propriamente di precisione spinta e certamente non hi-end. La ragione di ciò, costo a parte, è da ricercare nel fatto che le tolleranze si compongono gaussianamente. Su 24 resistori al 1% la tolleranza totale incide per poco meno di 5%. Si consideri che un dB espresso come rapporto vale circa 1,12, cioè il 12% contro il 5%.
Lo scostamento massimo dalla retta di attenuazione ideale è di 0,16dB, più che ragionevole considerando che prodotti hi-end danno +/- 0,1dB di scostamento a specifica. Inoltre, la caratteristica più importante della precisione assoluta è il buon matching tra i due canali. Volendo esagerare è anche possibile selezionare le resistenze a due a due mediante un ponte di Wheatstone (i normali tester non sono abbastanza precisi per quest'impiego).

© Audiofaidate.it 2005-2010

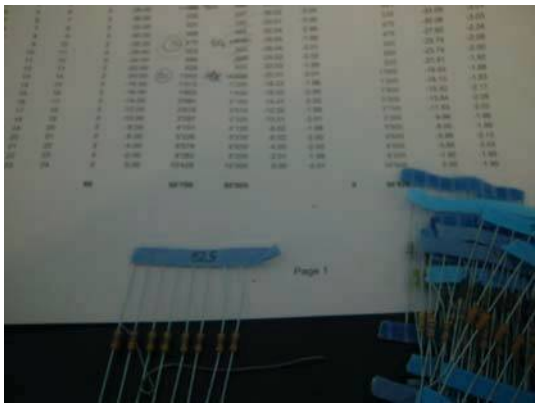
Come tipo, c'è poca scelta, le uniche resistenze all' 1% disponibili comunemente sono quelle a strato metallico, di ottima qualità peraltro e costi molto contenuti. Sconsigliabili per questa applicazione i componenti d'annata, che sono stati decenni in magazzini umidi e non sono certamente né stabili né accurati né tantomeno economici.
La scelta degli step è critica e la abbiamo verificata con un prototipo e diversi tipi di diffusori da 82 a 98 dB di sensibilità, che coprono il 90% del range di sensibilità di quanto disponibile. La regolazione di volume con questi step si è dimostrata essere valida con i diversi diffusori e in diversi momenti della giornata. I 2dB di step sono fin troppo fini, mentre se ascoltate abitualmente a volumi molto bassi, potrebbe essere meglio fare gli ultimi passi più ravvicinati, ad esempio invece che 6dB magari 4dB e gli altri passi da 3dB. In questo caso dovrete ricalcolarvi le resistenze cercando di ottenere valori standard disponibili.

Veniamo finalmente alla parte pratica:
materiale

procuratevi due selettori 24 posizioni una via del tipo cortocircuitante (vale a dire che il contatto centrale non resta mai appeso durante la selezione ma almeno un contatto è sempre in presa) e la serie di resistenze riportata sopra. Come selettori noi abbiamo usato dei Palazzo, ottimo prodotti italiani a prezzi interessanti. Costano sugli 8/10 euro l'uno. L'intero set di resistenze, in strisce da 10 per valore è costato 18 euro. Vale la pena prenderne qualcuna in più in caso sia necessario rifare qualche connessione, non 10 magari ma il doppio di quanto serve è una buona regola, considerato il costo abbordabilissimo.
Le resistenze possono essere da 1/8 W se le trovate oppure anche le più comuni 1/4 W

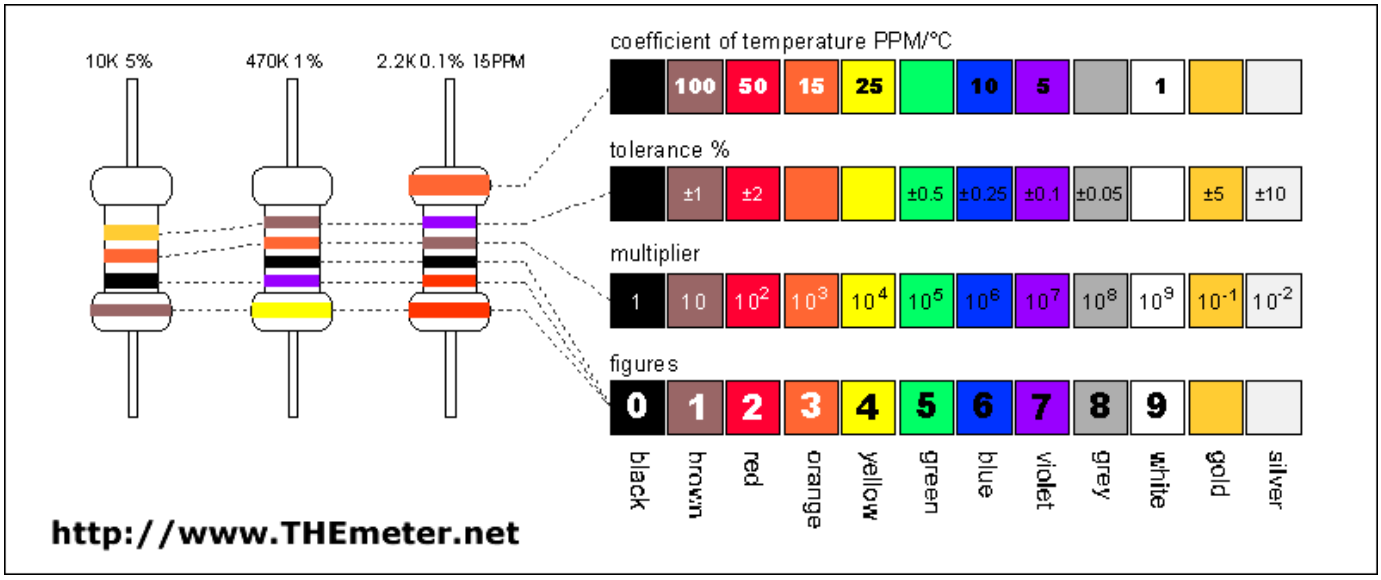
E' molto consigliabile farsi scrivere il valore sulla banda di carta che le tiene unite, perché il codice a 5 colori non è di immediata lettura. Un tester aiuta molto nell'individuare il valore e per verificare che non ci siano corti e interruzioni.

Lavorate tenendo al tabella con i valori e l'ordine delle resistenze riportato sopra in evidenza, mano a mano che saldate i componenti spuntateli dalla lista. E' un lavoro noioso che richiede però una certa attenzione pena il rischio di dover rifare gran parte delle saldature.

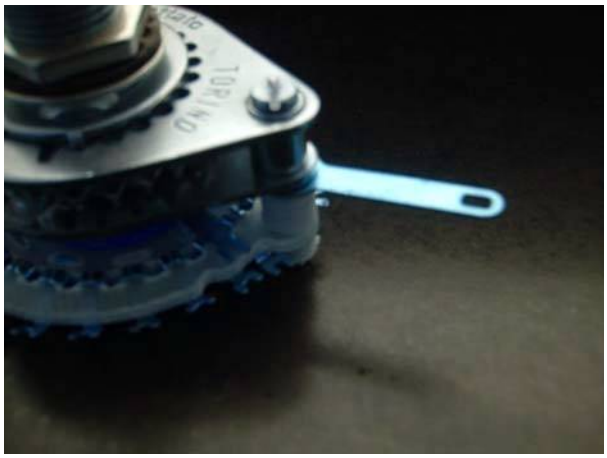


© Audiofaidate.it 2005-2010

Come riferimento ecco la tavola per leggere il,codice colori delle resistenze. Le nostre saranno come quella raffigurata in centro, con 5 bande colorate.



La prima operazione da fare è quella di inserire una paglietta di massa sfruttando una delle due viti laterali. Si smonterà con attenzione una delle due colonnine, prestando attenzione a non smontare tutto, si inserisce una paglietta a contatto con il corpo metallico dell'attenuatore, fissandola con le stessa vite di prima. A lavoro effettuato il nostro selettore si presenterà come da foto seguente:

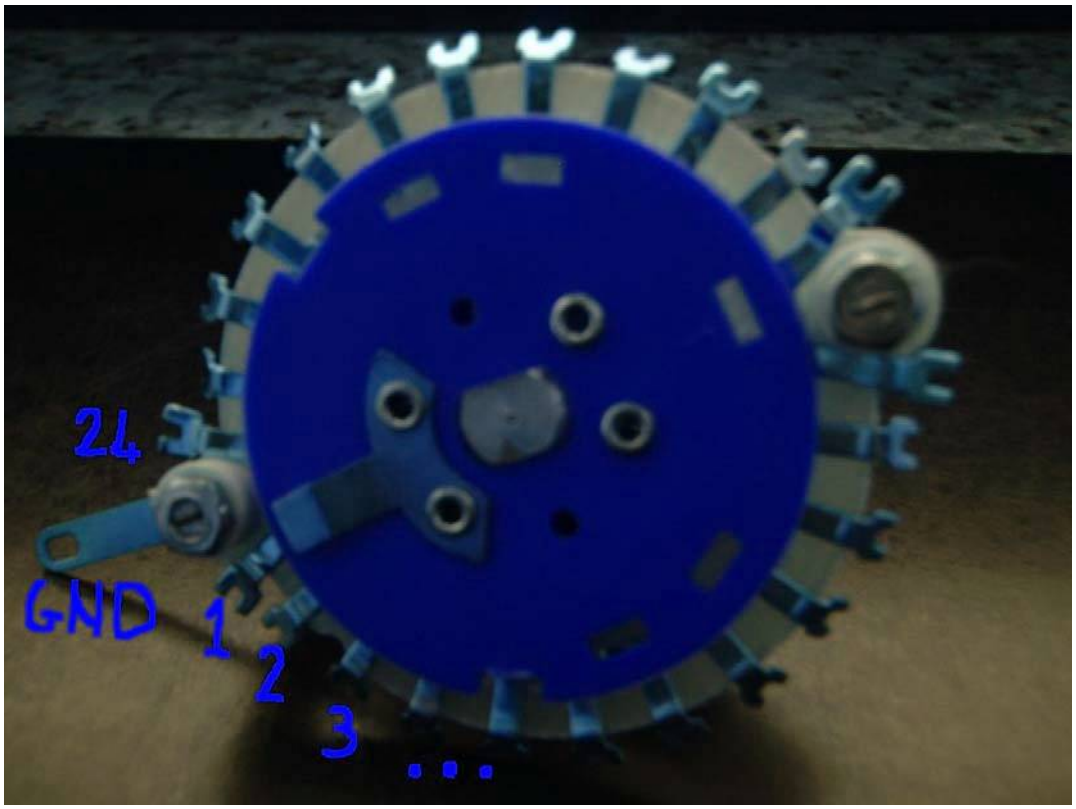


© Audiofaidate.it 2005 -2010

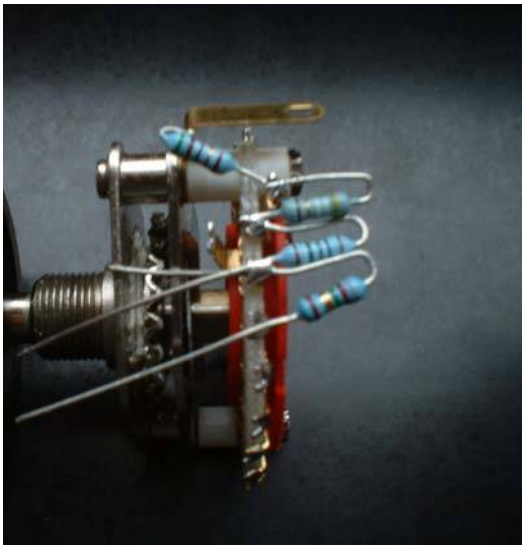
La linguetta verrà piegata a 90 gradi come da foto a fianco. Questo terminale costituisce la massa, dove verranno saldate le calze dei cavetti schermati del segnale. La connessione con il corpo metallico dell'attenuatore dovrà essere ben salda e con una ottimo contato elettrico. In caso di dubbio saldare.

Questo tipo di collegamento tra massa e corpo metallico è sicuramente da fare in caso il selettore venga montato su supporto isolante e la manopola sia metallica. Se pensate di montare l'attenuatore direttamente attraverso lo chassis a massa, valutare se tenere questo terminale isolato dal corpo.

Bisogna procedere avendo in mente una numerazione ideale dei contatti, partendo dalla posizione di volume minimo, si avrà una situazione come la seguente:



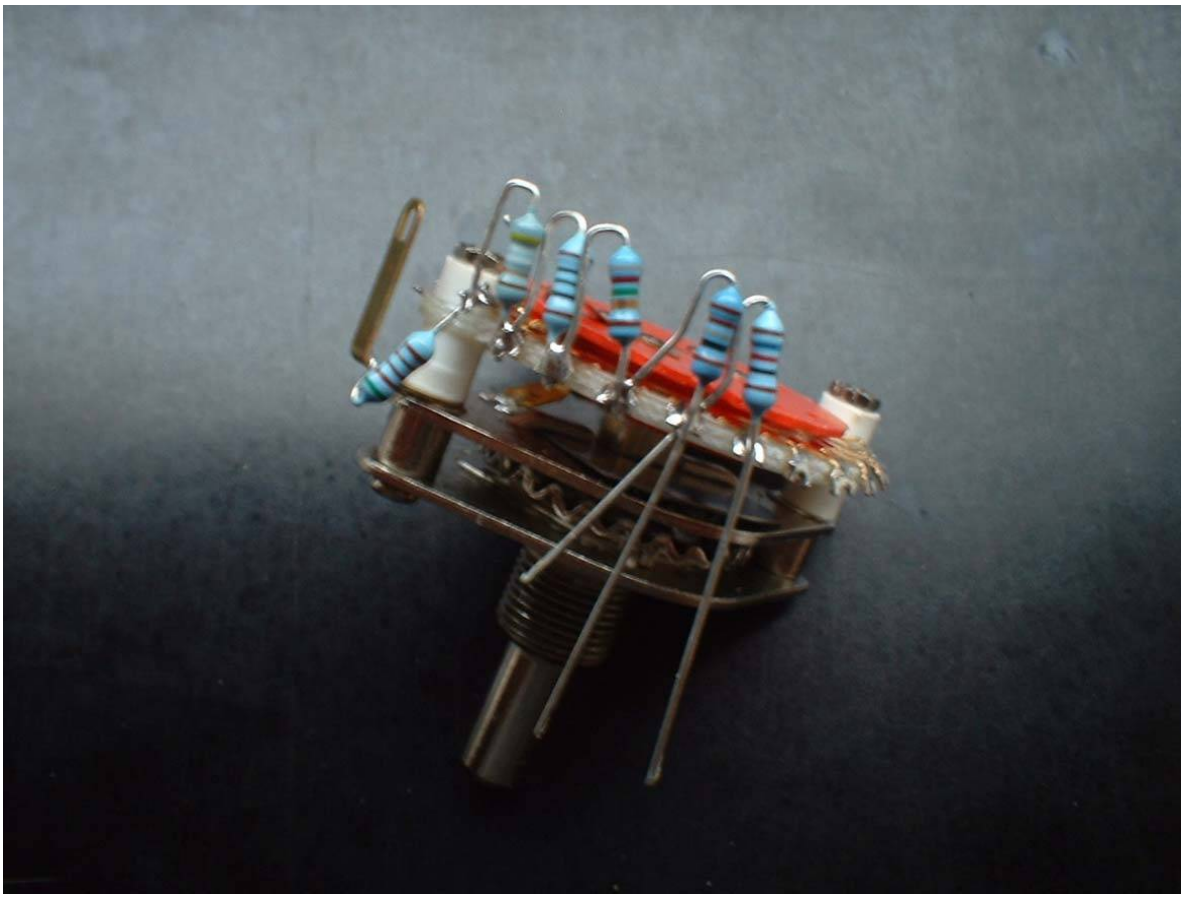
La prima resistenza andrà connessa tra il terminale di massa e il pin 1, le altre in successione tra pin 1 e 2, 2 e 3 e così via. Si lavora meglio se si lascia un terminale della resistenza da saldare piuttosto lungo. Ciò permette aggiustamenti successivi man mano che si saldano le altre resistenze.



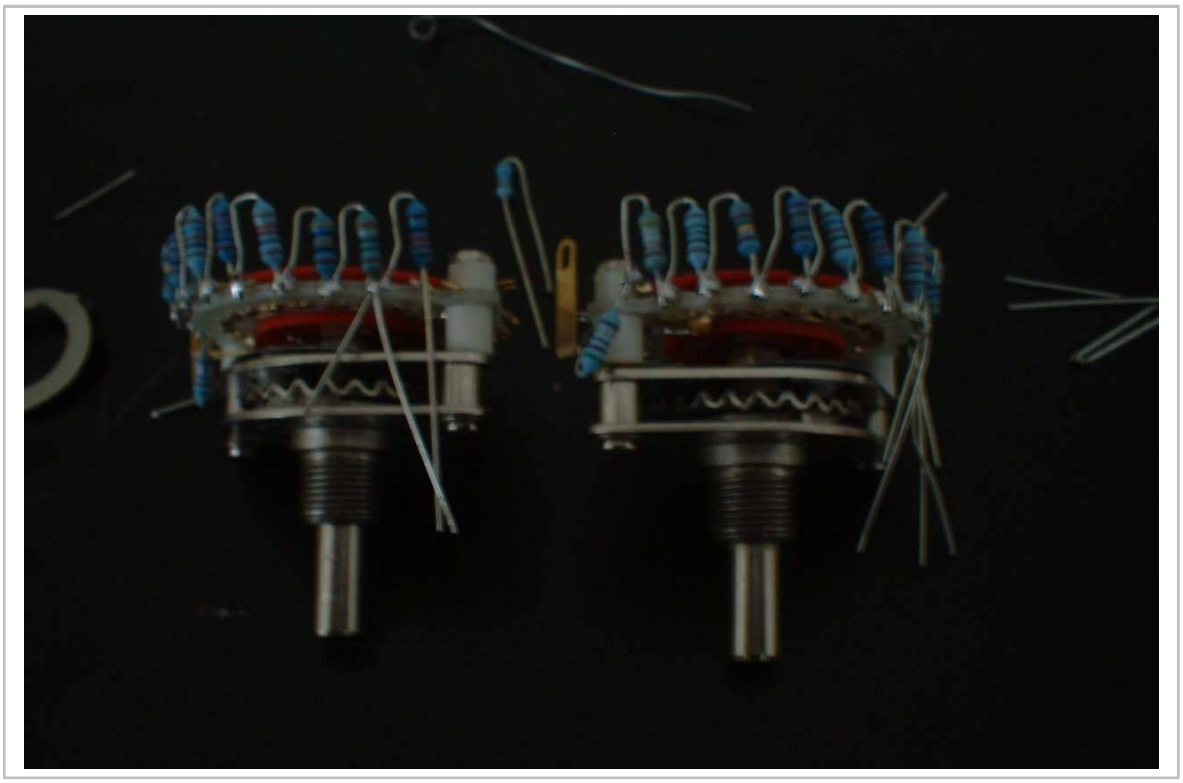
Le saldature devono essere ben fatte, non c'è pericolo di sciogliere niente e il saldatore va tenuto appoggiato un tempo sufficiente a scaldare bene il terminare ed i reofori prima di appoggiare lo stagno.
Se le saldature non sono ben fatte a poco serve la resistenza esoterica…

© Audiofaidate.it 2005-2010

Un'altra vista dei lavori in corso:

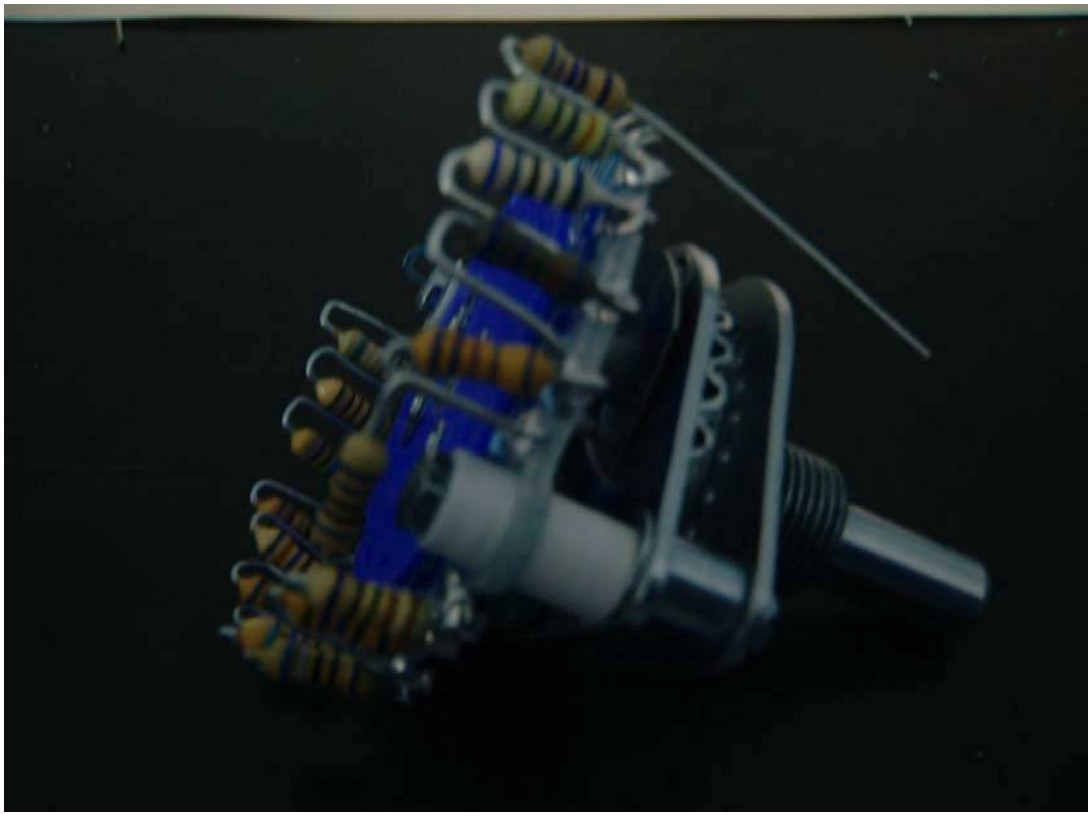


Conviene lavorare sui due selettori contemporaneamente, per velocizzare le operazioni di montaggio e di selezione della resistenza giusta. Mano a mano che si procede, si taglieranno i terminali delle resistenze precedentemente saldate:

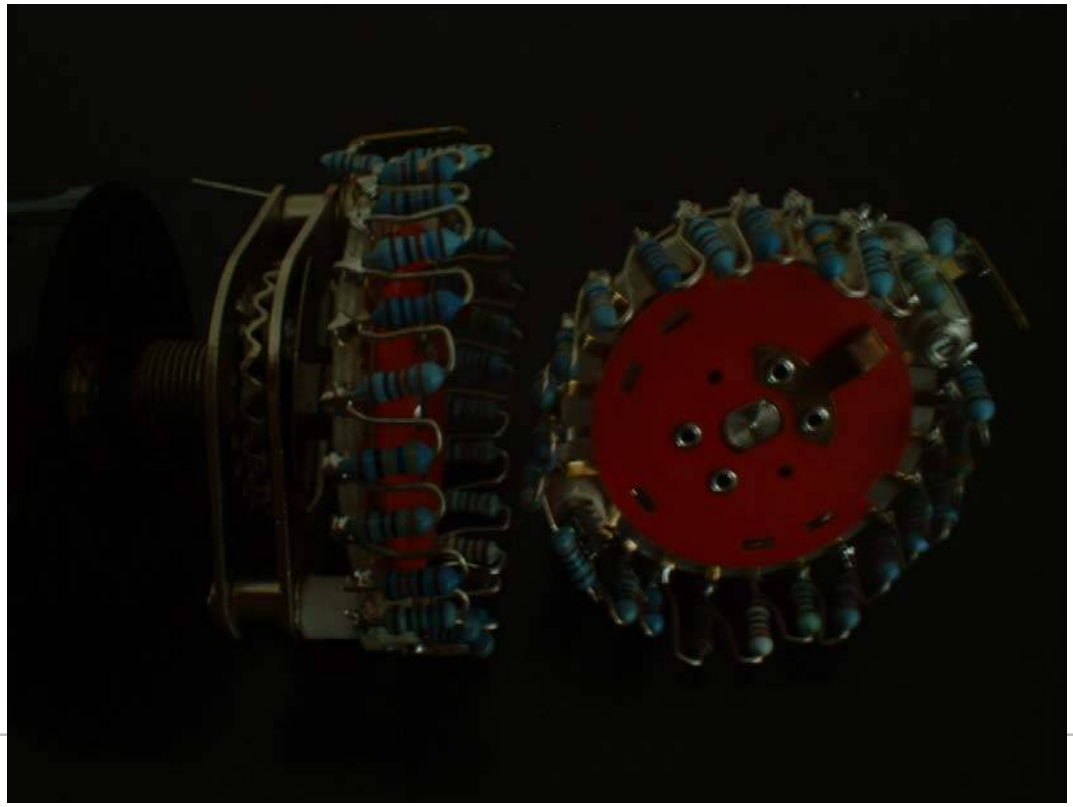


© Audiofaidate.it 2005-2010

Tra i terminali 12 e 13 la resistenza andrà montata diversamente per via della presenza della torretta di fissaggio:

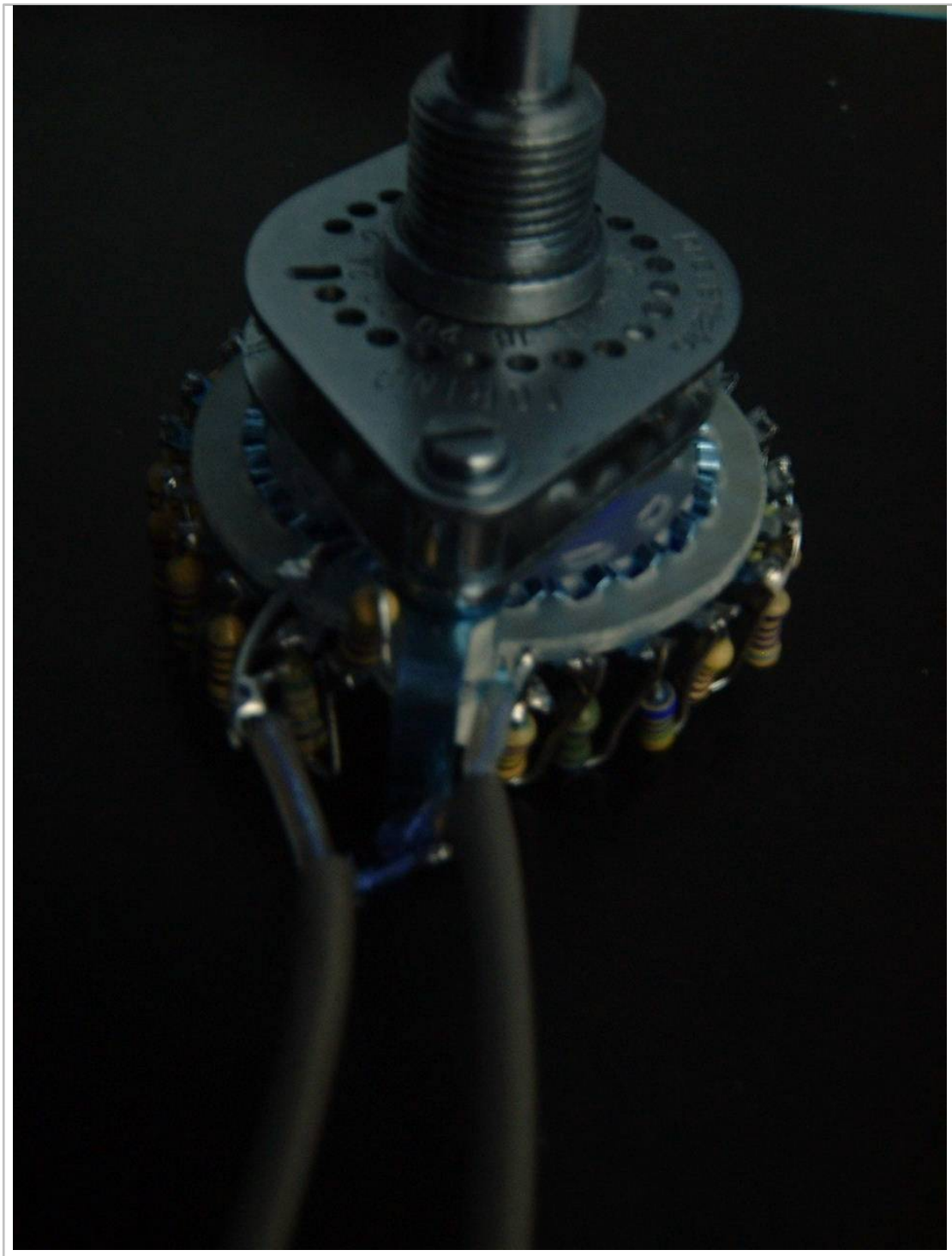


Giunti al termine della serie, al pin 24, si avrà una situazione simile alla seguente fotografia:



 © Audiofaidate.it 2005-2010

Ora non resta che collegare i cavetti schermati, operazione più agevole se fatta prima del montaggio dell'attenuatore nel contenitore in cui ne è previsto l'utilizzo. Il cavetto si sinistra è l'ingresso (segnale proveniente dalla sorgente), quello di destra l'uscita dell'attenuatore (segnale attenuato). Le calze si salderanno sulla paglietta di massa.
Come suona? Come si fa a valutare l'influenza sonica di un componente simile? Io ho collegato uno Scattenuo su un canale e un partitore fisso fatto con due resistenze saldate in un adattatore rca-rca sull'altro. I valori di attenuazioni erano gli stessi, le resistenze fisse della Kiwame 0,1%. A due diversi livelli di volume sia in mono che in stereo non si percepisce differenza tra i due canali, né qualsiasi altro effetto. Più di così non so che altro dire. Buon lavoro!



© Audiofaidate.it 2005-2010

Aggiornamento: Scattenuo 2010, SMD

Su invito di P. Lovati, e dopo aver pubblicato le foto su Audiofaidate, lo Scattenuo si aggiorna e si propone in veste SMD. Non c'è nulla da aggiungere a quanto detto sopra salvo qualche consiglio per la realizzazione pratica.

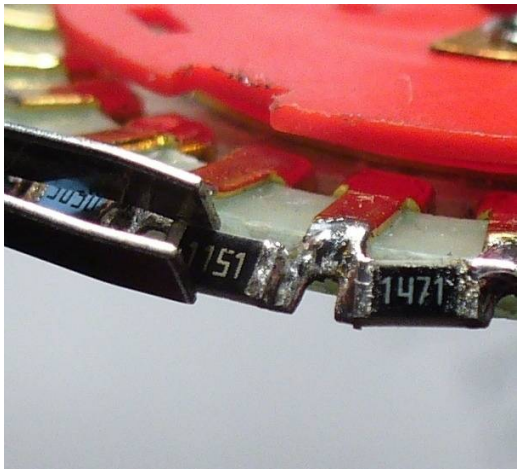
Personalmente avevo bisogno di un potenziometro 10k, ho quindi giocato un po' con il foglio Excel che si trova sul sito http://www.platenspeler.com/download/uk_index.php fino ad ottenere i valori che mi sembravano adeguati. Le resistenze SMD esistono in vari formati, io ho scelto le SMD1206 che sono lunghe 3,2mm. Fate attenzione a verificare che tutti i valori di cui avete bisogno esistano in formato 1206, altrimenti, se usate un commutatore Palazzo, con le SMD805 non riuscirete ad appoggiare la resistenza su entrambe i terminali.

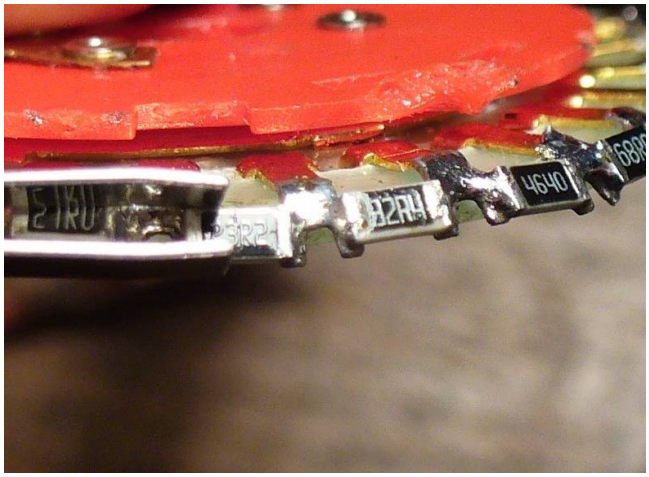
Mi sono procurato un commutatore con due settori, stereo, perché mi sembrava più comodo da usare rispetto a due canali separati. Ho smontato il commutatore e mi sono aiutato con la "terza mano", che aveva il compito di tenere in posizione il settore..

Come prima cosa, consiglio di portare allo stesso livello tutti i terminali, perché i piani di appoggio sono un po' sfalsati tra loro e questo rende le saldature più difficoltose. Ricordiamoci che le resistenze, una volta saldate, devono essere a contatto diretto con i terminali del potenziometro, quindi vanno mantenute aderenti alla superficie di appoggio.

Ho iniziato stagnando leggermente tutti i terminali; per tenere le resistenze in posizione si può far uso di un paio di pinzette, tipo quelle per le sopracciglia; io ho usato quelle del coltellino svizzero che, saldatura dopo saldatura, sono risultate indispensabili e della misura giusta.

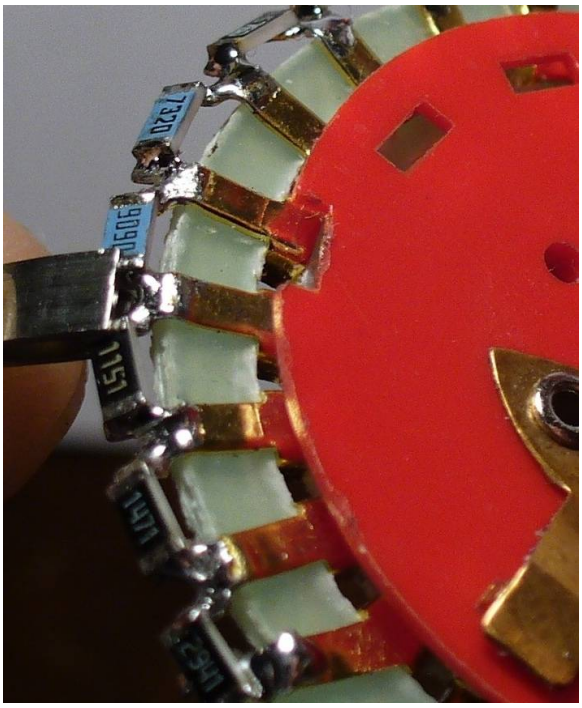
Dapprima, ho saldato un capo della resistenza su un terminale, poi ho saldato l'altro capo facendo leggermente pressione sulla resistenza. Qualche immagine per capire:



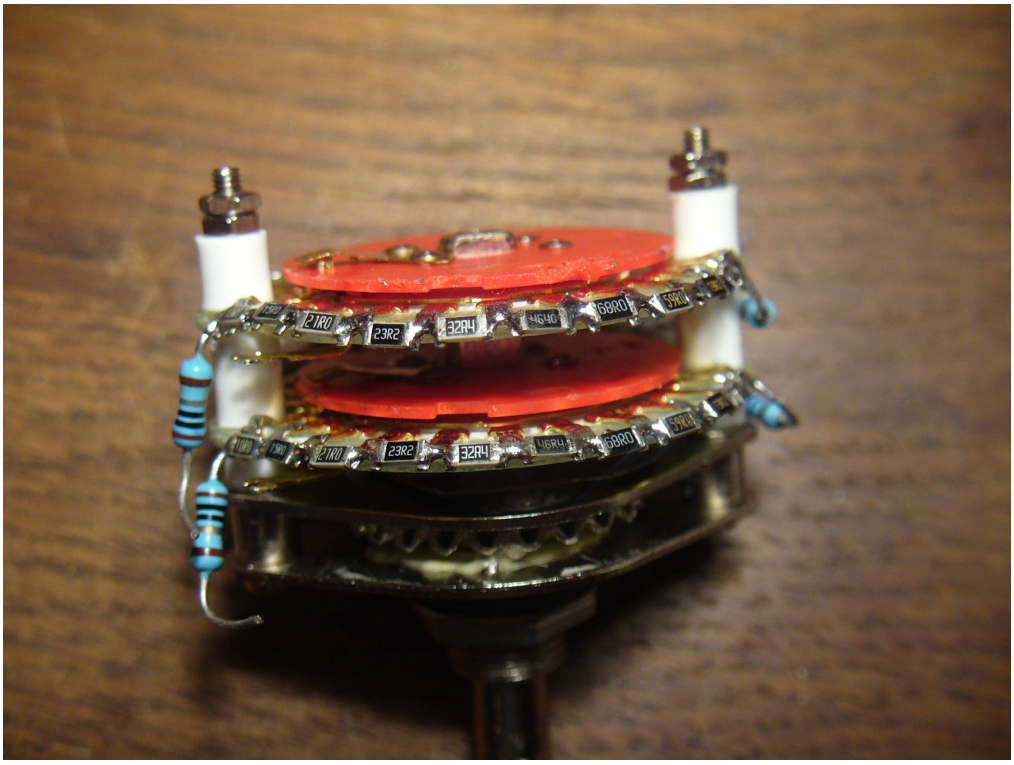


Una volta finito di saldare tutto, ho ripassato velocemente le saldature tenendo premute le SMD con le pinzette per far sì che le resistenze fossero davvero a contatto con i terminali. Lo sottolineo

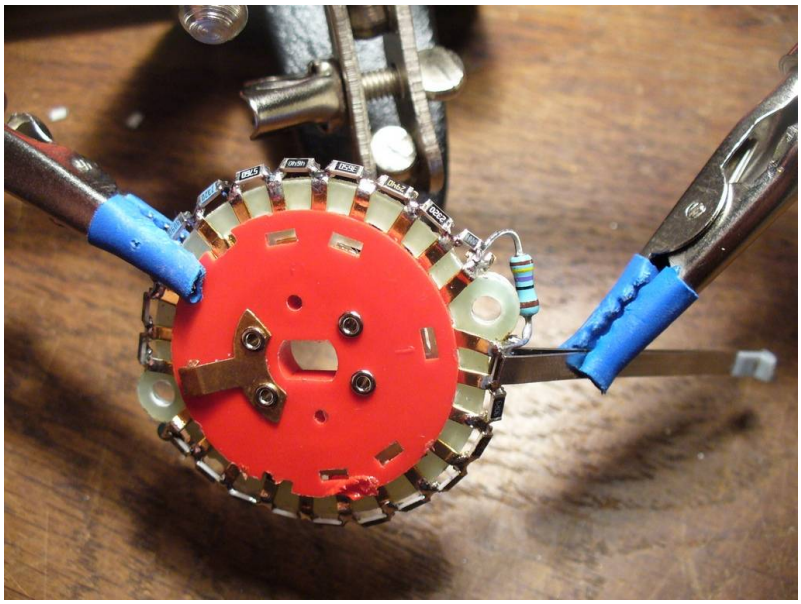
perché in più di un caso ho sentito la resistenza assestarsi sotto la pressione che esercitavo con le pinzette :



Per la prima resistenza, così come per quella che sta tra i terminali 12 e 13, credo sia meglio far uso di resistenze classiche:

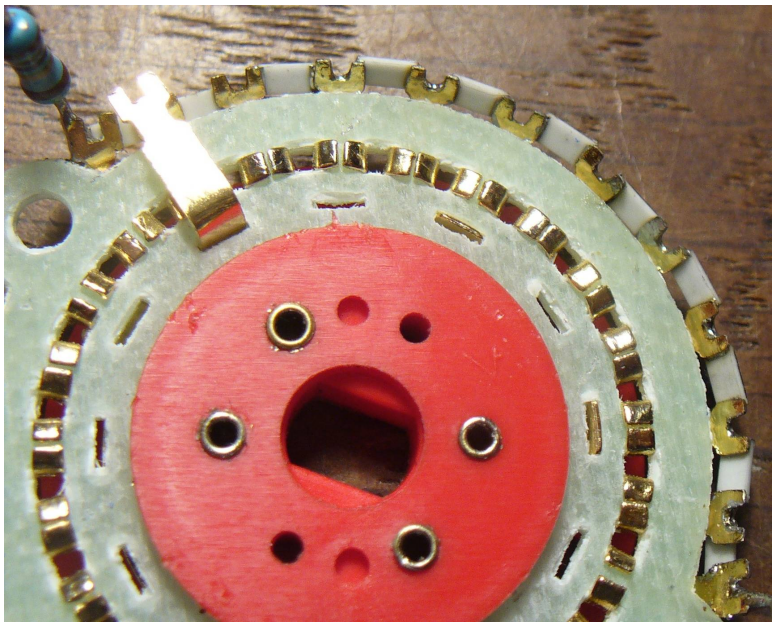


Per garantire il contatto diretto tra il reoforo, il potenziometro e la SMD, è stata necessaria questa piccola acrobazia :



(tra i terminali 13 e 14 è meglio usare una SMD 805 perché sono ravvicinati)

Per finire, verificare, guardando da sotto, che le SMD siano davvero aderenti ai terminali e ben centrate :



Ecco, con un po' di pazienza e un paio di serate, siamo arrivati in fondo. Buon divertimento !

Kreisky
(Marco)

Giugno 2010