

***LaurTec***

# Preamplificatore per giradischi



**Autore :** *Ivo Colleoni*

**ID:** UP0017-IT

## INFORMATIVA

Come prescritto dall'art. 1, comma 1, della legge 21 maggio 2004 n.128, l'autore avvisa di aver assolto, per la seguente opera dell'ingegno, a tutti gli obblighi della legge 22 Aprile del 1941 n. 633, sulla tutela del diritto d'autore.

Tutti i diritti di questa opera sono riservati. Ogni riproduzione ed ogni altra forma di diffusione al pubblico dell'opera, o parte di essa, senza un'autorizzazione scritta dell'autore, rappresenta una violazione della legge che tutela il diritto d'autore, in particolare non ne è consentito un utilizzo per trarne profitto.

La mancata osservanza della legge 22 Aprile del 1941 n. 633 è perseguibile con la reclusione o sanzione pecuniaria, come descritto al Titolo III, Capo III, Sezione II.

A norma dell'art. 70 è comunque consentito, per scopi di critica o discussione, il riassunto e la citazione, accompagnati dalla menzione del titolo dell'opera e dal nome dell'autore.

## AVVERTENZE

I progetti presentati non hanno la marcatura CE, quindi non possono essere utilizzati per scopi commerciali nella Comunità Economica Europea.

Chiunque decida di far uso delle nozioni riportate nella seguente opera o decida di realizzare i circuiti proposti, è tenuto pertanto a prestare la massima attenzione in osservanza alle normative in vigore sulla sicurezza.

L'autore declina ogni responsabilità per eventuali danni causati a persone, animali o cose derivante dall'utilizzo diretto o indiretto del materiale, dei dispositivi o del software presentati nella seguente opera.

Si fa inoltre presente che quanto riportato viene fornito così com'è, a solo scopo didattico e formativo, senza garanzia alcuna della sua correttezza.

L'autore ringrazia anticipatamente per la segnalazione di ogni errore.

Tutti i marchi citati in quest'opera sono dei rispettivi proprietari.

**Indice**

|   |    |
|---|----|
| <b>Introduzione</b> .....                 | 4  |
| <b>Specifiche Tecniche</b> .....          | 4  |
| <b>Cenni sul disco in vinile</b> .....    | 4  |
| <b>Analisi Hardware</b> .....             | 6  |
| Alimentatore.....                         | 6  |
| Preamplificatore.....                     | 6  |
| <b>Realizzazione del circuito</b> .....   | 9  |
| <b>Lista Componenti</b> .....             | 10 |
| <b>Montaggio nel contenitore</b> .....    | 11 |
| <b>Collaudo e messa in funzione</b> ..... | 11 |
| <b>Misure</b> .....                       | 12 |
| <b>Utilizzo del sistema</b> .....         | 14 |
| <b>Analisi dei costi</b> .....            | 14 |
| <b>Analisi Finale</b> .....               | 14 |
| <b>Allegati</b> .....                     | 14 |
| <b>Bibliografia</b> .....                 | 16 |
| <b>History</b> .....                      | 17 |

## Introduzione

Il progetto nasce dall'idea di avere un preamplificatore per giradischi con puntine MM (*Magnete Mobile*) che permettesse un certo livello di impostazioni in base alla puntina utilizzata e che restituisse un segnale il più fedele possibile alla traccia incisa sul disco. L'amplificatore è stato sviluppato prendendo spunti da vari progetti online e da alcuni prodotti commerciali di fascia alta.

## Specifiche Tecniche

- Input: RCA phono MM
- Impedenza Input: Selezionabile 17 K $\Omega$ ~150 K $\Omega$  in 13 step
- Capacità Input: Selezionabile 47 pF~520 pF in 12 step
- Audio Out: RCA Line
- Impedenza Output: 3 K $\Omega$  (opzione 110 K $\Omega$ )
- Guadagno: Selezionabile 31.5 dB~42.1 dB in 4 step
- SNR: Non misurabile
- Coss-Talk canali L/R: -70 dB @1 KHz
- Alimentazione: 15 VAC
- Assorbimento: 170 mA
- Dimensioni: 132x169x42 mm (LxPxH)
- Peso: 700 gr.

## Cenni sul disco in vinile

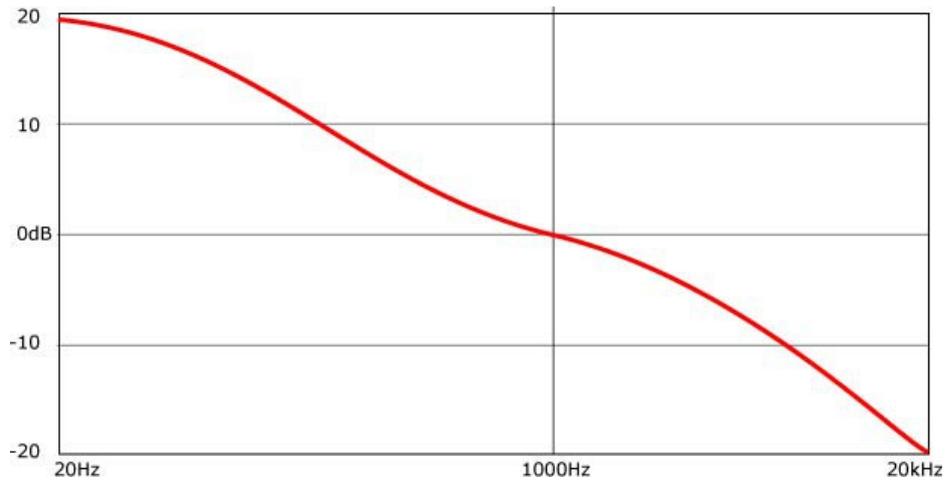
Il disco in vinile, noto anche come microscolco o semplicemente vinile, è un supporto per la memorizzazione analogica di segnali sonori. Il suono su disco in vinile è riprodotto analogicamente. Per la riproduzione l'informazione sonora viene letta per mezzo di una puntina, in diamante o altro materiale sintetico, posta sul solco inciso. La rotazione del disco fa sì che la puntina generi vibrazioni derivanti dall'irregolarità del solco che, per mezzo dello stilo su cui è montata, vengono portate ad un trasduttore (fonorivelatore), che può essere realizzato con varie tecnologie:

- Piezoelettrico
- [Magnete](#) mobile (o in variante ferro mobile).
- [Bobina](#) mobile.

Il preamplificatore in oggetto è adatto solamente per trasduttori a magnete mobile (MM) e nella variante ferro mobile (MI).

A causa dell'impossibilità fisica di trasferire meccanicamente in un solco di ugual misura tutte le frequenze comprese tra i 20Hz e i 20KHz, il segnale elettrico, prima di essere trasferito sul disco, viene equalizzato enfatizzando gli acuti e attenuando i bassi; questo permette di avere solchi più stretti sulle basse frequenze e quindi una maggiore durata dei brani incisi sul disco. Per annullare gli effetti di questo trattamento, in riproduzione è sufficiente applicare una equalizzazione opposta in fase di preamplificazione, tale curva è

stata standardizzata dalla [RIAA](#) nel 1953 e rappresentata in Figura 1.



**Figura 1:** *Equalizzazione necessaria per la riproduzione di un segnale audio inciso in un solco.*

La tensione in uscita dalla testina MM è di circa 3-5mV e va quindi amplificata per poter essere collegata a un ingresso di linea di un amplificatore.

Il preamplificatore amplifica quindi il segnale rilevato dalla puntina e ripristina l'equalizzazione originale della traccia.

## Analisi Hardware

Il progetto è stato realizzato su un PCB doppia faccia e, pur essendo formato da due circuiti distinti (alimentazione e amplificazione), è stato realizzato un PCB unico con le due sezioni elettricamente disconnesse in modo da poter separare i circuiti in caso d'interferenza e per poter riutilizzare il circuito alimentatore per altri progetti. Nei paragrafi seguenti è analizzato l'hardware adottato nel dettaglio.

### Alimentatore

In Figura 2 è riportato lo schema dell'alimentatore e, come si può notare, è formato un raddrizzatore a semionda con 2 diodi, il primo entra in conduzione solamente quando l'onda in ingresso è positiva e il secondo quando è negativa. I 2 regolatori lineari LM317 e LM337 generano rispettivamente il rail positivo e il rail negativo. Modificando i valori delle resistenze R31 e R32 è possibile modificare la tensione in uscita. Per il corretto funzionamento del preamplificatore è bene stare tra i 10V e i 16V. La tensione in ingresso non deve andare oltre i 30V AC.

Il contenitore degli LDO è il classico TO-220 e visto che i consumi in gioco sono estremamente ridotti e la differenza di potenziale  $V_{out}-V_{in}$  è contenuta, non è necessario installare dei dissipatori di calore.

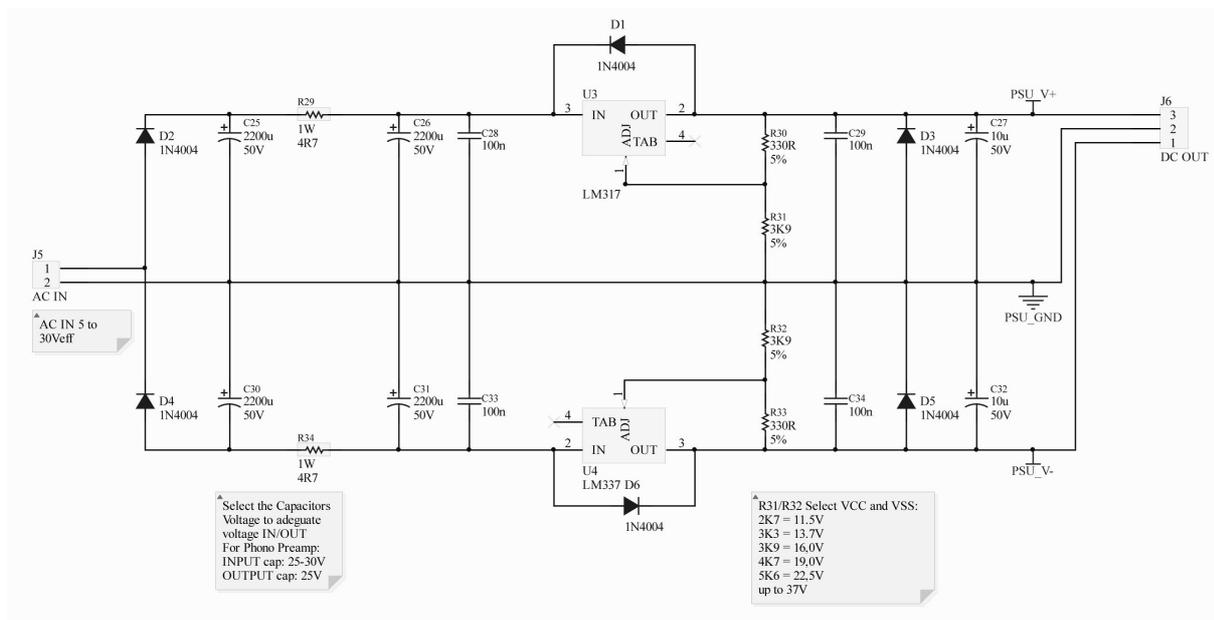


Figura 2: Schema elettrico della sezione di alimentazione.

### Preamplificatore

Il circuito di amplificazione è riportato in Figura 3. Per comodità è illustrato solamente il canale sinistro visto che il canale destro è identico. Lo schema completo è scaricabile come allegato dal sito [www.LaurTec.it](http://www.LaurTec.it).

In ingresso sono presenti i condensatori di adattamento del carico capacitivo adatto alla puntina utilizzata (C5~C8) e le resistenze per l'adattamento dell'impedenza (R7~R10).

Tramite il dip switch SW1 è possibile impostare la capacità di carico come mostrato in Tabella e tramite il dip switch SW2 è possibile impostare l'impedenza in ingresso come mostrato in Tabella 2.

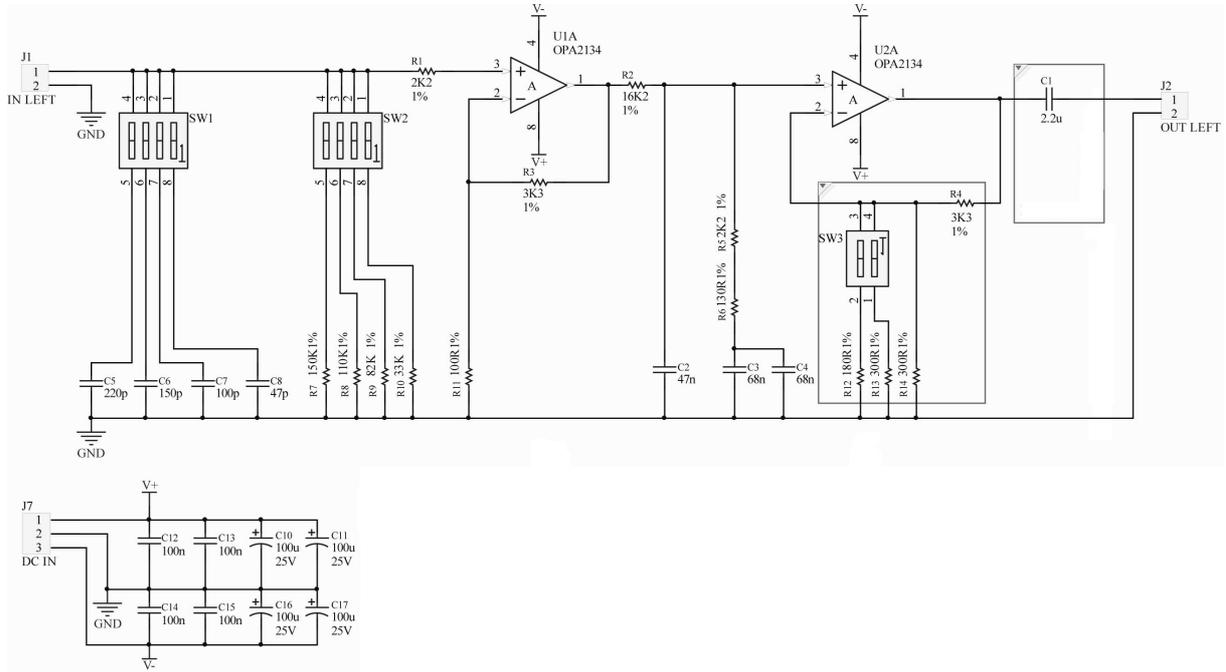


Figura 3: Schema elettrico della sezione del preamplificatore.

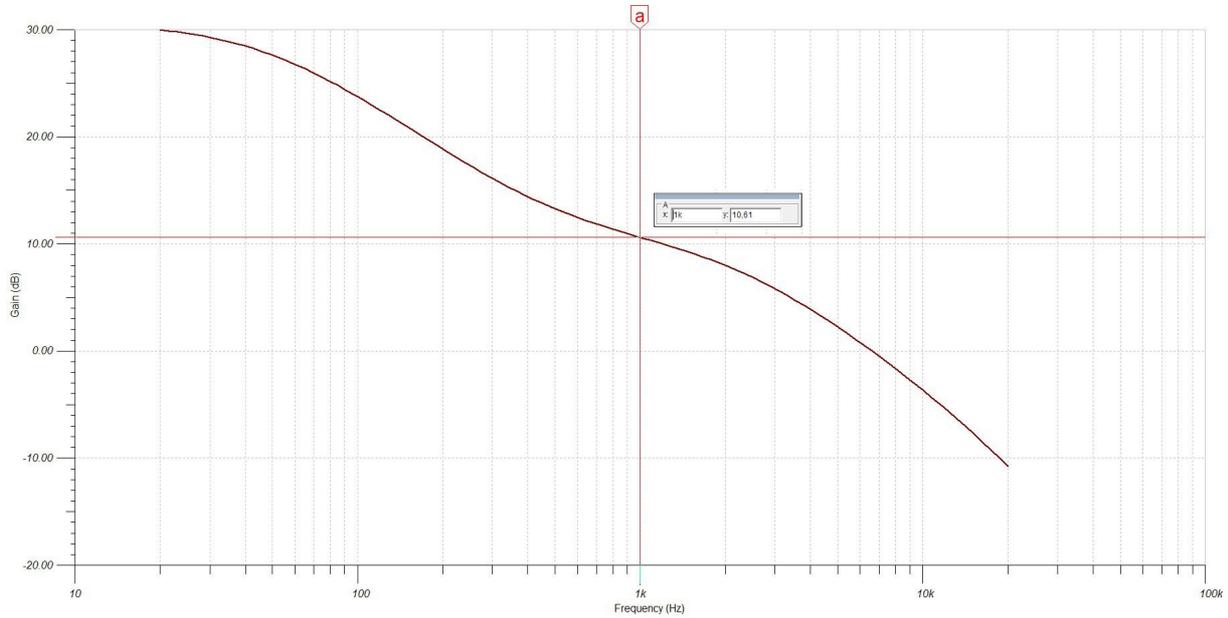
| Input Load Cap - SW1, SW4 |     |     |     |     | Input Impedence - SW2, SW5 |     |     |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|----------------------------|-----|-----|
|                           | 1   | 2   | 3   | 4   | 1                          | 2   | 3   |
| 47pF                      | ON  | OFF | OFF | OFF | 17K                        | ON  | ON  |
| 100pF                     | OFF | ON  | OFF | OFF | 20K                        | ON  | OFF |
| 150pF                     | OFF | OFF | ON  | OFF | 23K                        | ON  | OFF |
| 200pF                     | ON  | OFF | ON  | OFF | 25K                        | ON  | ON  |
| 220pF                     | OFF | OFF | OFF | ON  | 27K                        | ON  | OFF |
| 250pF                     | OFF | ON  | ON  | OFF | 33K                        | ON  | OFF |
| 270pF                     | ON  | OFF | OFF | ON  | 36K                        | OFF | ON  |
| 320pF                     | OFF | ON  | OFF | ON  | 47K                        | OFF | ON  |
| 370pF                     | OFF | OFF | ON  | ON  | 53K                        | OFF | OFF |
| 420pF                     | ON  | OFF | ON  | ON  | 63K                        | OFF | ON  |
| 470pF                     | OFF | ON  | ON  | ON  | 82K                        | OFF | OFF |
| 520pf                     | ON  | ON  | ON  | ON  | 110K                       | OFF | ON  |
|                           |     |     |     |     | 150K                       | OFF | OFF |

Tabella 1: Impostazione Capacità.

Tabella 2: Impostazione Impedenza.

A seguire, l'operazionale U1 OPA2134 preamplifica il segnale con un guadagno di 30,63dB. All'uscita di U1 è presente la rete di equalizzazione RIAA formata dalle

resistenze R2, R5 e R6 e dai condensatori C2, C3 e C4. Essendo la rete di equalizzazione passiva il segnale viene attenuato di circa -20dB alla frequenza di 1KHz, in totale all'uscita della rete RIAA si ottiene un segnale amplificato di 10.6dB alla frequenza di 1KHz. In Figura 4 è possibile vedere una simulazione del circuito fin qui descritto.



**Figura 4:** Simulazione del circuito di amplificatore più l'equalizzazione.

Si nota che la curva di equalizzazione RIAA è rispettata e amplificata di 10.6dB ad 1KHz.

A valle della rete di equalizzazione è presente un altro operazionale OPA2134 (U2) che si occupa di portare il segnale al livello finale, applicando un guadagno selezionabile tramite il dip switch SW3 che collega o meno le resistenze R12 e R13 alla rete di feedback formata da R3 e R14.

Il valore complessivo del guadagno è impostabile come mostrato in Tabella 3.

| Gain   | SW3 | SW6 |
|--------|-----|-----|
| 32,2dB | OFF | OFF |
| 37,9db | ON  | OFF |
| 40,3dB | OFF | ON  |
| 43,0dB | ON  | ON  |

**Tabella 3:** Impostazioni guadagno totale.

I guadagni riportati sono teorici, nel paragrafo delle misure sono indicati i guadagni effettivi misurati.

In uscita è inserito un condensatore da 2.2uF (C1) per eliminare eventuali frequenze subsoniche. Completano il circuito i vari condensatori di bypass per ogni integrato.

## Realizzazione del circuito

Il circuito è realizzato su PCB doppia faccia e i componenti utilizzati sono per la maggior parte a montaggio superficiale nella sezione di amplificazione, mentre a sono a foro passante nella sezione di alimentazione.

Anche se i 2 circuiti sono posti su un unico PCB questi non sono elettricamente connessi tra loro e possono essere separati per essere posti in 2 contenitori diversi per ridurre le interferenze. Particolare attenzione è stata posta al layout del PCB e alla lunghezza delle tracce tra canale sinistro e canale destro che sono sempre di pari lunghezza.

In Figura 5 è raffigurato il PCB a montaggio ultimato. I dettagli sul PCB, gerber file e montaggio dei componenti, sono riportati nella relativa documentazione del PCB scaricabili come file separati. In Figura 6 è riportato il modello 3D della scheda, sviluppato durante la fase della progettazione del sistema. In particolare i modelli 3D risultano utili per avere un primo feedback sul posizionamento dei componenti ed eventuali problematiche di tipo meccanico, associate agli stessi.



Figura 5: PCB con componenti assemblati.

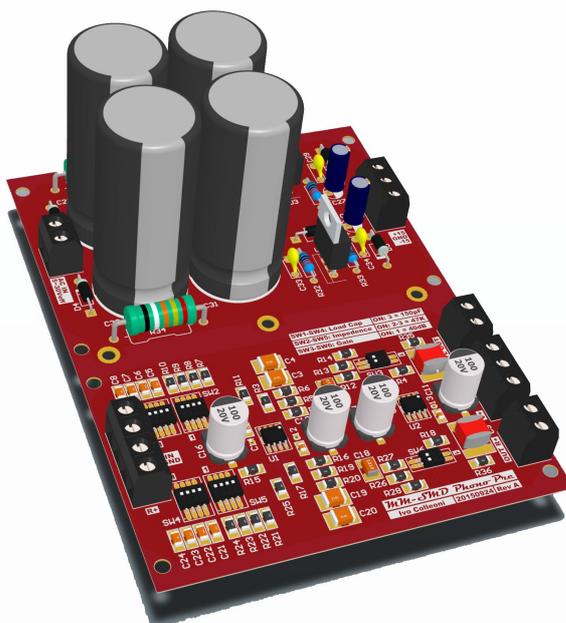


Figura 6: Modello 3D del PCB assemblato.

## Lista Componenti

Nella Tabella 4 sono elencati i componenti necessari per i 2 circuiti.

| Designator             | Q.tà | Valore      | Volt | W     | Tipo     | Tol. | Footprint     | PN                  |
|------------------------|------|-------------|------|-------|----------|------|---------------|---------------------|
| C1, C9                 | 2    | 2,2uF       | 63V  |       | PET      | 10%  | 2824          | SMDTC04220TB00KQ00  |
| C10, C11, C16, C17     | 4    | 100uF       | 25V  |       | Elettr.  |      | SMD 8mm       | EEEFK1E101XP        |
| C12, C13, C14, C15     | 4    | 100nF       | 50V  |       | Ceramico | 10%  | 0805          | MCU0805R104KCT      |
| C2, C18                | 2    | 47nF        | 50V  |       | PPS      | 5%   | 1210          | LDBCBC2470JC5N0     |
| C25, C26, C30, C31     | 4    | 2200uF      | 50V  |       | Elettr.  | 20%  | RAD<br>16mm   | 50PX2200MEFC16X31.5 |
| C27, C32               | 2    | 100uF       | 50V  |       | Elettr.  | 20%  | RAD 5mm       | 50ML10MEFC5X7       |
| C28, C29, C33, C34     | 4    | 100nF       | 50V  |       | Ceramico | 20%  | RAD<br>2,54mm | MC0805Y104M500A     |
| C3, C4, C19, C20       | 4    | 68nF        | 50V  |       | PPS      | 5%   | 1812          | LDBCC2680JC5N0      |
| C5, C21                | 2    | 220pF       | 50V  |       | Ceramico | 5%   | 1206          | MC1206N221J500CT    |
| C6, C22                | 2    | 150pF       | 500V |       | Ceramico | 5%   | 1206          | 501R18N151JV4E      |
| C7, C23                | 2    | 100pF       | 50V  |       | Ceramico | 5%   | 1206          | MC1206N101J500CT    |
| C8, C24                | 2    | 47pF        | 50V  |       | Ceramico | 5%   | 1206          | MC1206N470J500CT    |
| D1, D2, D3, D4, D5, D6 | 6    | 1N4004      |      |       |          |      | RAD           | 1N4004-E3/54        |
| R1, R5, R15, R19       | 4    | 2,2KΩ       | 200V |       |          | 1%   | 1206          | CRCW12062K20FKEA    |
| R10, R24               | 2    | 33KΩ        | 200V |       |          | 1%   | 1206          | ERJ8ENF3302V        |
| R11, R25               | 2    | 100Ω        | 200V |       |          | 1%   | 1206          | ERJ8ENF1000V        |
| R12, R26               | 2    | 180Ω        | 200V |       |          | 1%   | 1206          | ERJU08F1800V        |
| R13, R14, R27, R28     | 4    | 300Ω        | 200V |       |          | 1%   | 1206          | ERJ8ENF3000V        |
| R2, R16                | 2    | 16,2KΩ      | 200V |       |          | 1%   | 1206          | CRCW120616K2FKEA    |
| R29, R34               | 2    | 4,7Ω        |      | 5W    |          | 5%   | RAD           | PNP5WVJT-73-4R7     |
| R3, R4, R17, R18       | 4    | 3,3KΩ       |      |       |          | 1%   | 1206          | ERJ8ENF3301V        |
| R30, R33               | 2    | 330Ω        |      | 125mW |          | 5%   | RAD           | MCRE000031          |
| R31, R32               | 2    | 3,9KΩ       |      | 125mW |          | 5%   | RAD           | MCF 0.25W 4K7       |
| R6, R20                | 2    | 130Ω        | 200V |       |          | 1%   | 1206          | CRCW1206130RFKEA    |
| R7, R21                | 2    | 150KΩ       | 200V |       |          | 1%   | 1206          | CRCW1206150KFKEA    |
| R8, R22,               | 4    | 110KΩ       | 200V |       |          | 1%   | 1206          | ERJU08F1103V        |
| R9, R23                | 2    | 82KΩ        | 200V |       |          | 1%   | 1206          | CRCW120682K0FKEA    |
| SW1, SW2, SW4, SW5     | 4    | DIP-4       |      |       |          |      | SMD           | GDH04S04            |
| SW3, SW6               | 2    | DIP-2       |      |       |          |      | SMD           | 1571983-3           |
| U1, U2                 | 2    | OPA213<br>4 |      |       |          |      | SOIC8         | OPA2134UA/2K5       |
| U3                     | 1    | LM317       |      |       |          |      | TO220         | LM317AT/NOPB        |
| U4                     | 1    | LM337       |      |       |          |      | TO220         | LM337T              |

Tabella 4: Lista dei componenti.

## Montaggio nel contenitore

Il PCB, pur avendo i classici fori di fissaggio per essere installato in qualsiasi tipo di contenitore, è dimensionato in modo da incastrarsi perfettamente nella scatola B1304 reperibile in rete. I connettori RCA di ingresso e uscita e il connettore per l'alimentatore sono stati fissati sul pannello posteriore come mostrato in Figura 7.



**Figura 7:** Posizionamento dei connettori RCA.

## Collaudo e messa in funzione

Dopo aver assemblato i PCB, è bene lasciare disconnessa l'alimentazione dalla sezione di amplificazione e controllare che non ci siano cortocircuiti dovuti alla produzione dei PCB o creatisi in fase di saldatura, per far questo basta controllare con un multimetro che tra i seguenti punti non vi sia continuità:

Sezione Alimentazione:

- Tra i pin 1 e 2 di J6
- Tra i pin 2 e 3 di J6
- Tra i pin 1 e 3 di J6

Sezione Amplificazione:

- Tra i pin 1 e 2 di J7
- Tra i pin 2 e 3 di J7
- Tra i pin 1 e 3 di J7
- Tra i pin 1 e 2 di J1
- Tra i pin 1 e 2 di J2
- Tra i pin 1 e 2 di J3
- Tra i pin 1 e 2 di J4

A questo punto collegare solamente la sezione di alimentazione al trasformatore e

controllare con un multimetro che la sezione di alimentazione funzioni correttamente:

- Tra i pin 2 e 3 di J6: +16V (o il voltaggio selezionato)
- Tra i pin 2 e 1 di J6: -16V (o il voltaggio selezionato)

Collegare poi la sezione alimentazione alla sezione di amplificazione e accendere il sistema.

Mandare nell'ingresso RCA del canale sinistro un'onda sinusoidale di 1KHz 50mVpp e impostare il guadagno a 31.5dB (switch impostato su OFF, OFF) e verificare sul connettore d'uscita L che l'onda sia identica a quella inviata in ingresso ma amplificata di 31.5dB (1.875V). Ripetere l'operazione con gli altri guadagni e verificare che corrispondano ai valori in Tabella 5. Ripetere tutte le operazioni sul canale destro.

| In: 50mVpp @ 1KHz |          |       |
|-------------------|----------|-------|
| SW pos.           | Guadagno | Vout  |
| SW3: 0-0          | 31,2dB   | 1.87V |
| SW3: 1-0          | 37.2dB   | 3.62V |
| SW3: 0-1          | 39,5dB   | 4.72V |
| SW3: 1-1          | 42,1dB   | 6.38V |

**Tabella 5:** Valori di riferimento Vout.

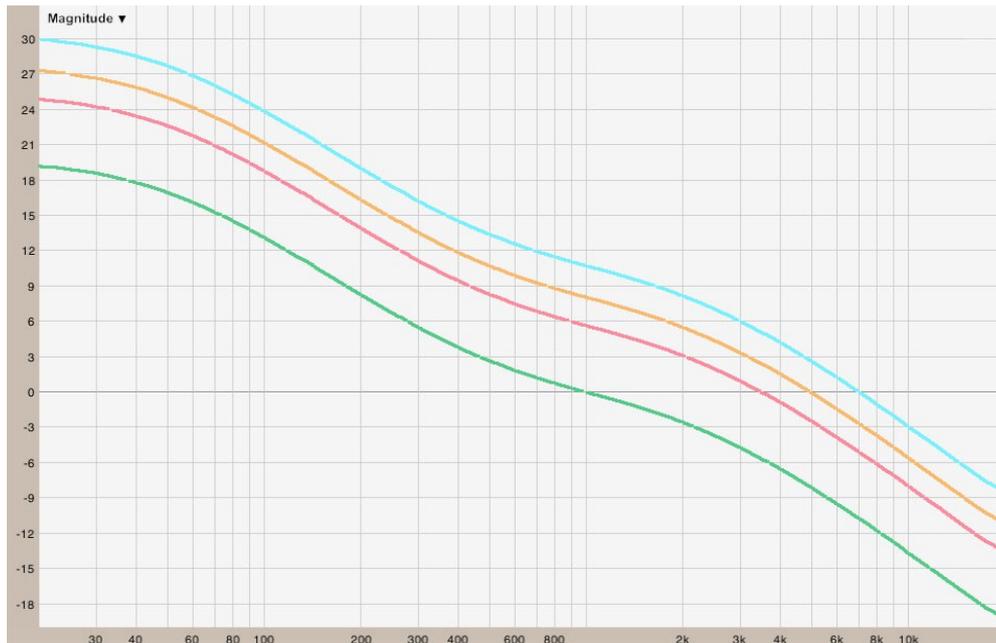
## Misure

Nel capitolo seguente sono riportate alcune misure rilevate sul sistema ultimato. In Tabella 6 sono riportati i guadagni effettivi del sistema realizzato, fornendo in ingresso un segnale sinusoidale da 50mV a 1KHz.

| Vin   | Vout L | Vout R | Gain L | Gain R | dB L  | dB R  |
|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 0,056 | 2,12   | 2,1    | 37,86  | 37,50  | 31,56 | 31,48 |
| 0,056 | 4,08   | 4,04   | 72,86  | 72,14  | 37,25 | 37,16 |
| 0,056 | 5,24   | 5,28   | 93,57  | 94,29  | 39,42 | 39,49 |
| 0,056 | 7,16   | 7,16   | 127,86 | 127,86 | 42,13 | 42,13 |

**Tabella 6:** Guadagno effettivo.

In Figura 8 è mostrata la risposta in frequenza del sistema ai vari livelli di guadagno. Per fare questa misurazione è stato adottato un metodo molto usato in ambiente audio live per misurare le risposte in frequenza e gli allineamenti degli impianti audio. In particolare si fa uso di una scheda audio USB e un software di analisi RTA. Dal software viene generato un segnale di riferimento (tipicamente rumore rosa) e viene mandato all'uscita della scheda audio, questo segnale viene rimandato a un ingresso della scheda audio e farà da segnale di riferimento. All'ingresso del circuito da analizzare, il segnale in uscita dal circuito sotto test viene mandato nel secondo ingresso della scheda audio. Il software confronta i 2 segnali in ingresso (riferimento e segnale processato dal circuito) e calcola la risposta in frequenza del sistema.



**Figura 8:** Risposta in frequenza del sistema.

In Figura 9 è riportata la misurazione del livello di cross talk tra il canale sinistro e il canale destro, in verde il segnale di riferimento in uscita dal canale destro e in rosa il segnale rilevato sull'uscita del canale sinistro con ingresso a massa.



**Figura 9:** Misura del livello di cross talk del sistema.

## Utilizzo del sistema

Collegare l'uscita del giradischi agli RCA di ingresso del preamplificatore e collegare, se presente, il cavetto di massa al morsetto sul pannello posteriore. Collegare l'uscita del preamplificatore all'ingresso di line dell'amplificatore finale.

Impostare la capacità di carico e l'impedenza d'ingresso tramite i dip switch SW1-SW4 e SW2-SW5 a seconda della puntina utilizzata sul giradischi. Impostare il guadagno del preamplificatore tramite i dip switch SW3-SW6.

## Analisi dei costi

Nella Tabella 7 sono riportati i costi dei componenti e dei PCB dell'intero sistema. Da questi sono esclusi eventuali costi di spedizione che possono essere più o meno elevati a seconda della provenienza e materiali vari utilizzati durante lo sviluppo.

| Componente                       | Costo          | Negozi  |
|----------------------------------|----------------|---------|
| Condensatori ceramici, PET e PPS | € 22,06        | Farnell |
| Condensatori elettrolitici       | € 12,55        | Farnell |
| Diodi 1N4004                     | € 0,58         | Farnell |
| Resistenze SMD                   | € 1,78         | Farnell |
| Resistenze foro passante         | € 3,76         | Farnell |
| Dip Switch                       | € 8,64         | Farnell |
| OPA2134                          | € 10,03        | Farnell |
| LM317                            | € 1,69         | Farnell |
| LM337                            | € 1,82         | Farnell |
|                                  |                |         |
| Scatola B1304                    | € 12,00        | Ebay    |
| PCB                              | € 6,60         | PCBWay  |
|                                  |                |         |
| <b>Totale</b>                    | <b>€ 81,51</b> |         |

**Tabella 7:** Tabella riassuntiva dei costi.

## Analisi Finale

Il risultato finale mi ha lasciato particolarmente soddisfatto. La qualità audio ha fornito alti limpidi, cristallini e ben definiti, una gamma media dettagliata e bassi presenti ma mai invadenti. La scena sonora è equilibrata e ben riprodotta senza mettere in risalto o in ombra particolari frequenze. La qualità audio è ottima sia con l'ascolto in cuffia che sull'impianto Hi-Fi.

## Allegati

- File PDF schemi e PCB
- File Gerber per produzione PCB (sono disponibili PCB su richiesta).

## Indice Alfabetico

|                      |                              |                  |
|----------------------|------------------------------|------------------|
| <b>C</b>             |                              | puntine MM.....4 |
| cross talk.....13    | <b>R</b>                     |                  |
| <b>E</b>             | requisiti subsoniche.....8   |                  |
| equalizzazione.....7 | rete di equalizzazione.....8 |                  |
| <b>F</b>             | RIAA.....7                   |                  |
| ferro mobile.....4   | risposta in frequenza.....12 |                  |
| fonorivelatore.....4 | RTA.....12                   |                  |
| <b>G</b>             | rumore rosa.....12           |                  |
| Gerber.....14        | <b>S</b>                     |                  |
| <b>M</b>             | software di analisi.....12   |                  |
| magnete mobile.....4 | solco.....4                  |                  |
| Magnete Mobile.....4 | <b>T</b>                     |                  |
| <b>P</b>             | trasduttori.....4            |                  |
| PCB.....14           | <b>V</b>                     |                  |
| Piezoelettrico.....4 | vinile.....4                 |                  |

## Bibliografia

[1] [www.LaurTec.it](http://www.LaurTec.it): sito ufficiale dove scaricare i file di progetto.

## History

| Data     | Versione | Autore       | Revisione      | Descrizione Cambiamento |
|----------|----------|--------------|----------------|-------------------------|
| 08.03.19 | 1.0      | Ivo Colleoni | Mauro Laurenti | Versione Originale.     |