

UNIVERSITÁ degli STUDI di UDINE  
FACOLTÁ di LETTERE e FILOSOFIA  
Corso di Laurea in DAMS: Discipline delle arti, della musica e dello spettacolo  
Indirizzo musicologico

**TECNICHE E SISTEMI DI EQUALIZZAZIONE  
NELLA STORIA DELLA RIPRODUZIONE SONORA**

Relatore: Prof. Luisa Maria Zanoncelli

Laureando: Lorenzo Tempesti

A.A. 2001/02



# 1. Equalizzazione e riversamento

## 1.1 Riversamento conservativo: questioni metodologiche

Lo scopo di tutte le procedure attinenti alla conservazione dei documenti sonori è quello di contrastare la degradazione del loro contenuto audio, determinata in primo luogo dal deterioramento dei supporti. Il riversamento consiste nel trasferire il contenuto informativo di un documento sonoro su un nuovo supporto più stabile e duraturo e dunque più adatto agli scopi della conservazione. Si tratta di un processo all'apparenza semplice, ma che in realtà si rivela delicato e problematico.

Le riflessioni sull'etica della conservazione e del restauro del materiale audio hanno portato all'individuazione di almeno due tipi diversi di riversamento:

- I. quello che mira alla conservazione del contenuto sonoro originale, come era prodotto e udito all'epoca della sua registrazione;
- II. quello che mira alla conservazione del vero suono dell'esecuzione.<sup>1</sup>

Queste tipologie di restauro audio proposte da Storm negli anni '80 si ritrovano anche nella *Guide to the Basic Technical Equipment Required by Audio, Film, and Television Archives*<sup>2</sup>, la cui sezione dedicata agli archivi audio è stata scritta per conto dell'UNESCO da Dietrich Schüller, Lloyd Stickells e William Storm. In essa viene riaffermato il principio filosofico "salvare la storia, non riscriverla", ma la sezione audio risente chiaramente dell'impostazione impressa da Dietrich Schüller.

La metodologia di Schüller pone in primo piano la classificazione delle degradazioni a partire dal supporto. I suoi lavori<sup>3</sup> procedono da un'indagine accurata delle alterazioni del segnale, classificate in due categorie: intenzionali e non intenzionali.

- Le prime riguardano le tecniche di equalizzazione e i sistemi di riduzione del rumore (Dolby A, B, C ecc., espansori/compressori di dinamica dbx, ecc.).
- Le non intenzionali, a loro volta, vengono divise in due gruppi: il primo contiene quelle causate dall'imperfezione della tecnica di registrazione del tempo, che introduce diverse distorsioni (distorsioni lineari, non lineari e di modulazione causate da movimenti indesiderati del supporto, basso rapporto segnale-disturbo); il secondo gruppo delle alterazioni non intenzionali è causato dalla non corretta calibrazione degli apparati per la registrazione, per esempio velocità errata, deviazione dall'angolo di incisione verticale (come accade spesso nei cilindri) o disallineamento delle testine di registrazione, che provoca errori di azimuth o posizioni delle tracce sbagliate.

---

<sup>1</sup> W. A. Storm, "The Establishment of International Re-recording Standards" in *Phonographic Bulletin*, n. 27, Wien, 1980.

<sup>2</sup> AA. VV., *Guide to the Basic Technical Equipment Required by Audio, Film, and Television Archives*, UNESCO, Paris, 1991, p. 39.

<sup>3</sup> D. Schüller, "The Ethics of Preservation, Restoration, and Re-Issues of Historical Sound Recordings" in *Journal of the Audio Engineering Society*, vol, 39, n. 12, dicembre 1991, p. 1014.

La scelta di compensare o meno queste alterazioni rivela differenti strategie restaurative: "historical faithfulness can refer to various levels:

- A) The recording as it was heard in its time (Storm's Audio History Type I)
- B) The recording as it has been produced, precisely equalized for intentional recording equalizations, compensated for eventual errors caused by misaligned recording equipment and replayed on modern equipment to minimize replay distortions."<sup>4</sup>

La posizione di Schüller si differenzia radicalmente da quella di Storm sull'uso dei sistemi di riproduzione dell'epoca. Senza venir meno al criterio etico della fedeltà storica, Schüller dimostra che il riversamento conservativo deve essere eseguito con un sistema di riproduzione moderno, al fine di ridurre al minimo le distorsioni: "It is a false though widespread belief that equipment used at the time of the production of the carrier is the best for rerecording. Generally, the opposite is true: mechanical and, where applicable, electrical parameters of modern equipment exceed those of older equipment sometimes by several orders of magnitude."<sup>5</sup>

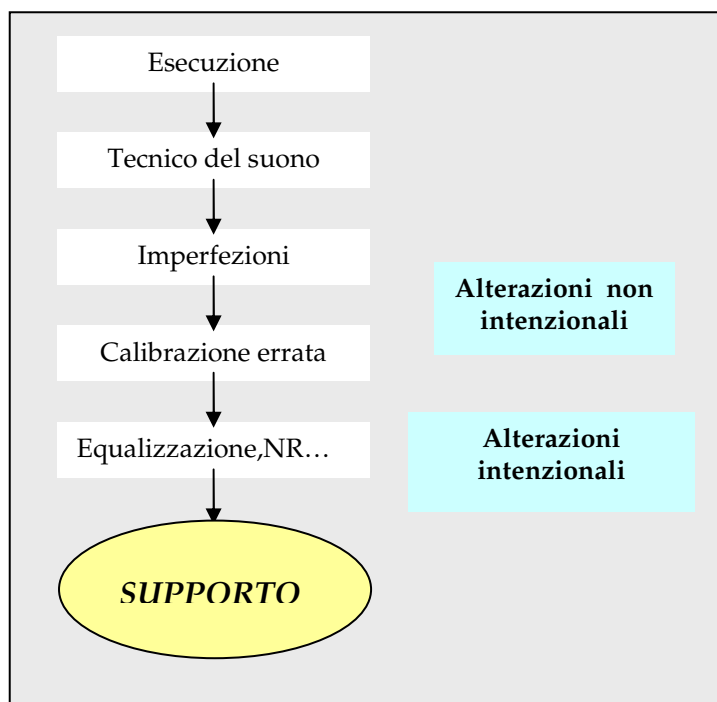


FIGURA 1.1 Alterazioni subite in fase di registrazione.

Su questo punto lo stesso Storm rettificò la sua impostazione: con l'aggiunta di un tipo di riversamento, denominato IA<sup>6</sup>, accolse la critica di Schüller sull'uso delle macchine di lettura dell'epoca.

Dalle posizioni confluite nella sintesi operativa della *Guide* è possibile trarre il seguente insegnamento: il restauratore deve usare il sistema di riproduzione tecnologicamente più moderno dopo aver accertato con appropriate misure (SNR, ecc.) che l'equipment scelto possieda – in rapporto al formato audio da leggere – anche un livello tecnico capace di estrarre un segnale di qualità superiore rispetto alle attrezzature di generazione anteriore.

Il re-recording di tipo B definisce un livello di riproduzione storicamente fedele preliminare, dal punto di vista strettamente conservativo, ad ogni eventuale ulteriore elaborazione del segnale. L'insieme delle compensazioni previste da questo tipo di riversamento utilizza conoscenze *esterne* alla registrazione, cosicché sussiste un certo margine di interpretazione: viene infatti chiamata in causa la conoscenza 'storica' del

<sup>4</sup> D. Schüller, *op. cit.*, p. 1016.

<sup>5</sup> *Ivi*, p. 1015.

<sup>6</sup> AA.VV., *Guide...*, cit., p. 40.

documento, oltre che quella tecnico-ingegneristica. Tuttavia, molte delle informazioni implicate dalle operazioni contemplate nel tipo B, proprio perché inerenti ad alterazioni intenzionali concepite per essere compensate in modo reversibile, sono reperibili attraverso la storia della tecnologia audio; altre ancora sono invece desumibili sperimentalmente, con un certo margine di correttezza. Si tratta quindi di interventi restaurativi eseguibili con un buon grado di 'oggettività' e rappresentano perciò un livello ottimale entro cui definire lo standard di una copia conservativa d'archivio.

La necessità di standardizzare gli interventi sulle copie conservative è suggerita anche dall'evoluzione digitale dei formati: l'archivista deve abbandonare il vecchio "concept of striving for the eternal carrier" per sostituirlo con la filosofia volta a salvaguardare "contents of the carriers in digital form to ensure the 'eternal' ability to produce subsequent generations of identical copies (clones)"<sup>7</sup>. Ciò induce anche a limitare, nelle copie conservative, interventi sul segnale che potrebbero essere irreversibili nel caso di perdita o di illeggibilità degli originali. Questo vale particolarmente per gli archetipi delle opere di musica elettronica.

Dopo aver fissato un criterio operativo per eseguire riversamenti conservativi fondati su procedure stabili, derivate da un conoscenza 'oggettiva' delle degradazioni, Schüller individua un terzo livello di riproduzione storicamente fedele, il livello C: "The recording as produced, but with additional compensation for recording imperfections caused by the recording technique of the time."<sup>8</sup>

Mentre le compensazioni al punto B sono comunemente accettate e *devono* – scrive Schüller – essere eseguite, nel tipo C invece le compensazioni riguardano "the wide area of equalization used to compensate for non-linear frequency response, caused by imperfect historical recording equipment and to eliminate rumble, needle noise, or tape hiss."<sup>9</sup> Si tratta dunque di interventi che sfuggono a criteri operativi standardizzabili e vanno pertanto rigorosamente documentati dal restauratore, stilando accurati rapporti di lavoro in cui vengano specificate le attrezzature, i sistemi utilizzati e tutte le fasi del restauro.

Schüller introduce poi un ulteriore livello d'intervento, quello interpretativo, circoscrivendolo al campo delle azioni che esulano dall'attività dell'archivista. Nella fase di registrazione il 'vero' suono di un interprete passa attraverso una serie di trasformazioni che iniziano con l'impronta acustica della sala, per arrivare alle manipolazioni del tecnico del suono. Queste consistono nel bilanciamento dei livelli dei diversi microfoni (e dunque dei singoli strumenti, nel caso di registrazione di ensembles), nell'uso di curve di equalizzazione soggettive, nell'aggiunta di riverberazione artificiale, nell'introduzione di effetti e nella manipolazione della dinamica. La compensazione di questi interventi non deve riguardare gli archivisti. "Sound archives are dedicated to the preservation of audio documents. Whenever re-recording (or transforming) becomes necessary, it must be done with historical faithfulness in mind. Careful documentation of all procedures is imperative. Re-

---

<sup>7</sup>Cfr. D. Schüller, "Preserving the facts for the future: Principles and Practices for the Transfer of Analog Audio Documents into the Digital Domain", presentato alla 106<sup>th</sup> AES Convention, München, 1999.

<sup>8</sup> D. Schüller, "The Ethics of...", cit., p. 1016.

<sup>9</sup> *Ibidem*.

issuing historical records by the record industry is another matter. If reinterpretations are carried out, they have to withstand artistic and aesthetic criticism.”<sup>10</sup>

Viene così riaffermato il principio, già introdotto da Storm, che idealmente tutte queste compensazioni, se applicate, devono essere basate su una conoscenza oggettiva delle diverse imperfezioni e sulla capacità di applicare dei precisi rimedi. Questo lavoro di ricostruzione del contenuto audio del documento sonoro può essere spinto fino al *rifacimento*: gli interventi possono andare in molteplici direzioni, dal riqualizzare il brano fino al remissaggio nel caso in cui si disponga di registrazioni multi-traccia. Con questo tipo di operazioni si passa da un puro lavoro di filologia ad un’azione di tipo artistico o commerciale: si parla di riversamento di tipo III<sup>11</sup> o reinterpretazione, caratterizzato in particolare dalla soggettività delle scelte di cui consiste.

In sintesi si può affermare che, per realizzare operazioni di re-recording conservativo eticamente e scientificamente corrette, è essenziale l’apporto delle conoscenze storico-critiche del documento sonoro, per integrare le informazioni direttamente ricavabili dall’esame del supporto e dall’analisi delle degradazioni del segnale.

La metodologia di conservazione prevede, come preliminare alla fase del riversamento conservativo, un’indagine per l’individuazione storico-tecnica dei documenti sonori e la ricostruzione delle condizioni in cui è avvenuta la loro produzione. L’epoca di incisione, la casa discografica, le modalità e il luogo di registrazione (dal vivo, in teatro o in sala di registrazione) ed infine gli strumenti usati sono tutti dati essenziali per determinare, ad esempio: la velocità di rotazione appropriata per la riproduzione (playback), la dimensione e la forma delle puntine, il tipo di equalizzazione, l’individuazione dei tipi di distorsione non lineare introdotti dal sistema di incisioni e di registrazione, la sua risposta in frequenza, ecc.

Si tratta in sostanza di ottenere quell’insieme di dati relativi alla produzione industriale, ai brevetti, alle modalità tecniche di realizzazione di questi particolari prodotti ed inoltre di recuperare una serie di informazioni esterne al segnale, necessarie per la scelta operativa del sistema di riproduzione.

Il processo del riversamento, così sinteticamente esposto, si presenta come qualcosa di molto più complesso della semplice duplicazione di un supporto sonoro. Come è stato più volte sottolineato in passato, questa procedura deve essere messa in atto da personale qualificato<sup>12</sup>: il tecnico del riversamento deve avere una preparazione pluridisciplinare, che copra perlomeno i campi generali della tecnica audio e della musicologia, nonché le nozioni specifiche relative alle problematiche del riversamento.

---

<sup>10</sup> D. Schüller, “The Ethics of...”, cit., p. 1016.

<sup>11</sup> AA.VV., *Guide...*, cit., p. 39.

<sup>12</sup> *Ivi*, p. 42.

## 1.2 Equalizzazione

L'equalizzazione costituisce un nodo importante del riversamento: la scelta di una curva errata altera modo sbagliato il segnale producendo un risultato falsato e non facilmente reversibile, poiché una curva di compensazione, per quanto esattamente complementare, conduce ad un ulteriore degrado del segnale (in particolare se i processi vengono condotti nel dominio analogico). Quest'operazione, dunque, dev'essere preceduta da un lavoro di indagine e di riflessione che porti a scegliere i parametri più adeguati.

Al di là delle conoscenze specifiche relative all'uso della tecnica dell'equalizzazione nella registrazione dei diversi supporti sonori (vedi capitoli seguenti), si possono introdurre alcuni concetti generali relativi al lavoro che il tecnico addetto al riversamento deve svolgere al fine di ottenere un vero riversamento conservativo (tipo B nella classificazione di Schüller).

Per quanto riguarda le registrazioni effettuate in epoca recente (post-1960 per i dischi e post-1965 per i nastri), è altamente probabile che siano state adottate le curve standard scelte dalle principali organizzazioni del settore (RIAA, NAB, IEC, ecc.). Si impone, tuttavia, la necessità di verificare sempre, se possibile, se il nastro è stato effettivamente registrato secondo lo standard, in base al reperimento di informazioni specifiche.

Per quanto riguarda le registrazioni precedenti all'epoca dell'introduzione degli standard si tenga presente, innanzitutto, che le curve di equalizzazione impiegate hanno generalmente una forma semplice e non sono costituite da risonanze a particolari frequenze, bensì da andamenti gradualmente nello spettro, determinati principalmente dalla combinazione di filtri passa-basso, passa-alto e di tipo shelving (vedi paragrafo 2.1). Le indicazioni sul tipo di equalizzazione utilizzata in una registrazione consistono usualmente di parametri relativi a questo tipo di filtri, tra i quali si ricordano la frequenza di turn-over, il livello di roll-off, la costante di tempo: analizzeremo in dettaglio il significato di queste misure nei prossimi paragrafi.

Vengono ora proposti, invece, alcuni suggerimenti generali in base ai quali indirizzare la ricerca dei valori di detti parametri.

In alcuni casi, la registrazione contiene in testa dei segnali di test utili per la ricostruzione della curva di equalizzazione utilizzata. Questi segnali non sono standardizzati, ma sono spesso costituiti da una serie di toni sinusoidali a diverse frequenze. Questi toni vengono generati tutti alla medesima intensità, quindi fatti passare attraverso i filtri utilizzati in registrazione: in questo modo possiamo calibrare la macchina per la registrazione secondo il metodo del "nastro test", che verrà illustrato nel successivo paragrafo 1.4. In alcuni casi si può disporre anche di informazioni dettagliate (nella documentazione allegata) per una univoca interpretazione di questi segnali. La presenza di segnali di test consente di avere la certezza di operare nel modo corretto, meglio ancora se in concordanza con altre fonti di informazione come quelle che seguono.

L'etichetta, la custodia o il materiale cartaceo allegato possono contenere indicazioni specifiche riguardanti l'equalizzazione. Normalmente le indicazioni si limitano ai parametri elencati sopra o alla sigla dello standard adottato. La casa discografica (se ancora esiste) o alcuni tecnici che hanno lavorato nella produzione o nell'archiviazione del materiale discografico in nostro possesso possono darci delle

indicazioni preziose sulle scelte compiute nella registrazione, o procurarci della documentazione tecnica riferita all'epoca di nostro interesse. Alcune informazioni sono inoltre raccolte in pubblicazioni dedicate alla tecnica dell'equalizzazione nella registrazione dei supporti.

In assenza di dati - generali o specifici - sulle curve adottate, non resta che confrontare la registrazione con altre effettuate nel medesimo studio negli stessi anni.

E' da consigliare, in tutti i casi, l'utilizzo incrociato di più di uno di questi metodi di ricostruzione dell'equalizzazione adatta. E' inoltre opportuno effettuare anche un riversamento "flat" - cioè con risposta lineare - del materiale, e conservare sempre il supporto originale (quando questo non si disintegri). Solo in questa maniera potremo in futuro ripetere il riversamento o applicare un'equalizzazione diversa, se sopravverranno nuove tecnologie e nuove conoscenze che ci consentano un re-recording più accurato.

Alcuni dubbi sono stati esposti riguardo a quali apparecchiature sia meglio utilizzare per l'equalizzazione nel riversamento. Filtrare nel dominio digitale consentirebbe di non deteriorare la registrazione con ulteriori disturbi, inevitabili quando si utilizzano macchine analogiche. Tuttavia, l'opinione diffusa è che l'equalizzazione analogica "suoni meglio" e che non sia ancora stata inventata una tecnica digitale in grado di dare il medesimo risultato in questo processo. La ragione di queste differenze è da ricercare probabilmente nella stessa imperfezione dei circuiti di filtraggio analogici, che introducono sempre una certa quantità di distorsioni indesiderate e che prevedono una serie di interazioni interne tra i componenti, scarsamente misurabili, ma che contribuiscono a "far suonare" in un certo modo il segnale.

### *1.3 Riversamento di dischi e cilindri*

Nel riversamento dei dischi, l'equalizzazione gioca un ruolo molto importante e diversi studi<sup>13</sup> sono stati effettuati per determinare le corrette equalizzazioni da utilizzare. Nella storia della registrazione elettrica del disco sono state applicate curve di equalizzazione diverse dai diversi studi di registrazione, ed anche all'interno dell'attività di uno studio si possono distinguere diversi periodi, con l'uso di curve diverse. Ogni incisione, inoltre, rappresenta un caso a sé: spesso venivano applicate delle modifiche alle curve, sia per motivazioni legate alla natura del segnale, sia per scopi artistici. E' chiaro che utilizzare un'equalizzazione diversa può dare al pezzo un sapore diverso, e spesso questo scopo si raggiungeva modificando proprio i circuiti destinati al filtraggio da applicare per una migliore registrazione.

Per quanto riguarda i cilindri e i dischi registrati acusticamente, prevale oggi la tendenza a non applicare alcuna equalizzazione al momento del riversamento. Il cono di registrazione e il diaframma hanno un effetto di esaltazione o attenuazione nei confronti di determinate frequenze o bande: l'impossibilità, tuttavia, di sapere quale macchina sia stata usata per una determinata registrazione e, anche nel caso in cui la ricerca avesse buon esito, le difficoltà di uno studio che possa determinare la

---

<sup>13</sup> E' indispensabile citare almeno J. R. Powell, R. G. Stehle, *Playback equalizer settings for 78rpm recordings*, Gramophone Adventures, Portage (MI), 1993.



funzione di trasferimento applicata dal sistema al segnale in ingresso fanno rinviare questa correzione alla fase di restauro (riversamento di tipo II) o all'eventuale reinterpretazione dei brani.

Nel caso dei dischi registrati con il metodo elettrico, introdotto gradualmente a partire dal 1925, il ruolo dell'equalizzazione è più importante, visto che nei tecnici nacque una certa coscienza dell'importanza di questi accorgimenti per una miglior resa del prodotto sonoro. Gli operatori del tempo si sono sbizzarriti nello sperimentare diverse impostazioni, alla ricerca del miglior risultato possibile. Questo ha fatto sì che ora, al momento di riprodurre un disco, ci si debba sempre chiedere quale sia la curva di equalizzazione che dobbiamo applicare per compensare le alterazioni impiegate in fase di registrazione.

Fortunatamente, le curve non sono mai troppo complesse: generalmente sono costituite da un intervento sulle basse frequenze ed uno sulle alte frequenze. Per i motivi che vedremo nel paragrafo 3.1, in registrazione le basse frequenze vengono attenuate e le alte vengono leggermente enfatizzate, mentre in riproduzione si applicano le correzioni complementari.

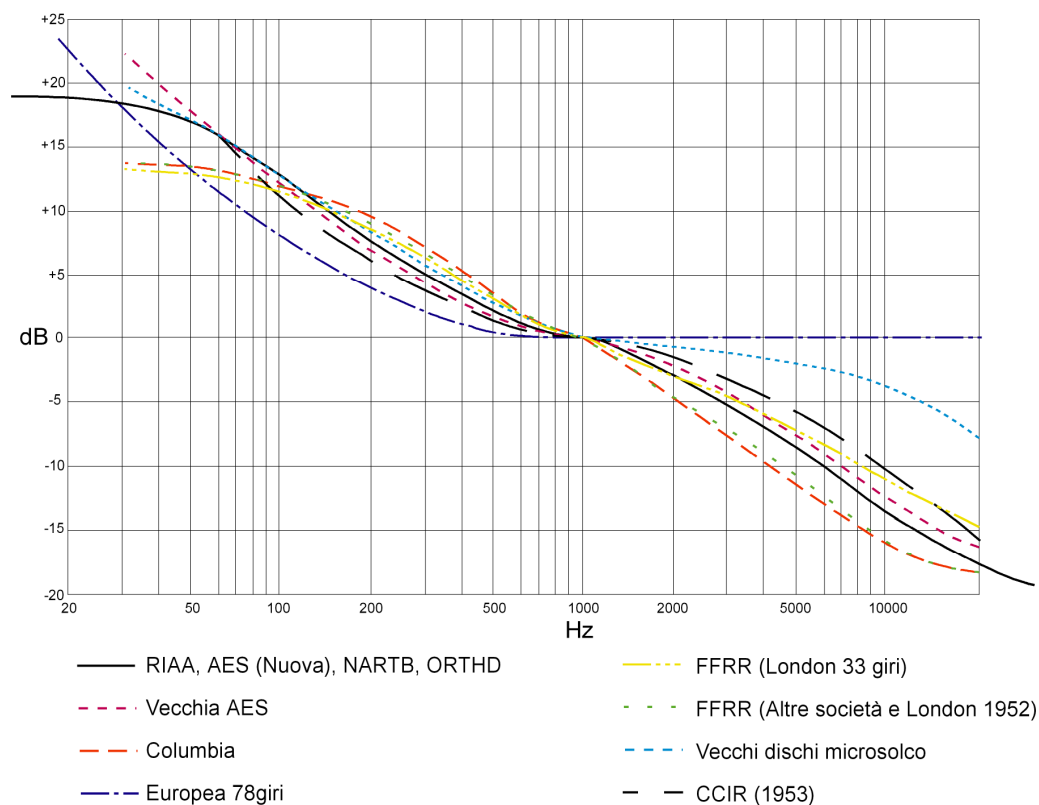


FIGURA 1.2 Alcune delle principali curve standard per la riproduzione dei dischi.

Con il passare degli anni ci si è resi conto della necessità di standardizzare le curve applicate, ed alcune delle principali associazioni nel campo della registrazione hanno emesso delle proposte di standard, che purtroppo però sono state adottate solo da alcune case discografiche, e non sempre per tutte le registrazioni.

Bisognerà aspettare il 1953, quando la RIAA<sup>14</sup> adottò la celebre curva che a tutt'oggi viene utilizzata per registrare e riprodurre i dischi, riportata in nero in figura 1.2. Purtroppo, soltanto dal 1960 tale curva risulta prevalentemente utilizzata da quasi tutte le case discografiche.

I parametri per la descrizione delle curve di equalizzazione per i dischi sono generalmente i seguenti:

- la frequenza di turn-over, che rappresenta la frequenza di taglio per la riduzione dei bassi in registrazione (e per la successiva enfattizzazione in riproduzione), che segue in linea generale la pendenza di 6dB/ottava;
- il roll-off, cioè il guadagno in dB di pre-enfasi (e successiva de-enfasi in riproduzione) a 10 kHz; la frequenza di taglio dei filtri impiegati per gli acuti variava tra i 2 e i 5 kHz.

Si riportano alcune tabelle dei parametri per ricostruire le curve adottate da alcune importanti etichette di dischi<sup>15</sup>. La prima tabella si riferisce ai dischi a 78 giri e per alcune curve riporta, oltre alla frequenza di turn-over e al guadagno di rolloff, i valori del guadagno a 50 Hz e la frequenza di inizio del rolloff.

Editore	Turnover	Aum. ai 50 Hz	Rolloff	Inizio Rolloff
■Acoustics	(0 Hz)		0 dB	
■Blumlein	(250 Hz)	12 dB	0 dB	
■Brunswick	NAB		0 dB	
■BSI	(353 Hz)	14 dB	-10.5 dB	3.18 KHz
■Capitol (1942)	AES		-12 dB	
■Columbia (1925)	(200 Hz)		-7 dB	
■Columbia (1938)	(300 Hz)	14 dB	-16 dB	1.6 KHz
■Columbia (Eng.)	(250 Hz)		0 dB	
■Primi Decca	(150 Hz)	11 dB	-6 dB	5.8 KHz
■Decca (1934)	AES		-12 dB	
■Decca FFRR (1949)	(250 Hz)		-5 dB	
■primi 78 giri (mid-'30)	NAB		0 dB	
■EMI (1931)	(250 Hz)		0 dB	
■HMV (1931)	(250 Hz)	12 dB	0 dB	
■London FFRR (1949)	(250 Hz)	12 dB	-5 dB	
■Mercury	AES		-12 dB	
■MGM	RIAA		-12 dB	
■Parlophone	NAB		0 dB	
■Victor (1925)	(200-500 Hz)		-7 dB	
■Victor (1938-47)	NAB		-7 dB	
■Victor (1947-52)	NAB		-12 dB	
■Westrex	(200 Hz)	15 dB	0 dB	

Vediamo ora invece i valori di turnover e di rolloff per i dischi long playing. Si ricorda che a partire dal 1953 le etichette hanno gradualmente cominciato ad adottare la curva RIAA (vedi sopra): spesso in tabella è riportata anche la data di abbandono di una curva specifica da parte delle etichette, in favore dell'adozione della RIAA.

<sup>14</sup> Recording Industry Association of America.

<sup>15</sup> S. Canazza Targon, *Dispense per il corso di Basi di dati e sistemi informativi*, Laboratorio Mirage, Università di Udine, Gorizia, a.a. 1999-2000.

<b>Editore</b>	<b>Turnover</b>	<b>Rolloff</b>
■Angel	NAB	-12 dB
■Audio Fidelity	NAB	-16 dB
■Bach Guild (501-529)	NAB	-16 dB
■Bartok 301-304, 309, 906, 920	(629 Hz)	-16 dB
■Boston	COL	-16 dB
■Caedmon 1001-1022	(629 Hz)	-16 dB
■Capitol	AES	-12 dB
■Capitol-Cetra	AES	-12 dB
■Cetra-Soria	COL	-16 dB
■ "	AES	-12 dB
■Colosseum	AES	-12 dB
■ "	COL	-16 dB
■Columbia	COL	-16 dB
■Concert Hall	AES	-12 dB
■ "	COL	-16 dB
■ " (fino al 1954)	RIAA	-8.5 dB
■Decca	AES	-12 dB
■Decca (fino al 11/55)	COL	-16 dB
■Decca FFRR (1951)	(300 Hz)	-14 dB
■Decca FFRR (1953)	(450 Hz)	-11 dB
■Ducretet-Thomson	(450 Hz)	-11 dB
■Emi	EMI	-12 dB
■EMS	(375 Hz)	-12 dB
■Epic (fino al 1954)	COL	-16 dB
■Esoteric	AES	-12 dB
■Folkways	COL	-16 dB
■Haydn Society	COL	-16 dB
■HMV	COL	-16 dB
■London (fino al LL-846)	(450 Hz)	-11 dB
■London International	(450 Hz)	-11 dB
■Lyrichord	COL	-16 dB
■ "	AES	-16 dB
■ " nuovi:	(629 Hz)	-16 dB
■Mercury (fino al 10/54)	AES	-12 dB
■MGM	NAB	-12 dB
■Oceanic	COL	-16 dB
■Oiseau-Lyre (fino al 1954)	COL	-8.5 dB
■Overtone	NAB	-16 dB
■Polymusic	NAB	-16 dB
■RCA Victor (fino al 8/52)	NAB	-12 dB
■Remington	NAB	-16 dB
■Urania	COL	-16 dB
■Urania (AES eq)	AES	-12 dB
■Vanguard (411-22, 6000-18)	COL	-16 dB
■Vox (fino al 1954)	COL	-16 dB
■Westminster (pre - 1956)	NAB	-16 dB
■ "	AES	-12 dB

Quest'ultima tabella riporta i valori dei parametri per alcune curve standard (vedi anche figura 1.2), le cui sigle sono state spesso riportate anche nelle tabelle precedenti, ad indicare a quale di questi standard si rifacessero le etichette.

Nome	Turnover	Aum. ai 50 Hz	Rolloff	Inizio Rolloff
■AES	400 Hz		-12 dB	
■EMI	450 Hz	14.5 dB	12 dB	2.5 KHz
■FFRR (1949)	250 Hz	12 dB	-5 dB	6.36 KHz
■FFRR (1951)	300 Hz		-14 dB	
■FFRR (1953)	450 Hz	12.5 dB	-11 dB	3 KHz
■LP / COL	500 Hz	12.5 dB	-16 dB	1.59 KHz
■NAB	500 Hz	16 dB	-16 dB	1.6 KHz
■Orthophonic (RCA)	500 Hz		-11 dB	
■629	629 Hz		0 dB	
■RIAA - CCIR	500.5 Hz	17 dB	-13.7 dB	2.1215 KHz

Si ribadisce che l'utilizzo di una particolare equalizzazione va sempre giustificato con più argomentazioni e che a fianco della consultazione di tabelle come questa deve esserci, quando possibile, il confronto con informazioni precise direttamente collegate al supporto da riversare.

In ogni caso è preferibile effettuare una copia digitale anche del segnale riversato linearmente ed è sempre necessario conservare il supporto originale (disco), in previsione di futuri miglioramenti nella tecnologia di lettura.

In conclusione, quando ci troviamo davanti ad un disco dobbiamo agire secondo queste regole riguardo all'equalizzazione:

- Se il disco è anteriore al 1925 o siamo certi che sia registrato con sistema acustico, lo riverseremo con una risposta in frequenza lineare.
- Se il disco è posteriore al 1960, possiamo utilizzare la curva standard RIAA per la riproduzione, verificandone l'adozione da parte della casa discografica, ove possibile.
- Negli altri casi, dobbiamo procedere ad un'indagine storica per scoprire quale sia l'equalizzazione corretta da applicare.

#### 1.4 Riversamento di nastri magnetici

Le applicazioni dell'equalizzazione al caso dei nastri magnetici verranno dettagliatamente esposte nel paragrafo 3.2.3, dove si distinguerà tra le due motivazioni per cui viene introdotta:

- la compensazione dei comportamenti non lineari in frequenza di alcune parti dei circuiti di registrazione e riproduzione;
- il raggiungimento di un miglior rapporto segnale-rumore (equalizzazione "ELO"; tale tecnica verrà esposta analiticamente nel paragrafo 2.4).

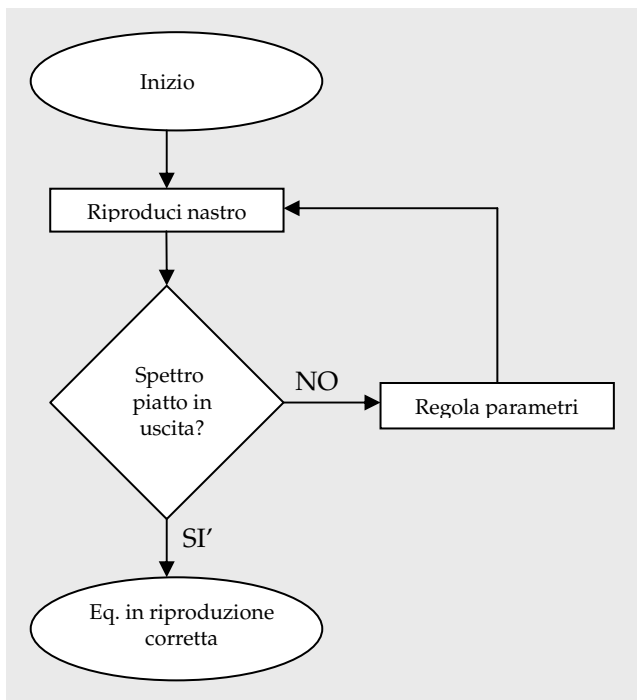


FIGURA 1.3 Calibrazione in riproduzione.

Al fine di rendere possibile un efficace interscambio dei nastri registrati tra diversi utenti o istituzioni, sono state introdotte da parte degli organismi associativi nel campo della registrazione e del broadcasting alcune curve di equalizzazione standard. Queste si riferiscono all'equalizzazione necessaria per il secondo motivo tra quelli indicati sopra, e cioè per il miglioramento del rapporto segnale-rumore del sistema registrazione/riproduzione. La compensazione degli effetti spettrali dei componenti delle macchine, variando da registratore a registratore, è lasciata alle scelte delle singole case costruttrici.

Al tempo stesso è stato ideato un metodo per calibrare le macchine per la registrazione e la riproduzione affinché queste rispettino rigorosamente uno degli standard per l'equalizzazione "ELO". Sono stati realizzati, infatti, dei nastri test contenenti dei segnali (tipicamente, una serie di sinusoidi) registrati applicando accuratamente una di queste curve di equalizzazione. Al momento della taratura, il tecnico disporrà i parametri che ha a disposizione affinché lo spettro dei segnali in uscita, nel complesso, risulti piatto<sup>16</sup>. L'equalizzazione risultante da tali parametri sarà dunque esattamente complementare allo spettro dei segnali del nastro test. Se la registrazione del nastro da riversare è stata effettuata secondo la medesima curva del nastro test, il riversamento risulterà corretto.

I nastri test sono differenziati non solo in base all'organismo che li emette, ma anche a seconda della velocità di riproduzione a cui si riferiscono<sup>17</sup>. Lo spettro complessivo dei toni contenuti nel nastro è effettivamente inverso rispetto a quello dell'equalizzazione che dovremo impostare sulla macchina per la riproduzione e segue una curva stabilita dall'organismo che emette lo standard. Alcune di queste curve sono riportate in figura 1.4.

<sup>16</sup> Le tolleranze consentite sono di 4dB per i sistemi professionali e 12dB per quelli casalinghi. Cfr. M. Camras, *Magnetic Recording Handbook*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1987, p. 284.

<sup>17</sup> Le risposte in frequenza del nastro e della testina, infatti, variano a seconda della velocità di scorrimento del nastro. *Ivi*, p. 279.

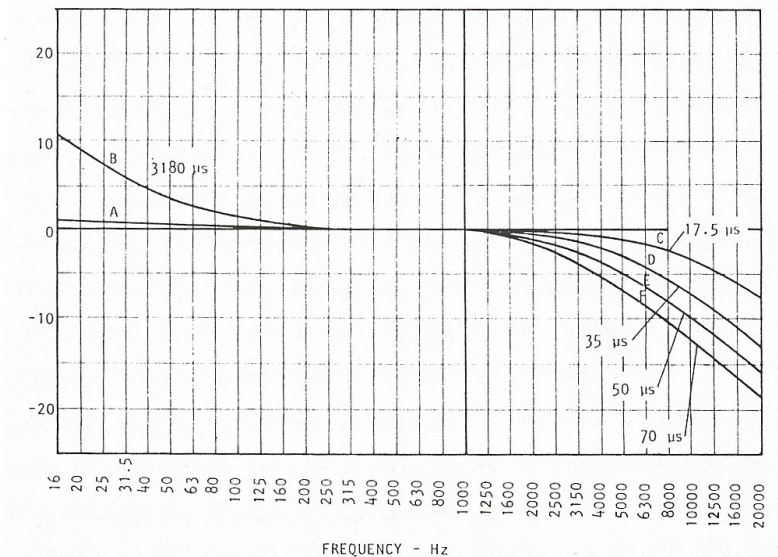


FIGURA 1.4 Spettro del flusso magnetico dei nastri test relativi ad alcuni standard.

Gli spettri di figura 1.4 si possono immaginare come la combinazione di uno spettro piatto con una risposta in frequenza enfatizzata nelle basse frequenze e attenuata nelle alte frequenze. Una simile risposta può essere realizzata con due semplici filtri (in serie tra loro) composti ciascuno di un resistore e un condensatore, disposti secondo le due modalità illustrate in figura 1.5.

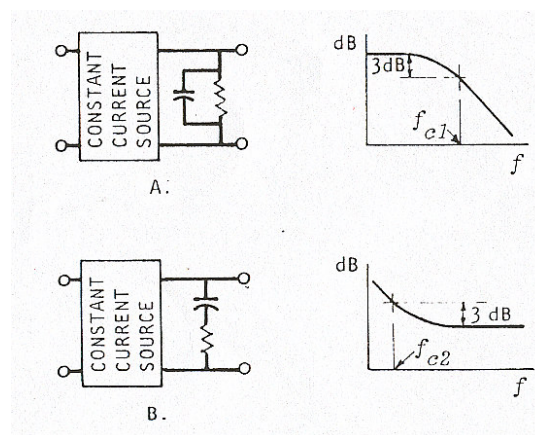


FIGURA 1.5 Circuiti RC corrispondenti alle curve dei nastri test.

E' noto che la risposta di un circuito RC non dipende tanto dai singoli valori di resistenza e capacità dei due componenti, ma solo dal prodotto tra i due. Questo prodotto si indica con la lettera greca  $\tau$  e viene definito "costante di tempo del filtro", perché ha la dimensione di un tempo<sup>18</sup>.

$$\tau = RC \tag{1.1}$$

<sup>18</sup> Nel sistema S.I., misurando  $R$  in Ohm e  $C$  in Farad,  $\tau$  risulterà espressa in secondi.

Si dimostra che in un circuito RC di tipo passa-alto o passa-basso vale la relazione:

$$\tau = \frac{1}{2\pi f} \quad (1.2)$$

dove  $f$  è la frequenza di taglio del filtro, così come definita nel paragrafo 2.1.

Si è ritenuto utile e molto semplificativo l'utilizzo di nastri test con spettri simili a quelli riportati in figura 1.4, proprio perché le curve si possono esprimere sinteticamente indicando le costanti di tempo corrispondenti alla risposta negli acuti e nei bassi e per la semplicità di costruzione di filtri adatti a realizzare un'equalizzazione con queste caratteristiche. A differenti valori di  $\tau$  corrispondono diverse frequenze di taglio, quindi segnali più o meno attenuati negli acuti e più o meno enfatizzati nei bassi.

Riportiamo ora una tabella in cui sono indicate le costanti di tempo per nastri professionali<sup>19</sup> relative a diversi standard e a diverse velocità di scorrimento:

Speed		Transition frequencies <sup>10</sup>		Equivalent time constants <sup>10</sup>		Standardizing organization
cm/s	in/s	$f_l$ , Hz	$f_h$ , Hz	$t_l$ , $\mu$ s	$t_h$ , $\mu$ s	
76	30	0	9000	$\infty$	18	Ampex professional equipment CCIR (1953 or earlier to 1966); IEC (1968); DIN (1962)
		0	4500	$\infty$	35	
38	15	50	3150	3180	50	NAB (1953 and 1965); EIA (1963) CCIR (1953 or earlier through 1966); IEC (1968); DIN (1962)
		0	4500	$\infty$	35	
19	7.5	50	3150	3180	50	Ampex professional equipment; NAB (1965); RIAA (1968); EIA (1963); DIN home (1966) EIA Standards Proposal 1015; Ampex Stereo Tapes & Consumer Equipment (1967 to present) CCIR (1966); IEC (1968); DIN Studio (1966) <sup>a</sup>
		0	3150	$\infty$	50	
		0	2240	$\infty$	70	
9.5	3.75	50	1250	3180	120	EIA (1959); Ampex professional equipment (1959 to present) <sup>b</sup> ; DIN (1962) EIA Standards Proposal 1015; Ampex Stereo Tapes & Consumer Equipment (1967 to present) NAB (1965); RIAA (1968); IEC (1968) <sup>c</sup>
		0	1600	$\infty$	100	
		50	1800	3180	90	
4.76	1.87	50	800	3180	200	Ampex Consumer Products DIN (1966); IEC (1968); RIAA (1968); Philips Compact Cassette system
		100	1250	1590	120	

<sup>a</sup>  $\infty$ - and 100- $\mu$ s were formerly used by CCIR, IEC and DIN.

<sup>b</sup> 3180- and 200- $\mu$ s formerly used by Ampex (1953-1958).

<sup>c</sup> 3180- and 140- $\mu$ s formerly used by IEC (1964).

La tolleranza entro cui la curva del sistema può scostarsi rispetto allo standard è di 4 dB.

<sup>19</sup> J. G. McKnight, "Flux and Flux-Frequency Measurements and Standardization in Magnetic Recording" in *Journal of the SMPTE*, vol. 78, 1969.

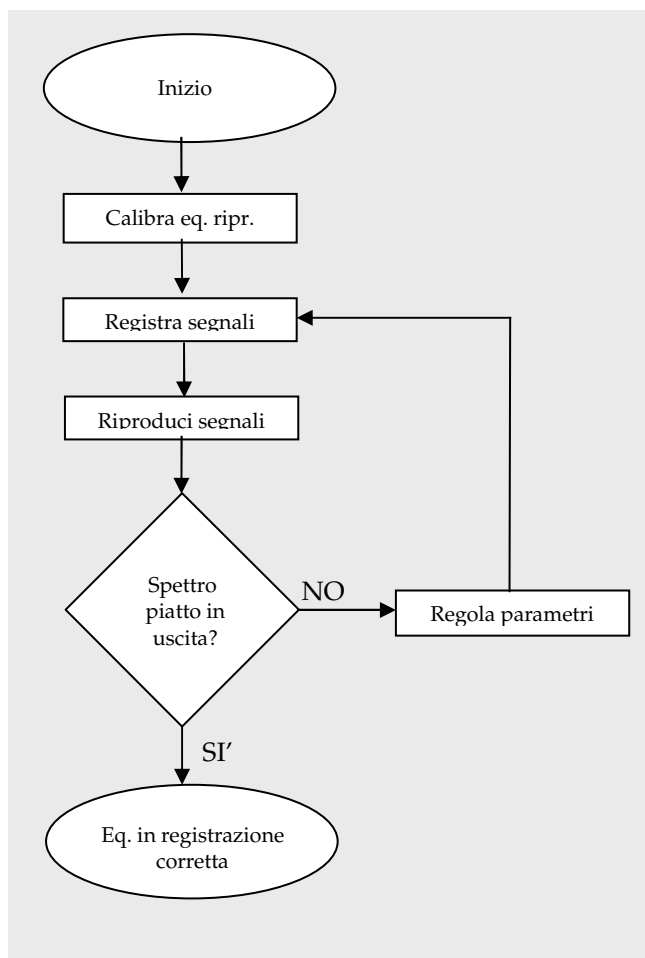


FIGURA 1.6 Calibrazione in registrazione.

Se si desidera tarare l'apparecchio per la registrazione è necessario generare dei segnali (preferibilmente toni sinusoidali distribuiti lungo lo spettro, tutti alla medesima intensità), registrarli e riprodurli attraverso l'equalizzazione per la riproduzione, già precedentemente calibrata secondo lo standard. La regolazione in registrazione sarà corretta quando nel riascolto si otterrà il medesimo spettro che si era inviato al registratore (piatto, se i toni erano tutti alla medesima intensità). Questo ci garantisce che il segnale venga registrato con risposta pari allo spettro del flusso registrato sul nastro test, cioè esattamente secondo la curva stabilita dallo standard.

Per quanto riguarda le registrazioni non professionali il funzionamento è in sostanza lo stesso, benché le calibrazioni vengano effettuate a livello industriale e l'utente quindi non debba

preoccuparsi della loro programmazione. Le diverse curve vengono scelte a seconda del materiale magnetico del nastro, con un apposito comando azionabile dall'utente o tramite un sistema automatico. La tolleranza, nel caso di registrazioni non professionali, è aumentata a 12dB.

L'efficacia del metodo del nastro test è dovuta alla sua indipendenza dalla reale implementazione dei filtri della macchina. Affinché il sistema risulti calibrato, infatti, è sufficiente che la risposta complessiva del sistema nastro test-segnale in uscita e segnale in entrata-nastro-riproduzione siano piatte. Tutto ciò a prescindere dalle successive trasformazioni che il segnale subisce all'interno della macchina e dall'effettiva implementazione dei filtri nei suoi circuiti. Spesso, infatti, nei registratori la compensazione delle risposte non lineari dei componenti e l'equalizzazione "ELO" sono realizzate da un unico circuito, che garantisce una risposta adeguata nel complesso. I parametri di configurazione dei filtri e i loro comandi di azionamento, inoltre, possono variare notevolmente tra le macchine. Con il nastro test possiamo avere la certezza che la nostra macchina sia compatibile con lo standard adottato, seguendo un metodo comune, attuabile su qualsiasi registratore.



## 2. Il filtraggio

### 2.1 Introduzione

Di grandissima importanza nel campo delle telecomunicazioni, lo studio e la progettazione dei filtri costituiscono uno dei capitoli più classici dei controlli automatici. L'introduzione di circuiti di filtraggio è dovuta alle esigenze di riduzione di banda per le telecomunicazioni telefoniche. Uno dei primi studi sull'argomento è stato prodotto nel 1903 da G. A. Campbell<sup>20</sup>, detentore tra l'altro di diversi brevetti nel campo dell'ingegneria del filtraggio.

Un filtro è un qualsiasi sistema lineare e tempo-invariante che operi su un segnale<sup>21</sup>. Un sistema si dice lineare se "Data una somma pesata di funzioni in ingresso, la funzione di uscita si può ottenere come somma pesata, con gli stessi pesi, delle funzioni che si otterrebbero in uscita se il sistema fosse alimentato con le singole funzioni di ingresso"<sup>22</sup>, ossia nel caso in cui:

$$aF(u(t)) + bF(v(t)) = F(au(t) + bv(t)) \quad (2.1)$$

dove  $F$  rappresenta il filtro,  $u$  e  $v$  i segnali in ingresso.

Un sistema si definisce tempo-invariante quando il suo comportamento nei confronti del segnale in ingresso è sempre lo stesso, indipendentemente dall'istante in cui ci troviamo.

Grazie ad un filtro possiamo eliminare (o meglio, ridurre drasticamente) una particolare frequenza, limitare la larghezza di banda del segnale, enfatizzare una particolare regione, ecc.

La matematica ci mette a disposizione un ottimo strumento per lo studio delle caratteristiche dei filtri, e cioè la trasformata di Laplace. Essa è stata introdotta in modo da consentire un più agevole approccio al calcolo differenziale. La trasformata di Laplace di una funzione  $y(t)$ ,  $t \in R$  è definita come una funzione di variabile complessa:

$$Y_L(s) = \int_{-\infty}^{+\infty} y(t)e^{-st} dt, s \in \Gamma \subset C \quad (2.2)$$

dove  $\Gamma$  è la regione in cui l'integrale non è divergente. La regione  $\Gamma$  risulta sempre una striscia verticale del piano, all'interno della quale la trasformata può essere invertita:

$$y(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{\sigma-j\infty}^{\sigma+j\infty} Y_L(s)e^{st} ds, t \in R \quad (2.3)$$

---

<sup>20</sup> G. A. Campbell, "On Loaded Lines in Telephonic Transmission" in *Philosophical Magazine*, Cambridge, March 1903.

<sup>21</sup> Si definisce segnale una funzione che abbia come dominio l'asse temporale.

<sup>22</sup> D. Rocchesso, *Elaborazione del suono: Appunti per il corso di Informatica Musicale per il Centro Tempo Reale*, Centro di Sonologia Computazionale, Università di Padova, Padova, 1998.

Una proprietà centrale della trasformata di Laplace è data dal fatto che l'operazione di derivata si trasforma in un prodotto per la variabile complessa  $s$ :

$$\frac{dy(t)}{dt} \leftrightarrow sY_L(s) \quad (2.4)$$

mentre l'integrale si trasforma in una divisione per la variabile complessa  $s$ :

$$\int_{-\infty}^t y(u)du \leftrightarrow \frac{1}{s}Y_L(s) \quad (2.5)$$

Nel campo dell'audio la trasformata di Laplace presenta aspetti molto notevoli, grazie alla scelta di  $s=j\omega$ , dove  $\omega=2\pi f$  ( $f$ =frequenza). Si parla in questo caso di trasformata di Fourier, e la nuova funzione ha delle caratteristiche molto interessanti: se  $y(t)$  è un segnale,  $Y(j\omega)$  è il suo spettro, cioè il suo contenuto frequenziale.

Ogni filtro può essere descritto efficacemente da un'equazione differenziale. Applicando la trasformata di Laplace, però, possiamo ridurre tale equazione alla generica forma:

$$Y(j\omega) = H(j\omega)X(j\omega) \quad (2.6)$$

dove  $X(j\omega)$  è lo spettro del segnale in ingresso e  $Y(j\omega)$  è lo spettro del segnale in uscita.  $H(j\omega)$  si definisce funzione di trasferimento del sistema e ne specifica il comportamento in base al contenuto frequenziale del segnale. Il modulo di  $H(j\omega)$  ci dà la risposta in frequenza del filtro, cioè la variazione di potenza spettrale delle componenti. La fase della funzione di trasferimento ci dà la risposta in fase del sistema: un filtro, infatti, può provocare ritardi diversi per le diverse componenti del segnale, cioè in altre parole un'alterazione delle fasi di tali componenti. Solitamente per gli scopi musicali viene presa in esame soprattutto la risposta in frequenza, dato che la fase viene considerata meno importante ai fini percettivi.

Nel dominio del tempo, la 2.6 è sostituita dall'equazione seguente:

$$y(t) = h(t) * x(t) \quad (2.7)$$

dove con il simbolo  $*$  si indica l'operazione di convoluzione.  $h(t)$  rappresenta il segnale uscente dal filtro nel caso in cui all'ingresso sia applicato un impulso ideale: per questo motivo questo è definito "risposta all'impulso".

Per descrivere completamente un filtro è sufficiente fornire una di queste due funzioni, che sono i rispettivi equivalenti in due diversi domini. In base al comportamento della funzione di trasferimento, i filtri vengono tradizionalmente suddivisi in due categorie:

- filtri FIR (risposta all'impulso finita), in cui la risposta all'impulso diventa nulla dopo che il segnale in ingresso diventa nullo, che

ammettono almeno una realizzazione in cui la funzione di trasferimento non è dotata di denominatore.

- filtri IIR (risposta all'impulso infinita), in cui la risposta all'impulso risulta in generale infinitamente estesa e in cui la funzione di trasferimento è dotata di denominatore.

In base al comportamento nei confronti dello spettro, i filtri si dividono in diverse categorie:

- filtri passa-alto, che si comportano linearmente<sup>23</sup> a partire da una particolare frequenza e attenuano le frequenze inferiori;
- filtri passa-basso, che si comportano linearmente fino ad una particolare frequenza e attenuano le frequenze superiori;
- filtri passa-banda, che si comportano linearmente nella zona (banda) compresa fra due frequenze, attenuando lo spettro restante;
- filtri elimina-banda, che si comportano linearmente in tutto lo spettro, tranne in una particolare banda, che viene attenuata;
- filtri passa-tutto, che hanno una risposta in frequenza lineare, mentre quella che varia è la risposta in fase.

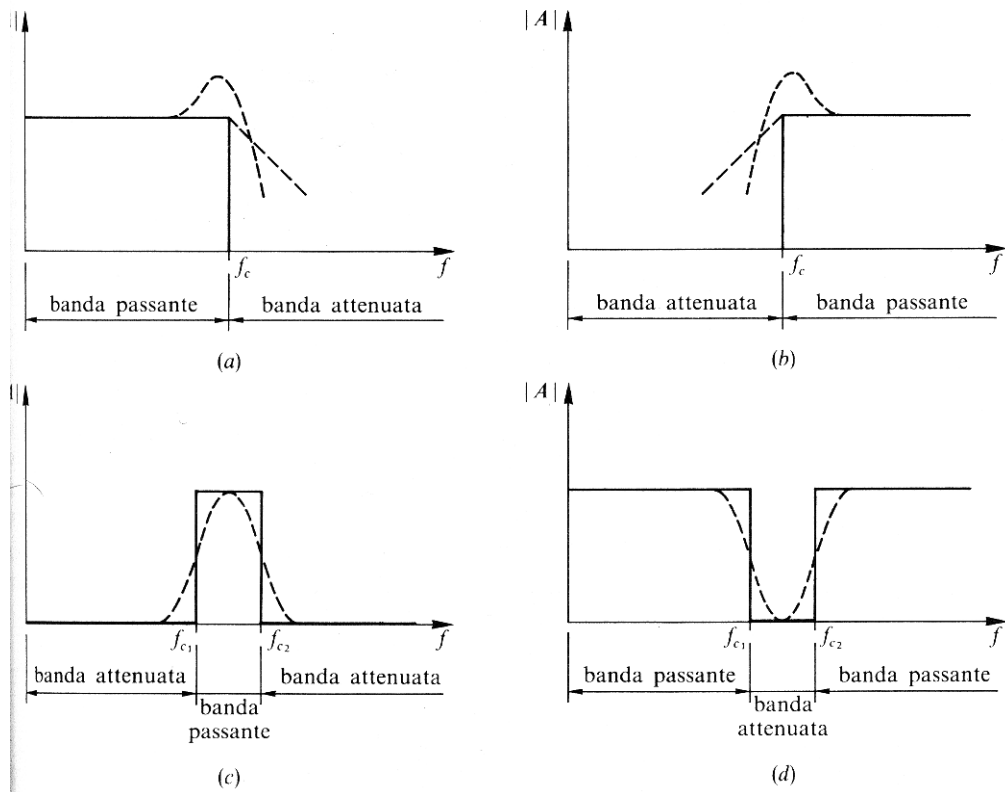


FIGURA 2.1 Funzioni di trasferimento per le diverse tipologie di filtro: (a) passa-basso, (b) passa-alto, (c) passa-banda, (d) elimina-banda.

<sup>23</sup> Ovviamente, la pretesa di linearità è solo una approssimazione. Una maggiore o minore linearità in banda passante dipende, oltre che dalla qualità dei componenti, dal tipo di implementazione scelto. Per ogni tipo di filtro, infatti, esistono diversi schemi di realizzazione circuitale, che vanno sotto il nome degli scienziati che li hanno proposti (Butterworth, Chebyshev, ecc...).

Si definisce banda passante la parte di spettro che viene lasciata invariata dal filtro (o eventualmente enfatizzata). Si definisce banda attenuata la parte di spettro che, al contrario, viene eliminata o attenuata.

La funzione di trasferimento di un filtro, come si è visto in precedenza, è una funzione razionale fratta a variabile complessa. Il massimo esponente a cui è elevata la variabile viene detto ordine del filtro e determina la pendenza del filtro, cioè con quanta rapidità si passa dalla banda passante alla banda attenuata. Come si può vedere dalla figura 2.1, infatti, la risposta ideale di un filtro (linea continua) è caratterizzata da scalini che consentirebbero il passaggio immediato da banda passante a banda attenuata. Non è possibile costruire nella realtà (neppure in dominio digitale) filtri con tali caratteristiche<sup>24</sup>. Nell'approssimare questa risposta ideale (linee tratteggiate in fig. 2.1) l'ordine del filtro e il tipo di implementazione sono le specifiche che fanno la differenza. I valori di  $\omega$  che mandano a zero il numeratore della funzione di trasferimento vengono detti "zeri" del filtro e rappresentano le frequenze alle quali si ha risposta in frequenza nulla. I valori di  $\omega$  che mandano a zero il denominatore della funzione vengono detti "poli" del filtro e rappresentano le frequenze alle quali si ha risposta in frequenza infinita.

Nel caso di filtri passa-alto e passa-basso, si definisce frequenza di taglio la frequenza alla quale la potenza spettrale è di 3 dB inferiore a quella della banda passante. Nel caso di filtri passa-banda o elimina-banda, si definisce fattore di merito (Q) il rapporto tra la frequenza centrale del filtro e l'estensione della banda per la quale la potenza spettrale si trova a non più di 3 dB di distanza da quella della frequenza centrale:

$$Q = \frac{f_0}{\Delta f} \quad (2.8)$$

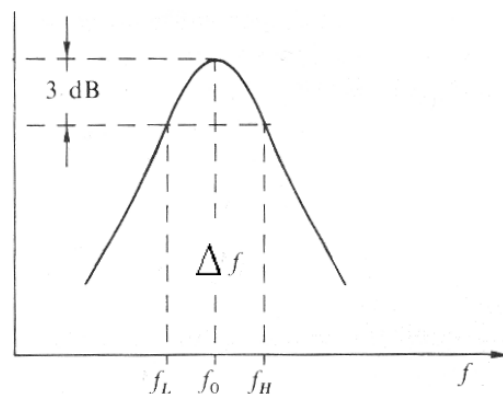


FIGURA 2.2: Fattore di merito (Q).

Non necessariamente i filtri vengono utilizzati in configurazione singola. E' infatti tipico che per raggiungere la risposta in frequenza desiderata sia necessario collegare in serie o in parallelo più filtri. Nel caso in cui filtri su diverse bande vengano collegati in serie in modo da definire accuratamente la risposta in frequenza per zone circoscritte dello spettro, si parla di banco di filtri. La definizione

<sup>24</sup> La funzione di trasferimento di un filtro perfetto, infatti, ha ordine infinito.

“equalizzatore” dovrebbe riguardare la funzione dell’apparato e non la forma del circuito, ma nell’uso comune si intende per equalizzatore un banco di filtri la cui estensione complessiva nello spettro è solitamente grande.

Attualmente circuiti equalizzatori non specifici sono disponibili sottoforma di apparecchi da inserire nella propria catena audio. Questi equalizzatori si suddividono nelle seguenti categorie:

- Equalizzatori a controllo di tono: comprendono uno o più controlli potenziometrici. Nel caso di presenza di più controlli, questi sono suddivisi in base alle principali bande dello spettro udibile: bassi, medio-bassi, medio-alti, alti.
- Equalizzatori parametrici: derivano dagli equalizzatori a controllo di tono, ma propongono un controllo ulteriore per ogni banda, che determina la frequenza di taglio o centrale nel caso dei filtri passa/elimina-banda (medio-alti, medio-bassi). I modelli più avanzati consentono inoltre di modificare il coefficiente di risonanza dei filtri passa/elimina-banda.



FIGURA 2.3: Equalizzatore parametrico.

- Equalizzatori grafici: sono dei banchi di filtri molto stretti (fino a 1/3, 1/6 di ottava), che vengono controllati da cursori lineari disposti uno a fianco all’altro. Prendono il nome dal fatto che i cursori, grazie alla loro disposizione affiancata, formano nel complesso un disegno approssimativamente corrispondente alla funzione di trasferimento del circuito.

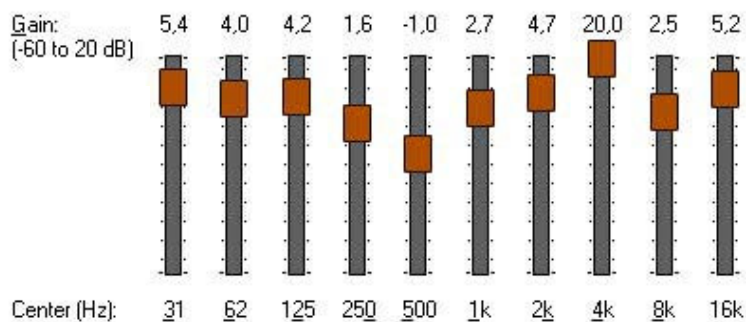


FIGURA 2.4: Equalizzatore Grafico.

## 2.2 Il rapporto segnale-disturbo

Nel mondo della trasmissione del segnale audio, sia che questa avvenga per via elettrica che meccanica, in ogni passaggio il suono subisce una degradazione dovuta al sovrapporsi, nel mezzo di trasmissione, di segnali indesiderati, che a questo proposito vengono definiti "disturbo" o "rumore"<sup>25</sup>. La presenza del rumore è inevitabile in qualsiasi applicazione pratica ed è un elemento che concorre alla riduzione dell'intelligibilità del segnale trasmesso.

Nella teoria dei segnali si è soliti descrivere l'impatto del rumore tramite la misura del livello del rapporto segnale-disturbo, così definito:

$$SNR = 10 \text{Log} \frac{W_S}{W_N} \quad (2.9)$$

dove  $W_S$  è la potenza del segnale e  $W_N$  è la potenza del disturbo. La sigla SNR è l'acronimo dell'espressione inglese "Signal-to-Noise Ratio", cioè rapporto segnale-disturbo o segnale-rumore. L'SNR calcolato in questo modo è un livello e si misura in dB. A seconda delle necessità, il calcolo dell'SNR si può effettuare utilizzando le potenze medie, le potenze di picco o le potenze RMS. Con gli strumenti del calcolo matematico si possono derivare espressioni dell'SNR in funzione di altre grandezze, quali le ampiezze del segnale e del rumore, le loro intensità o le loro tensioni.

Nel campo dei segnali audio, l'SNR non è uno strumento sufficiente a farci

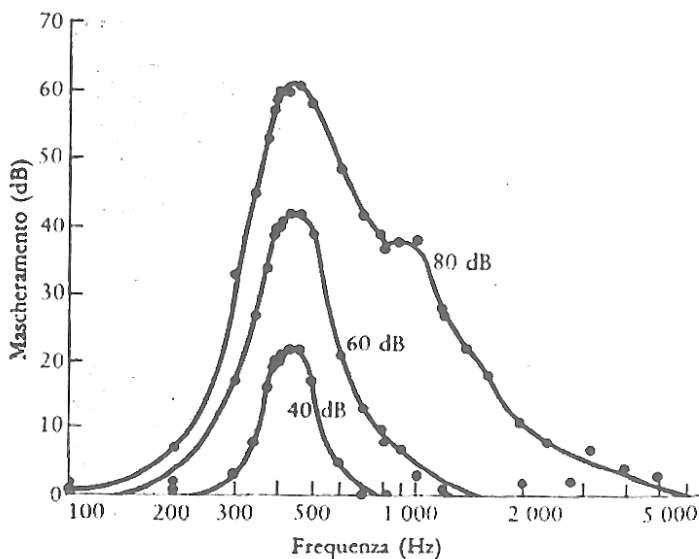


FIGURA 2.5 Mascheramento di un suono puro da parte di una banda di rumore di 90 Hz, centrata su una frequenza di 410 Hz.

comprendere del tutto l'impatto del rumore su un segnale destinato all'ascolto. E' stato evidenziato come, nel caso di segnali sinusoidali, il calo di intelligibilità sia imputabile soltanto alla parte di rumore compresa in una particolare banda attorno alla frequenza della sinusoide.<sup>26</sup> Il fenomeno in questione è un caso del processo noto con il termine "mascheramento". Brian C. J. Moore definisce il mascheramento come "the process by which the threshold of audibility for one sound is raised by the presence of another (masking) sound"<sup>27</sup>. Un caso particolare

<sup>25</sup> B. C. J. Moore, *An introduction to the Psychology of Hearing*, Academic Press, Londra - San Diego (USA), 1997, p. 361.

<sup>26</sup> J. R. Pierce, *La scienza del suono*, Zanichelli, Bologna, 1988, p. 136.

<sup>27</sup> B. C. J. Moore, *op. cit.*, p. 89.

di mascheramento è, appunto, quello causato da una banda di rumore. Il grafico in figura 2.5<sup>28</sup> riporta in ascissa la frequenza di un suono sinusoidale riprodotto in unione con bande di 90 Hz di rumore bianco, centrate sulla frequenza di 410 Hz e con livello di intensità pari a 40, 60 e 80 dB. In ordinata è riportato il livello di mascheramento, cioè “The amount by which the threshold of audibility of a sound is raised by the presence of another (masking) sound. The unit customarily used is the decibel”<sup>29</sup>.

Un celebre esperimento, effettuato per la prima volta da Fletcher nel 1940 e ripetuto molte volte in tempi più recenti, ha messo in relazione il mascheramento causato da una banda di rumore con la larghezza della banda stessa. In figura 2.7<sup>30</sup> è riportato il grafico relativo a questo esperimento, in termini della variazione della soglia di udibilità di un segnale sinusoidale a 2000 Hz in funzione della larghezza di una banda mascherante di rumore centrata sui 2000 Hz e con densità di potenza spettrale costante.

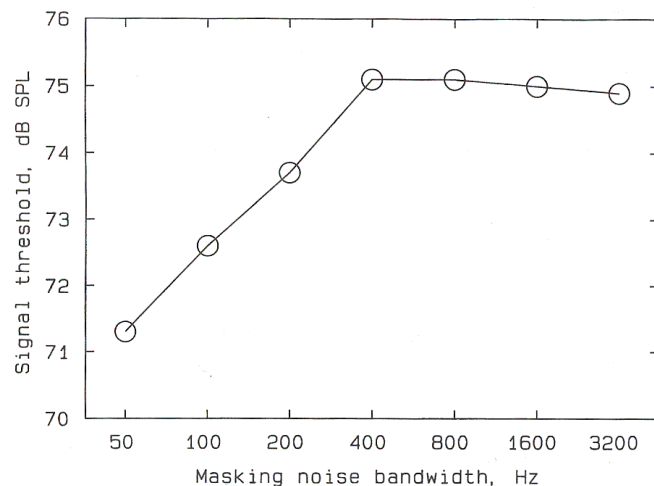


FIGURA 2.6 Variazione della soglia di udibilità in funzione della larghezza di banda del rumore mascherante.

Dai risultati di questo esperimento emerge che all’aumentare della larghezza della banda, la soglia di udibilità aumenta, cioè diventa più difficile isolare il suono dal rumore. Da un certo valore in poi, però, la soglia udibilità smette di crescere e si comporta in modo costante all’aumentare della larghezza di banda. Questo particolare valore è stato definito da parte di Fletcher “larghezza di banda critica”.

La larghezza di banda critica è un parametro importante in molti fenomeni dell’udito, tra cui, oltre al mascheramento, la percezione dell’intensità di suoni complessi e la sensazione di consonanza/dissonanza. Per frequenze di centro banda superiori ai 500 Hz, la larghezza di banda critica è proporzionale alla frequenza: in particolare la sua estensione è di poco inferiore a quella di una terza minore.

<sup>28</sup> J. R. Pierce, *Ibidem*.

<sup>29</sup> B. C. J. Moore, *Ibidem*.

<sup>30</sup> Il grafico si riferisce all’esperimento effettuato da Scooneveldt e Moore nel 1989. Cfr. B. C. J. Moore, *op.cit.*, p. 90.

Nell'ambito della registrazione audio, una forte componente del rumore deriva dalle imperfezioni presenti nelle macchine utilizzate: un'insufficiente schermatura degli apparati elettronici (nel caso dei nastri, in particolare, l'uso di testine inadeguate), l'instabilità meccanica delle parti e in particolare, nella registrazione dei dischi, un non completo isolamento dalle vibrazioni indesiderate.

Nel caso della registrazione analogica su nastro magnetico, C. D. Mee<sup>31</sup> ha individuato due tipi diversi di rumore:

- il rumore presente sul nastro demagnetizzato (cancellato), dovuto essenzialmente al permanere di particelle magnetizzate con orientazione casuale. La potenza di questo rumore è proporzionale alla larghezza della traccia, al quadrato della velocità del nastro e al volume delle particelle magnetiche. Dipende inoltre dalla tecnica di cancellazione utilizzata: la figura 2.7 illustra come la cancellazione per mezzo di un segnale a corrente alternata (curve B) sia meno efficiente della "bulk erasure" (curva C), che consiste nell'estrarre lentamente il nastro da un campo magnetico alternato di grande intensità.

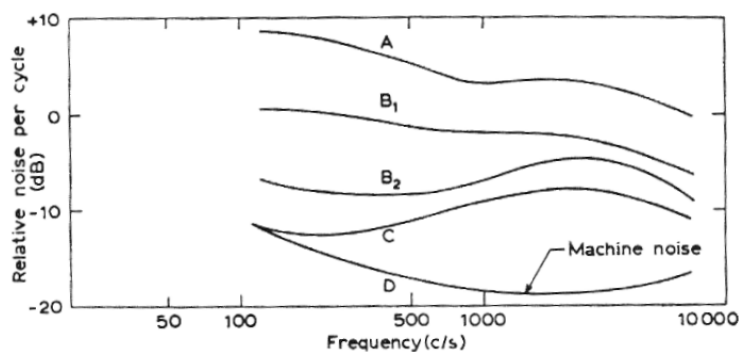


FIGURA 2.7 Spettro del rumore residuo dopo la cancellazione del nastro con tecniche diverse.

- il rumore di modulazione, correlato con la registrazione del segnale sul supporto. Esso è dovuto alle fluttuazioni casuali del movimento longitudinale e perpendicolare del nastro e alla non-uniformità della superficie del nastro e del rivestimento. Tutto questo causa delle variazioni casuali nel flusso magnetico di registrazione, che risultano in un aumento del livello del rumore.

Si è rilevato che il rumore di modulazione è generalmente maggiore di quello dovuto alla cancellazione del nastro: di conseguenza il rumore totale cresce con l'aumentare dell'ampiezza del segnale registrato.

Per quanto riguarda i supporti fonografici, il rumore di fondo è prodotto dalle imperfezioni del materiale di cui è costituito il disco, da quelle introdotte dalla tecnica di taglio, da quelle dovute alla non corretta conservazione e all'usura, da quelle legate al naturale degrado del materiale e dalle impurità presenti sul supporto al momento della lettura.

<sup>31</sup> C.D.Mee, *The Physics of Magnetic Recording*, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1964, p. 127ss.



## 2.3 Strumenti acustici

Fino ai primi esperimenti relativi all'introduzione di apparecchiature elettroniche nella musica, le esecuzioni avvenivano esclusivamente con strumenti acustici. A causa dei diversi sistemi di sollecitazione e di risonanza degli strumenti, gli spettri dei suoni generati, cioè le distribuzioni dell'energia prodotta in funzione della frequenza, risultano notevolmente eterogenei.

Già Edison aveva affrontato, con i mezzi a sua disposizione, un'indagine sui timbri degli strumenti musicali, ai fini di ottimizzarne la resa per la registrazione (vedi paragrafo 3.1).

Uno studio dettagliato sugli spettri degli strumenti musicali e sui loro sistemi di generazione del suono è stato effettuato da Harry F. Olson<sup>32</sup>. Nel suo testo, Olson sottolinea la differenza tra il concetto classico di registro di uno strumento musicale, che riguarda le note che questo è capace di produrre, e l'estensione dello spettro di uno strumento, che si rivela solitamente molto maggiore. Tutti gli strumenti musicali generano, infatti, oltre all'armonica fondamentale, un certo numero di parziali superiori, di tipo armonico o inarmonico, spesso in combinazione con bande di rumore.

La figura 2.8 propone l'estensione dello spettro di alcuni strumenti musicali molto noti. Si può osservare come quasi tutti gli spettri si estendano nella regione più acuta, grazie alla presenza delle parziali, mentre soltanto alcuni riescono a raggiungere le frequenze più basse, che dipendono soprattutto dal registro in cui lavora lo strumento.

In uno spettro tipico di uno strumento musicale solista, l'energia si concentra soprattutto nella regione più bassa del suo spettro, cioè nelle prime parziali. La densità di energia va in media diminuendo con l'aumentare della frequenza. Alcuni picchi all'interno di zone a basso contenuto di energia rappresentano le risonanze tipiche dello strumento. In alcuni strumenti, come il clarinetto (vedi figura 2.9), vi è una preponderanza di alcune parziali: in questo caso si tratta delle armoniche dispari, fenomeno riconducibile alla sua natura di tubo chiuso ad una delle estremità.

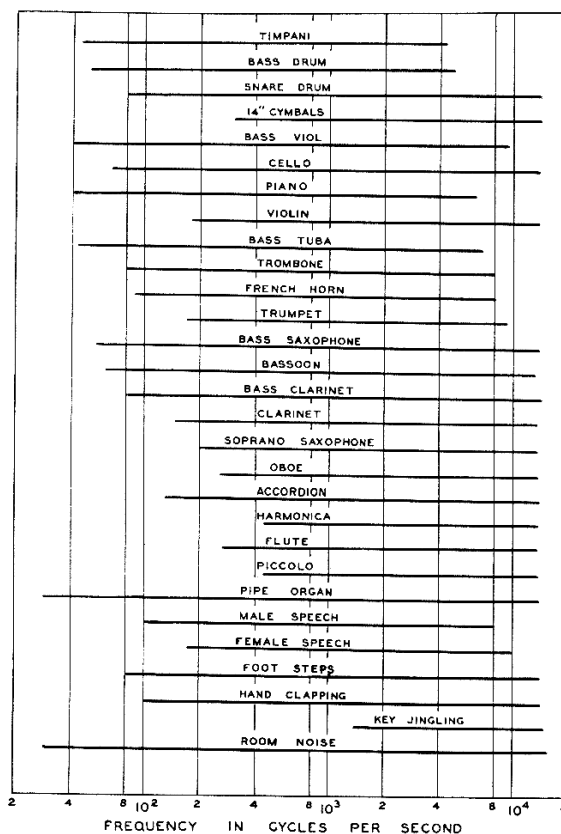
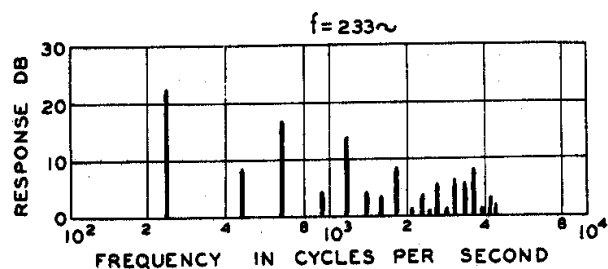


FIGURA 2.8 Estensione degli spettri di alcuni strumenti musicali.

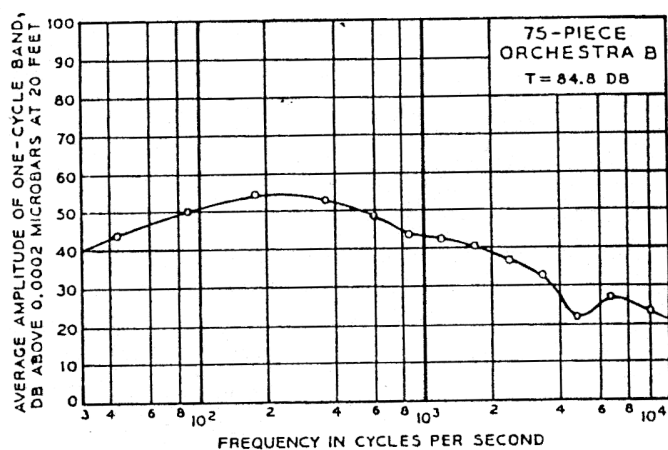
<sup>32</sup> Cfr. H. F. Olson, *Music, Physics and Engineering*, Dover Publications, New York, 1967, pp. 216ss.



2.9 Spettro di una nota di clarinetto.

Nel caso di orchestre o altri ensembles, lo spettro complessivo è dato dalla combinazione degli spettri dei singoli strumenti, pesata in base ai livelli di intensità dei suoni che questi producono. L'orchestrazione e la strumentazione di un pezzo contribuiscono, oltre che a variare le qualità timbriche generali, a far emergere alcuni strumenti dal complesso degli altri suoni. In questo lavoro i compositori e soprattutto i direttori d'orchestra si scontrano, più o meno consapevolmente, con i temi del mascheramento e dell'intensità dei suoni complessi.

Si riporta in figura 2.10 lo spettro di un'esecuzione effettuata da un'orchestra di 75 elementi. Si può notare che il livello di pressione massimo corrisponde ad una frequenza di circa 250 Hz e che si ha un minimo attorno alla frequenza di 4 kHz.



2.10 Spettro di un'esecuzione orchestrale.

## 2.4 Il filtraggio nella tecnica di registrazione

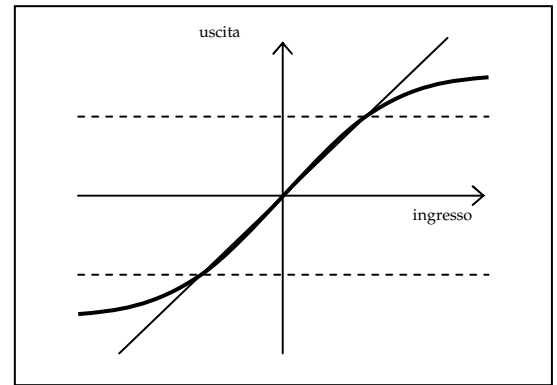
La necessità di applicare un'equalizzazione al materiale da registrare nasce dalla natura imperfetta della tecnologia di registrazione. Qualsiasi sia il sistema scelto, infatti, esiste sempre un sottofondo di rumore che va a sovrapporsi al segnale utile. Qualsiasi tecnica di registrazione, inoltre, comporta dei limiti di escursione dinamica: la potenza del segnale, affinché questo sia correttamente registrato, deve essere maggiore della soglia minima di attivazione dei sistemi acustici/elettrici, e minore di un particolare livello, oltre il quale il segnale viene registrato soltanto al prezzo di una pesante distorsione.

La soglia minima è abbondantemente superata, in qualsiasi sistema analogico, dal livello del rumore di fondo che proviene dal supporto, dalla polvere, dai sistemi elettrici, ecc. Il livello del segnale che si vuole registrare, essendo generalmente

superiore a quello del rumore di fondo, sarà sicuramente sufficiente a mettere in funzione i sistemi per la registrazione. Per portare il segnale ad un tale livello si impiegano, nel caso delle registrazioni elettriche, dei circuiti amplificatori, regolabili dall'utente a seconda delle caratteristiche del suono da registrare.

La soglia massima può essere facilmente raggiunta dal segnale. Nella regolazione dell'amplificazione in ingresso bisogna fare attenzione a mantenere il segnale al di sotto del livello massimo consentito dal sistema. Se questo livello viene superato (overload), il sistema non può più comportarsi linearmente e la natura del segnale viene distorta.

Al superamento della soglia massima, i sistemi analogici si discostano dalla linearità in modo graduale. In figura 2.11 è riportata l'ampiezza del segnale in uscita in funzione del segnale in ingresso (linea tratteggiata: livello di overload). A livello percettivo, una piccola percentuale di distorsione può risultare tollerabile<sup>33</sup>: il superamento della soglia per brevi istanti di tempo è perciò ammissibile in molti contesti.



2.11 Risposta del sistema di registrazione.

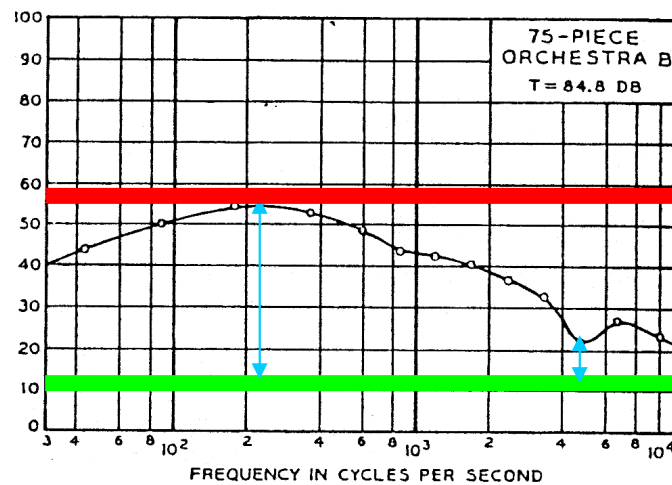


FIGURA 2.12 Rapporto segnale-disturbo nel dominio della frequenza.

La figura 2.12 riassume una regolazione tipica dell'amplificazione del segnale da registrare. In un diagramma frequenza-ampiezza sono rappresentati il livello del rumore di fondo<sup>34</sup> (linea di colore verde) e quello di *overload*<sup>35</sup> (linea di colore rosso). La curva di colore nero rappresenta lo spettro di un'esecuzione orchestrale. Grazie

<sup>33</sup> Secondo alcuni tecnici della registrazione analogica questa distorsione "soft" arricchisce il segnale da un punto di vista estetico, e lo rende più caldo. A questo proposito si ricordi come l'introduzione delle tecniche digitali non convinse subito alcuni tra artisti e tecnici, che rilevavano un'impressione di freddezza dalle nuove registrazioni.

<sup>34</sup> Per semplificare si supponrà che il rumore di fondo abbia densità di potenza spettrale media uniforme a tutte le frequenze, che si tratti cioè di rumore bianco.

<sup>35</sup> Anche in questo caso si tratta di un'approssimazione: in realtà il livello di distorsione può variare in funzione della frequenza.

alla regolazione dell'amplificatore in ingresso, bisognerà cercare di fare in modo che il segnale (curva di colore nero) stia sempre al di sotto del livello di *overload*, ma che contemporaneamente sia più alto possibile, cioè lontano dalla linea verde, al fine di ottenere un migliore rapporto segnale-disturbo.

Se apparentemente questa regolazione consente di ottenere il migliore rapporto segnale-disturbo, questo non è vero se esaminiamo la situazione nel dominio della frequenza. Come indicano le frecce di colore azzurro, attorno ai 4-5 kHz il rapporto segnale-rumore è particolarmente basso, mentre a circa 250 Hz esso è maggiore di circa 30 dB.

Un discorso analogo si può introdurre a proposito del livello del segnale. Mentre a circa 250 Hz il segnale sfiora la soglia di *overload*, e viene registrato al massimo livello possibile, attorno ai 4-5 kHz rimangono circa 30 dB di range dinamico insfruttato. Se il segnale a queste frequenze avesse intensità superiore, l'SNR specifico per questa porzione di spettro potrebbe migliorare notevolmente, e questo porterebbe anche all'aumento dell'SNR complessivo del segnale.

Allo scopo di impiegare completamente le possibilità dinamiche del sistema, è stata introdotta la *ELO equalization*<sup>36</sup>, dove l'acronimo sta per *Equally Like to Overload*. Questa tecnica sfrutta la disomogeneità dello spettro del segnale in ingresso per migliorare il rapporto segnale-rumore. Un'equalizzazione di questo tipo avviene in due fasi:

- in fase di registrazione si enfatizzano (amplificano) le frequenze per le quali il range dinamico è troppo poco sfruttato (es. le alte frequenze);
- in fase di riproduzione si de-enfatizzano (attenuano) le medesime frequenze, tramite una curva complementare a quella precedente, al fine di recuperare l'equilibrio spettrale originario.

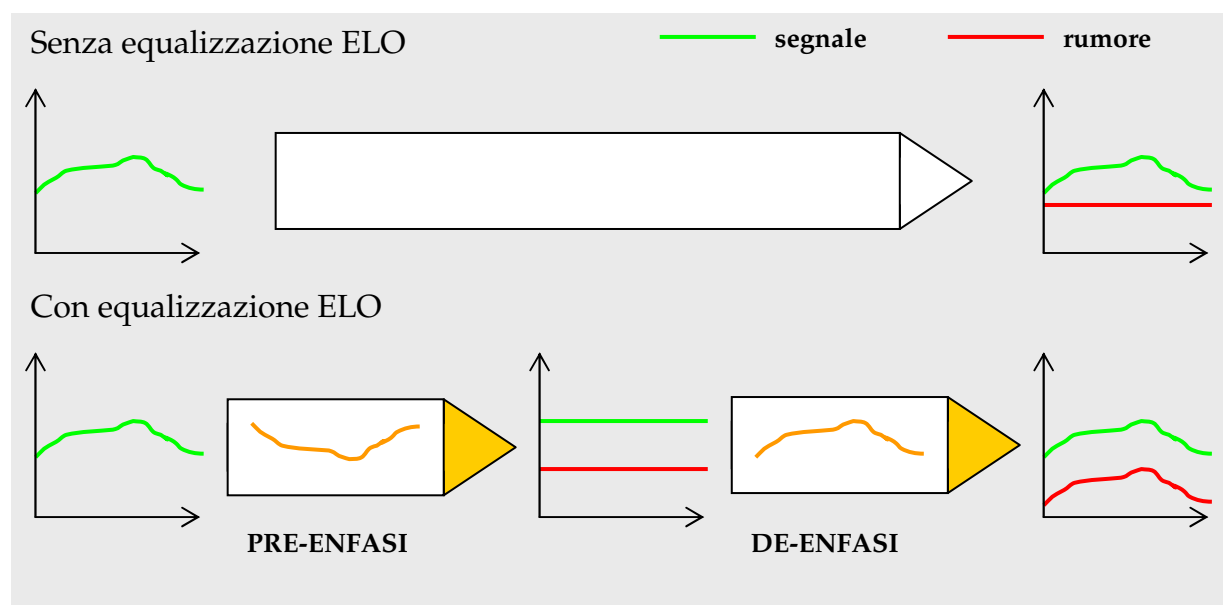


FIGURA 2.13 Confronto tra SNR ottenuti registrando con e senza l'impiego di un'equalizzazione ELO. In arancio sono rappresentati due esempi di curve complementari per l'equalizzazione ELO.

<sup>36</sup> M. Camras, *op.cit.*, p. 278

Il grafico di figura 2.13 illustra i vantaggi derivanti dall'utilizzo di un'equalizzazione ELO. Applicando, in un caso ideale, una curva di pre-enfasi esattamente complementare allo spettro del segnale in ingresso, otteniamo il miglior rapporto segnale-disturbo su tutta la gamma delle frequenze. La de-enfasi riporta il segnale allo spettro originario, mantenendo però il migliore rapporto segnale-disturbo raggiunto grazie alla pre-enfasi.

Per riprodurre correttamente un brano registrato con pre-enfasi ELO, è importante che venga applicata la corretta curva di de-enfasi.

All'inizio di questo esame della tecnica di equalizzazione ELO sono state introdotte alcune approssimazioni. Né il fatto che il disturbo presente non sia effettivamente rumore bianco, né il fatto che la soglia di distorsione non sia la stessa a tutte le frequenze incidono sul ragionamento effettuato. Tutt'al più queste differenze variano la quantità di enfasi necessaria per ottenere il miglior rapporto segnale-disturbo.

Nelle tecniche di registrazione analogiche il filtraggio non è impiegato soltanto per realizzare l'equalizzazione ELO, ma anche per compensare i limiti delle macchine e dei supporti per la registrazione. In particolare, si impiegano ordinariamente dei filtri per compensare le perdite delle testine magnetiche e di altri circuiti impiegati nella registrazione dei nastri. Analogamente, altri filtri sono utilizzati per limitare il segnale alle basse frequenze al fine di ottenere un corretto taglio dei supporti fonografici.

In questi due casi l'uso del filtraggio non deriva da una scelta fatta dal tecnico al fine di migliorare la qualità della registrazione, ma da esigenze tecniche precise ed è effettuato per compensare risposte non lineari che comprometterebbero la fedeltà della registrazione. Queste applicazioni verranno analizzate in dettaglio nel capitolo 3.

Bisogna ricordare, infine, che fin dal principio le tecniche di equalizzazione sono state utilizzate anche per finalità artistiche, allo scopo cioè di migliorare la resa sonora del prodotto, a prescindere da qualsiasi necessità tecnica.

### 3. La registrazione

#### 3.1 Incisione dei cilindri e dei dischi

Risale al 1877 l'invenzione, da parte di Thomas Alva Edison, della registrazione su cilindro<sup>37</sup>: il primo fonografo registrava il suono incidendo un solco su un foglio di alluminio arrotolato attorno ad un cilindro rotante. Esattamente dieci anni dopo Emile Berliner<sup>38</sup> riuscì per la prima volta a registrare utilizzando come supporto un disco di zinco.

Entrambe queste tecnologie di registrazione, almeno in origine, utilizzavano l'energia contenuta nelle onde sonore per incidere il supporto. La puntina di incisione era collegata in modo rigido, tramite un braccio, ad un diaframma che veniva messo in oscillazione dalle variazioni di pressione nell'aria. Per ottenere un migliore rendimento, al diaframma era applicato un cono di cartone o di altro materiale, che aveva il compito di raccogliere e concentrare le onde provenienti dalla sorgente. Questo avveniva a scapito della grandezza della zona di ripresa del registratore, e introduceva inoltre alcune non-linearità nella risposta in frequenza.



FIGURA 3.1 Fonografo Edison originale.

Si può dimostrare matematicamente e verificare empiricamente come un cono si comporti generalmente come un filtro<sup>39</sup>. Il profilo, le dimensioni, la presenza di strombature all'apertura, il materiale di costruzione sono tutti parametri che influiscono nella risposta in frequenza tra la sorgente sonora e il diaframma posto alla bocca del cono stesso.

---

<sup>37</sup> Audio Engineering Society. Historical Committee, *An Audio Timeline*, 1999, <<http://recordist.com/aeshc/docs/audio.history.timeline.html>>.

<sup>38</sup> Wolverine Antique Music Society, *History of Antique Phonographics 1877-1957*, <<http://www.shellac.org/wams/whistory.html>>.

<sup>39</sup> Un esteso studio sulle risonanze che si possono produrre nell'aria contenuta in un cono è contenuto in Harry F.Olson, *op. cit.*, pp. 92ss.

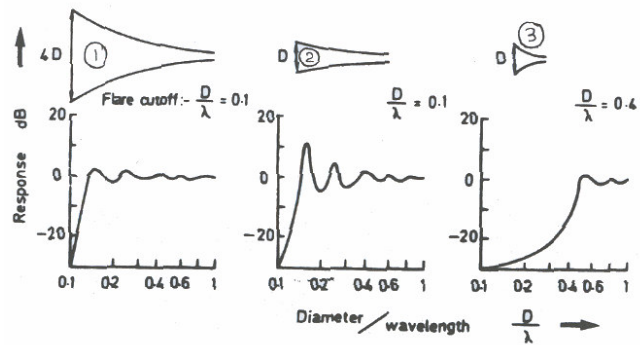


FIGURA 3.2 Curve di trasferimento per diversi tipi di cono.

Il filtraggio operato da un cono non era ricercato volontariamente: lo scopo per cui nacque l'idea del cono era semplicemente quello di convogliare le onde sonore verso il diaframma. Soltanto in un secondo momento si cominciarono a fare esperimenti riguardo all'utilizzo di coni con caratteristiche diverse. Edison e altri suoi contemporanei studiarono il problema di raggiungere una risposta in frequenza piatta nella registrazione, cercando di compensare le risposte non lineari dei diversi componenti delle macchine. Era chiaro già a quei tempi, come si evince da un *Manuale del Fonografo Edison* del 1897<sup>40</sup>, che il cono non era l'unico filtro tra la sorgente e il supporto: in particolare si era notato il comportamento non lineare del diaframma, del quale erano stati creati diversi prototipi in relazione a misure e materiali.

La compensazione delle non-linearità delle risposte delle diverse parti del sistema di registrazione avveniva grazie alla scelta di altri componenti aventi risposte in frequenza complementari. Nel *Manuale* si sottolinea come non sia importante avere un cono con risposta in frequenza piatta, bensì che questo abbia la capacità di limitare le risonanze che si producono a livello del diaframma: a questo proposito venivano generalmente preferiti coni con risposta irregolare, a "pettine". Quello che allora importava era che la risposta globale del sistema fosse piatta, e a questo si cercava di giungere con la compensazione reciproca dei diversi anelli della catena del suono.

Gli accorgimenti studiati da Edison e dai suoi colleghi non erano finalizzati a migliorare il rapporto segnale-rumore secondo il modello dell'equalizzazione ELO (vedi paragrafo 2.4): essi erano soltanto dei "rimedi" alle imperfezioni della tecnica di incisione, che miravano ad ottenere una risposta in frequenza globalmente piatta.

La direzionalità della ripresa con l'utilizzo di coni introduce un ulteriore campo di sperimentazione a cui si dedicarono gli inventori e i tecnici di questa prima fase della storia della registrazione. Le sorgenti sonore che si trovano al di fuori della prosecuzione nello spazio del cono di registrazione, infatti, risultano in secondo piano nel segnale registrato. Ad influire sul peso che ogni strumento ha nell'impasto destinato alla riproduzione, infatti, concorrono sia l'angolo tra l'asse del cono e il segmento che congiunge il diaframma e lo strumento, che la stessa misura della

<sup>40</sup> G.E.Tewksbury, *A Complete Manual of the Edison Phonograph*, Ringer, New York, 1987. Un estratto e alcune riflessioni su questi argomenti sono riportati in J.C.Fesler, "Electrical Reproduction of Acoustically Recorded Cylinders and Disks, Part 2", in *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 31, n. 9, September 1983, p. 682.

distanza dello strumento dal diaframma. Disponendo gli strumenti all'interno della stanza e stabilendo il numero di esecutori per ogni singola parte si può variare il bilanciamento globale della composizione, e quindi anche lo spettro del materiale registrato.

La strumentazione dei brani proposta dal compositore o da un direttore d'orchestra in vista di un'esecuzione concertistica difficilmente era adatta per ottenere un buon risultato nella registrazione fonografica. Il livello del rumore di fondo, in queste prime registrazioni, era molto elevato e facilmente soffocava gli strumenti che emettono suoni con minore intensità. L'orchestrazione e la strumentazione potevano così subire notevoli modifiche, in base alle esigenze connesse con la registrazione. La difficoltà di registrare uno strumento così sfruttato come il violino poteva essere aggirata facendone eseguire le parti a un flauto. Furono inoltre inventati dei violini speciali, conosciuti come "Stroh", privi di cassa di risonanza, ma con un cono di amplificazione che consentiva di dirigere il suono direttamente verso il cono del registratore.

Gli accorgimenti per realizzare una buona registrazione furono studiati approfonditamente dalla Edison National Phonograph Company<sup>41</sup> e portarono alla compilazione di tabelle contenenti gli organici migliori per la registrazione di diverse categorie di composizioni. A volte perfino la scelta delle composizioni da registrare teneva conto delle limitazioni tecniche che si sarebbero dovute affrontare: a questo proposito, ad esempio, i brani per ensemble di fiati venivano preferiti a quelli per grande orchestra.

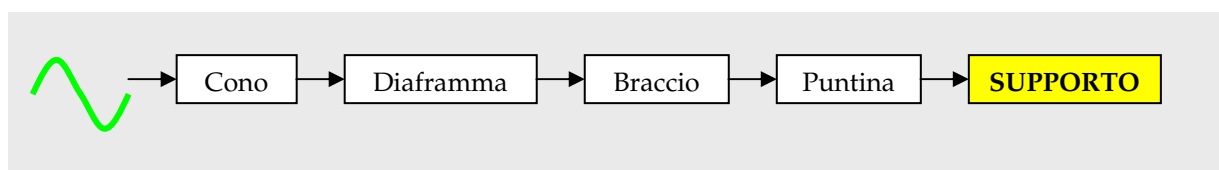


FIGURA 3.3 Catena dei passaggi subiti dall'informazione sonora nella registrazione di un disco o un cilindro con sistema acustico.

Risalgono al 1925<sup>42</sup> le prime registrazioni elettriche di dischi a 78 giri, grazie al sistema introdotto dai laboratori Bell. Per la realizzazione dei primi esemplari di registratori elettrici, di grande importanza fu lo studio delle analogie tra sistemi meccanici ed elettrici. Olson, a vent'anni di distanza, ha proposto una rassegna chiara e dettagliata delle analogie tra sistemi acustici, meccanici ed elettrici.<sup>43</sup> È curioso il fatto che all'iniziale utilizzo delle conoscenze meccaniche per disegnare sistemi elettrici si sia gradualmente sostituita la tendenza ad importare le crescenti nozioni riguardanti la trasmissione del segnale elettrico in ambito meccanico.

Un interessante articolo di J. P. Maxfield e H. C. Harrison<sup>44</sup>, presentato per la prima volta nel febbraio del 1926, descrive in termini di circuiti elettrici gli apparati

<sup>41</sup> J. C. Fesler, *op.cit.*, p. 690.

<sup>42</sup> Audio Engineering Society. Historical Committee, *An Audio Timeline*, 1999, <<http://recordist.com/aeshc/docs/audio.history.timeline.html>>.

<sup>43</sup> H. F. Olson, *op.cit.*, pp.59-71.

<sup>44</sup> J. P. Maxfield, H. C. Harrison, "Methods of High-Quality Recording and Reproducing of Music and Speech Based on Telephone Research" in *Disk Recording*, vol. 1, Audio Engineering Society, New York, 1981, pp. 223-238.



di registrazione e riproduzione dei dischi. La figura riportata rappresenta, a titolo d'esempio, l'analogia elettrica di uno dei principali apparati per l'incisione dei dischi: il diaframma, considerato insieme all'aria che resta intrappolata fra questo e l'inizio del braccio che porta la vibrazione alla puntina.

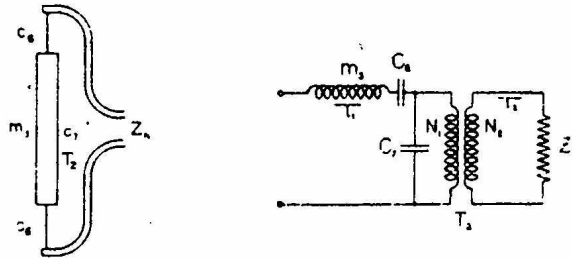


FIGURA 3.4 Schema meccanico del sistema diaframma – camera ad aria ed equivalente elettrico.

L'introduzione del sistema di registrazione elettrico ha apportato notevoli vantaggi, di cui ricordiamo i principali:

- l'utilizzo di microfoni consente ai musicisti di suonare nella loro posizione naturale e non ammassati davanti al cono e di utilizzare i loro strumenti in modo tradizionale;
- l'uso di amplificatori consente di ottenere livelli di registrazione adeguati anche per segnali deboli;
- disporre dell'informazione sonora in forma di segnale elettrico dà la possibilità di manipolarla più facilmente, per esempio tramite l'introduzione di un'equalizzazione.

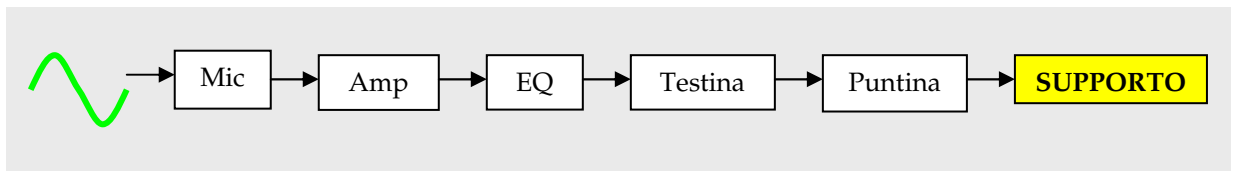


FIGURA 3.5 Catena dei passaggi subiti dall'informazione sonora nella registrazione di un disco con sistema elettrico.

L'introduzione dell'equalizzazione nei sistemi di registrazione e riproduzione di dischi fonografici è effettuata per due scopi:

- il miglioramento del rapporto segnale-rumore, attraverso un'equalizzazione di tipo ELO (vedi paragrafo 2.4);
- l'attenuazione delle basse frequenze, che tendono a provocare solchi di grande ampiezza, eccessiva rispetto alle reali possibilità del supporto.

Il primo obiettivo viene raggiunto tramite una pre-enfasi delle frequenze acute, seguita da una de-enfasi in fase di riproduzione. Il secondo obiettivo si può ottenere attenuando le basse frequenze prima della registrazione, per poi enfatizzarle in riproduzione. In entrambi i casi, l'idea è quella di utilizzare curve complementari, per ottenere una risposta piatta nel complesso.

Per quanto riguarda la pre-enfasi apportata c'è però un'importante osservazione da fare. Nella tecnica del taglio laterale - la più diffusa e quella usata anche nei moderni dischi a microsolco - la velocità radiale con cui si muove la puntina è proporzionale all'ampiezza del segnale. Si noti in figura 3.6 la misura di  $\theta$ , l'angolo tra il vettore velocità istantanea della puntina di riproduzione e la tangente alla circonferenza del disco. All'aumentare dell'ampiezza del segnale, la componente radiale della velocità della puntina cresce, e con questa il valore di  $\theta$ .

Se si riproducono alte frequenze, il valore di  $\theta$  cresce, poiché un maggior numero di oscillazioni al secondo rende necessaria una maggiore velocità radiale nel moto della puntina. Dato che, usualmente, la densità di potenza spettrale è piuttosto basse nella regione degli acuti, la possibilità di ottenere valori molto alti di  $\theta$  si riduce.

L'enfasi, al contrario, provoca un aumento nell'intensità degli acuti, e di conseguenza valori di  $\theta$  maggiori. Un valore molto alto di  $\theta$  - anche per un breve istante - può produrre un'ampia distorsione, dovuta alla difficoltà per la puntina di seguire variazioni troppo veloci della parete del solco, e in casi estremi la fuoriuscita dal solco della puntina.<sup>45</sup> Il livello di pre-enfasi degli acuti veniva quindi attentamente calibrato, al momento di stabilire una curva, al fine di non incorrere in problemi di questo tipo.

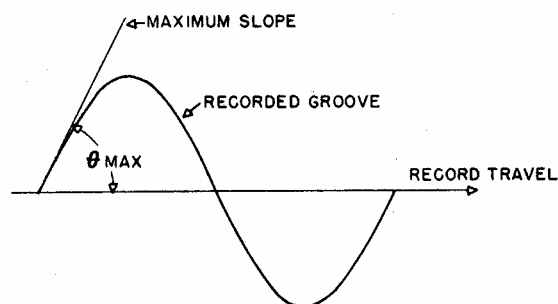


FIGURA 3.6 Angolo massimo per la registrazione di un disco.

Dal punto di vista pratico, l'equalizzazione dei dischi veniva e viene ancora realizzata con circuiti analogici di filtraggio, solitamente con curve di tipo "shelving". I punti in cui intervenire principalmente sono due: la regione delle basse frequenze (generalmente al di sotto dei 500 Hz<sup>46</sup>) e quella delle frequenze acute (sopra i 2 kHz almeno). I due interventi sono generalmente riassunti da due parametri, che definiscono in maniera approssimativa l'equalizzazione apportata:

- la frequenza di turn-over, che rappresenta la frequenza di taglio per la riduzione dei bassi in registrazione (e per la successiva enfattizzazione in riproduzione), che segue in linea generale la pendenza di 6dB/ottava;
- il roll-off, cioè il guadagno in dB di pre-enfasi (e successiva de-enfasi) a 10 kHz; la frequenza di taglio dei filtri impiegati per gli acuti si aggirava tra i 2 e i 5 kHz.

<sup>45</sup> J. B. Minter, A. R. Miccioli, "Effect of High-Frequency Pre-Emphasis on Groove Shape" in *Disk Recording*, vol. 2, Audio Engineering Society, 1981, pp. 14ss.

<sup>46</sup> Le misure qui riportate sono a semplice titolo esemplificativo. Alcune tabelle riportanti i parametri relativi alle curve realmente implementate si possono trovare nel paragrafo 1.3.

## 3.2 Registrazione dei nastri

### 3.2.1 Cenni storici

La storia della registrazione con sistema magnetico comincia nel 1898 con l'invenzione, per merito di Valdemar Poulsen, del "Telegraphone"<sup>47</sup>, un apparecchio che consentiva di registrare magneticamente un segnale audio su un filo d'acciaio, e di riprodurlo in un tempo successivo. La novità più interessante era costituita dal fatto che un filo d'acciaio poteva essere riutilizzato innumerevoli volte, perché facendo semplicemente scorrere un magnete lungo il filo era possibile cancellare la registrazione contenuta. Per quanto la sua diffusione non abbia mai minato il predominio del disco, questa tecnica fu estesa anche al campo commerciale, a partire dal 1933<sup>48</sup>, ed ebbe il suo massimo momento di popolarità negli anni della Seconda Guerra Mondiale.

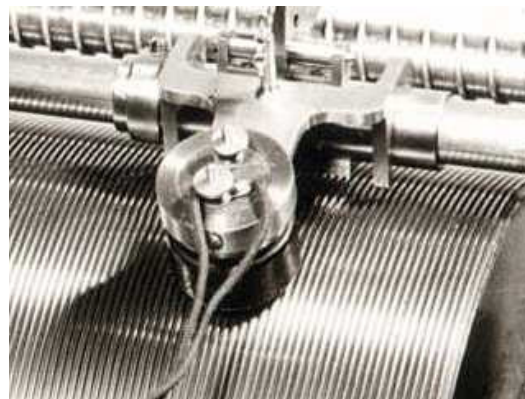


FIGURA 3.7 Registratore a filo d'acciaio.

Nel 1935 nacquero i primi prototipi di registratore su nastro magnetico, che sostituiva allo scomodo filo d'acciaio un supporto plastico economico e molto facilmente archiviabile. L'idea di utilizzare un supporto non magnetico contenente particelle di materiale magnetizzabile risale addirittura a dieci anni prima dell'invenzione di Poulsen, e apparteneva cioè al "padre spirituale" dell'idea della registrazione magnetica, Oberlin Smith<sup>49</sup>. Ma fu soltanto negli anni '30, grazie a un inventore tedesco, Fritz Pfleumer<sup>50</sup>, che l'idea del nastro magnetico divenne realtà. Egli, infatti, riuscì a coinvolgere le celebri ditte tedesche BASF e AEG, che si occuparono rispettivamente di realizzare i supporti e le macchine per la registrazione, il "Magnetophone". La qualità delle prime registrazioni era piuttosto scadente, ma i miglioramenti apportati negli anni successivi (migliori substrati magnetici, BIAS ad alta frequenza) fecero del nastro magnetico il supporto preferito per le registrazioni professionali per un lungo periodo.

---

<sup>47</sup> M. Camras, *op.cit.*, pp. 1-7.

<sup>48</sup> Audio Engineering Society. Historical Committee, *An Audio Timeline*, 1999, <<http://recordist.com/aeshc/docs/audio.history.timeline.html>>.

<sup>49</sup> O. Smith, "Some possible forms of phonograph" in *The Electrical World*, n. 12, 1888, pp. 116-117.

<sup>50</sup> M. Camras, *op.cit.*, p. 10.

### 3.2.2 Basi della tecnica di registrazione su nastro magnetico

I supporti magnetici sono costituiti da un substrato, solitamente di materiale polimerico, sul quale è steso un rivestimento contenente particelle magnetizzabili. Sul lato opposto del substrato vi è, in certi casi, un dorso che ha la funzione di ottimizzare la trazione del nastro.

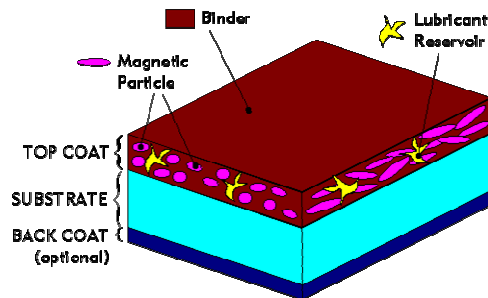


FIGURA 3.8 Struttura di un nastro magnetico.

La possibilità di effettuare una registrazione su nastro è dovuta alla natura ferromagnetica del rivestimento, che è in grado di magnetizzarsi se immerso in un campo magnetico e di mantenere la magnetizzazione una volta che la sorgente di campo magnetico è stata allontanata. La risposta di una sostanza ferromagnetica alla presenza di un campo magnetico è rappresentata dal cosiddetto "ciclo d'isteresi", rappresentato in figura 3.9. In tale grafico viene riportata in ascissa l'intensità di magnetizzazione  $H$ , cioè la forza del campo magnetico a cui è sottoposto il nastro, e in ordinata l'intensità del campo magnetico residuo  $B$ , cioè quello che viene registrato e si mantiene sul nastro. Si può notare che, all'aumentare di  $H$ , si ha un'iniziale aumento di  $B$ , che però non supera una certa soglia massima. Se facciamo calare  $H$ , a questo punto,  $B$  comincia a scendere con un certo ritardo per poi comportarsi allo stesso modo che per i valori positivi, cioè scendere con  $H$  fino al raggiungimento di una soglia.

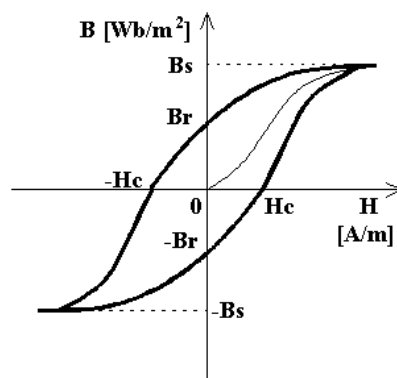


FIGURA 3.9 Ciclo d'isteresi.

Oltre all'esistenza una magnetizzazione massima, oltre la quale nessuna informazione può essere registrata, dall'analisi del ciclo d'isteresi apprendiamo che, per livelli di magnetizzazione bassa, la risposta è tutt'altro che lineare (vedi anche

figura 3.10). Per valori positivi ma piccoli di  $H$ ,  $B$  non aumenta e quindi nessuna informazione viene registrata. Questo, nel momento di effettuare una registrazione audio, si concretizza in una distorsione del segnale.

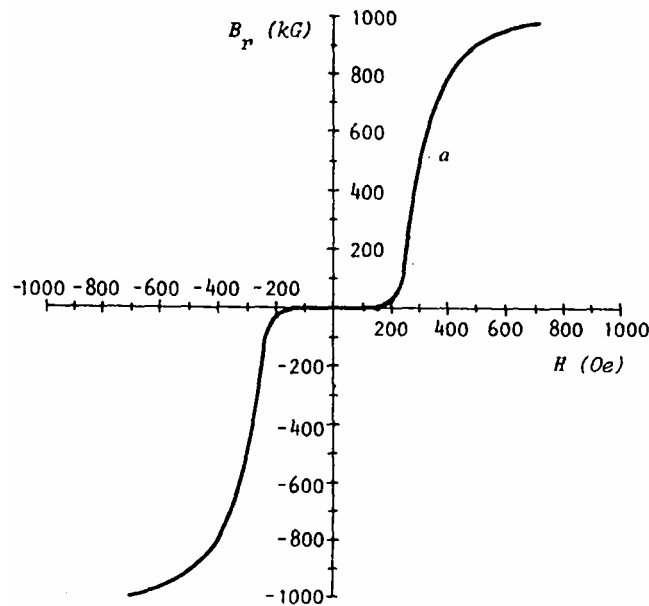


FIGURA 3.10 Non linearità  $H$ - $B$ .

Tra le varie soluzioni proposte per ottenere la linearità tra  $H$  e  $B$ , quella che prese il sopravvento fu quella ideata nel 1939<sup>51</sup> e che prevede l'utilizzo di un segnale sinusoidale ad alta frequenza (30-400 kHz), sovrapposto al segnale da registrare, con intensità 5-10 volte maggiore di quella del segnale audio<sup>52</sup>. La magnetizzazione a cui viene sottoposto il nastro sarà proporzionale alla sovrapposizione di questo segnale, detto BIAS ad alta frequenza, e dell'audio originale. Ciò che ne risulta è una sorta di sinusoida modulata in ampiezza dal segnale in ingresso, come si può vedere dalla figura 3.11. I picchi dell'onda modulata, se il segnale di BIAS ha un livello ottimale, ricadono sempre nella regione lineare della curva  $H$ - $B$ . Il sistema di registrazione su nastro non è in grado di registrare frequenze molto più alte della massima frequenza udibile: per questo il segnale di BIAS non rimane registrato sul nastro. Il campo magnetico residuo  $B$ , comunque, risulterà proporzionale ai picchi dell'intensità di magnetizzazione del nastro  $H$ , e quindi lineare rispetto al segnale in ingresso.

<sup>51</sup> Audio Engineering Society Historical Committee, *An Audio Timeline*, 1999, <<http://recordist.com/aeshc/docs/audio.history.timeline.html>>.

<sup>52</sup> M. Camras, *op.cit.*, p. 45.

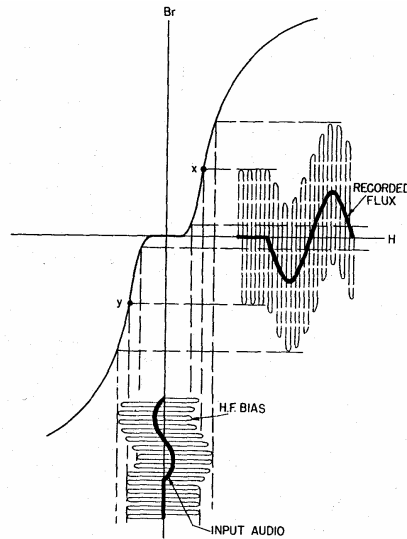


FIGURA 3.11 Segnale d'ingresso, BIAS e flusso registrato.

L'uso del BIAS ad alta frequenza assicura una magnetizzazione lineare per segnali che non superino la soglia massima di magnetizzazione.

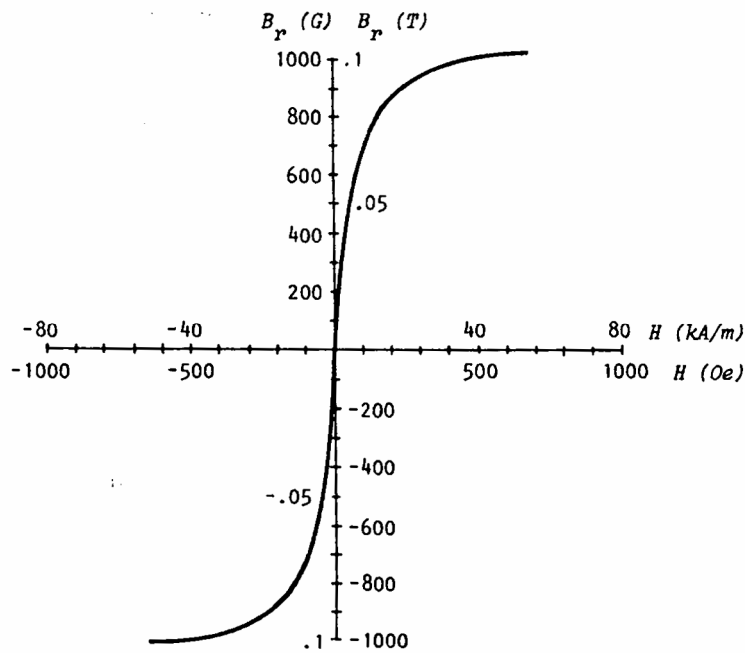


FIGURA 3.12 Magnetizzazione lineare grazie al BIAS ad alta frequenza.

Un sistema di registrazione su nastro magnetico è generalmente costituito di diverse parti<sup>53</sup>:

- A. una bobina contenente il nastro da riprodurre/registrare;
- B. una testina di cancellazione;
- C. una testina di registrazione;
- D. una testina di riproduzione;

<sup>53</sup> C.D.Mee, *op. cit.*, p. 2ss.

- E. un sistema di trascinamento a velocità costante del nastro;
- F. una bobina in cui raccogliere il nastro già registrato/riprodotto.

Sono presenti solitamente anche delle guide per rendere più facile lo scorrimento del nastro e per regolarne la tensione. Il sistema di trascinamento indicato con la lettera E contiene un pinch roller, cioè un disco in gomma che aderisce al nastro e lo preme su un capstan, un piccolo perno di ferro rotante che trasmette il suo moto al pinch roller ed al nastro, trascinandolo.

Le testine<sup>54</sup> sono costituite da un nucleo di ferro disposto a forma di anello, aperto in un punto denominato "gap" (fessura). Sul nucleo è avvolta una bobina attraverso la quale passa la corrente (con il segnale di riproduzione/registrazione).

Si definisce così il flusso magnetico di una regione del nastro:

$$\Phi_B = \int \vec{B} \times d\vec{A}_S \quad (3.1)$$

dove  $A_S$  è un vettore con direzione perpendicolare al nastro e di modulo pari all'area della superficie che stiamo esaminando, mentre  $B$  rappresenta l'intensità del campo magnetico che attraversa tale superficie.

Al momento della registrazione il nastro viene fatto scorrere sopra al "gap" e si magnetizza a seconda del flusso magnetico presente. Al fine di avere la maggior densità di informazioni possibile sul nastro, il "gap" deve essere molto stretto. L'intensità di magnetizzazione del nastro è inversamente proporzionale alla larghezza del "gap", allo spessore del nastro e alla sua distanza dal "gap".

L'intensità di magnetizzazione all'interno del "gap" è data da:

$$H_g = \frac{\mu_r A_c Ni}{A_g l_c + \mu_r A_c l_g} \quad (3.2)$$

dove  $\mu_r$  è la permeabilità magnetica relativa del nucleo di ferro,  $A_c$  è la sua area ed  $l_c$  la sua lunghezza;  $l_g$  è la larghezza del "gap" e  $A_g$  la sua area.

Nella fase di riproduzione la testina rivela la variazione del flusso magnetico prodotta dallo scorrimento del nastro magnetico che sta passando in quel dato momento al di sopra del "gap". La tensione istantanea ai capi della testina è data da:

$$E = mN \frac{d\phi_R}{dt} \quad (3.3)$$

dove  $\phi_R$  è il flusso magnetico del nastro,  $N$  il numero di spire ed  $m$  il rendimento.

---

<sup>54</sup> M. Camras, op.cit., pp. 149ss.

La tensione media che si genera ai terminali elettrici della testina è data da:

$$E_{rms} = 2\pi f \frac{\phi_R}{l} L\eta N \quad (3.4)$$

dove  $\phi_R/l$  rappresenta la densità lineare di flusso,  $L$  la larghezza della testina,  $\eta$  l'efficienza ed  $N$  il numero di spire. La tensione è calcolata in Volt RMS ed è direttamente proporzionale alla frequenza.

Negli apparecchi di tipo commerciale, spesso esiste un'unica testina per registrare e riprodurre il segnale.

La testina di cancellazione è per molti versi simile a quella di registrazione, ma ha una permeabilità magnetica più bassa, un "gap" più largo per magnetizzare con maggiore intensità tutto lo spessore del nastro, o due "gaps", al fine di evitare la persistenza di residui di segnale. Solitamente la testina di cancellazione produce un campo magnetico alternato, a frequenza e intensità molto alte, capace di eliminare il flusso precedentemente registrato.

In un registratore magnetico il segnale non passa direttamente dagli ingressi alla testina di registrazione, né da quella di riproduzione alle uscite. Diversi sono i circuiti, infatti, che servono a controllare il segnale e a trasformarlo affinché sia utilizzabile dai diversi apparati elettronici.

In fase di registrazione, la tensione in ingresso viene dapprima adeguata ai livelli necessari da un circuito di amplificazione (regolabile entro certi limiti dall'utente), poi il segnale viene equalizzato, mescolato con il BIAS ed infine trasmesso alla testina.

In riproduzione, al contrario, la variazione di flusso captata dalla testina diventa un segnale elettrico che viene equalizzato e quindi amplificato al livello necessario all'uscita.

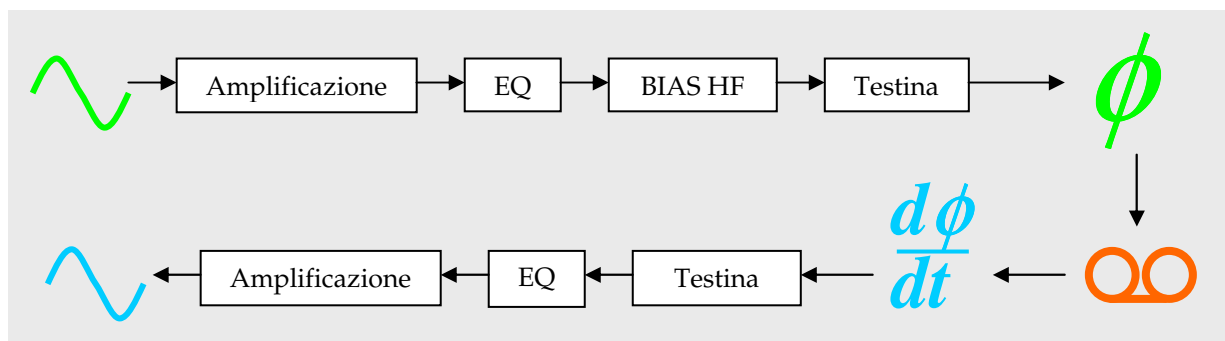


FIGURA 3.13 Catena dei passaggi subiti dall'informazione sonora nella registrazione e riproduzione con sistema magnetico.



### 3.2.3 Risposte in frequenza nella registrazione

Nell'esposizione effettuata nel paragrafo 3.2.2 si è appena sfiorato il problema della differente risposta in frequenza nei vari passaggi che il segnale compie per essere registrato o rilevato dal nastro. In realtà sono molte le trasformazioni subite dallo spettro del segnale, in entrambe le fasi.

Ecco cosa accade al momento della registrazione:

1. Innanzitutto bisogna considerare la reattanza induttiva dell'avvolgimento presente sulla testina, che è proporzionale alla frequenza e quindi provoca un'attenuazione alle alte frequenze.
2. Il nucleo della testina ha delle perdite naturali, che risultano più evidenti alle alte frequenze.
3. La distanza del nastro dal "gap", gli effetti dello spessore del nastro e la stessa larghezza del "gap" tendono ancora una volta ad attenuare le alte frequenze.
4. Il nastro non ha una risposta perfettamente lineare: generalmente infatti si verifica una ulteriore perdita con il crescere della frequenza, poiché la definizione del nastro è insufficiente a garantire una magnetizzazione omogenea a tutte le frequenze.

Durante la riproduzione intervengono altri fattori:

5. Anche in questo caso, la distanza del nastro dal "gap", gli effetti dello spessore del nastro e la stessa larghezza del "gap" tendono ancora una volta ad attenuare le alte frequenze.
6. Alle basse frequenze, la lunghezza d'onda è troppo grande per essere individuata dalla testina, per cui soltanto una piccola parte del flusso viene rilevata.
7. La tensione istantanea misurabile ai capi della testina non è proporzionale al flusso, bensì alla sua derivata  $d\phi_p/dt$ . Questo causa il fatto che le alte frequenze siano di gran lunga enfatizzate, secondo un guadagno di 6dB/ottava.

Vediamo ora quali sono le tattiche utilizzate per compensare i difetti elencati<sup>55</sup>.

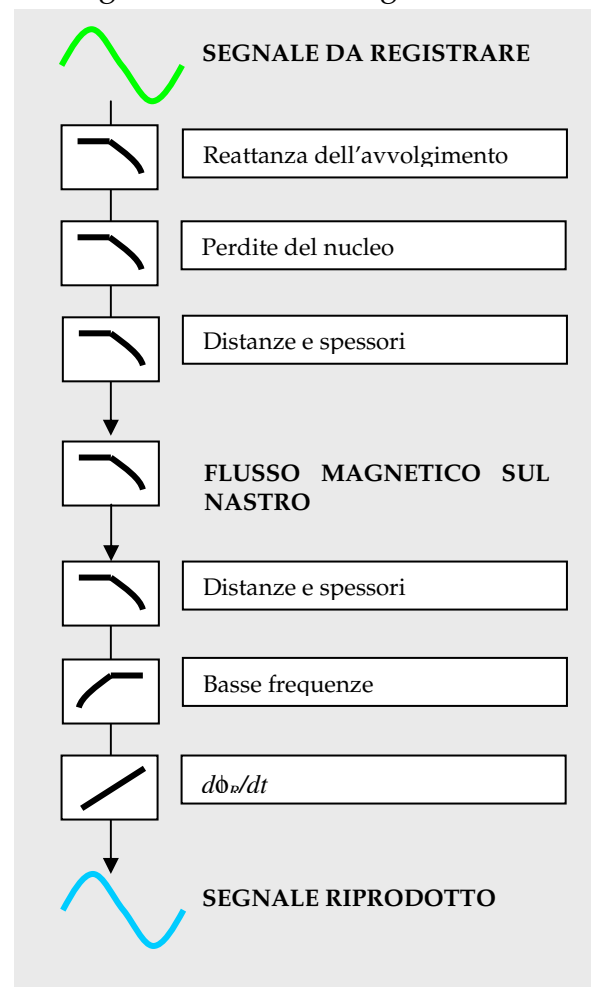


FIGURA 3.14 Alterazioni spettrali subite dal segnale

<sup>55</sup> M. Camras, *op.cit.*, pp. 271ss e C. D. Mee, *op.cit.*, pp. 252ss.

In fase di registrazione, si interviene in primo luogo per compensare la reattanza induttiva degli avvolgimenti della testina (punto 1). Questo si attua inserendo una resistenza in serie alla testina, come mostrato in figura.

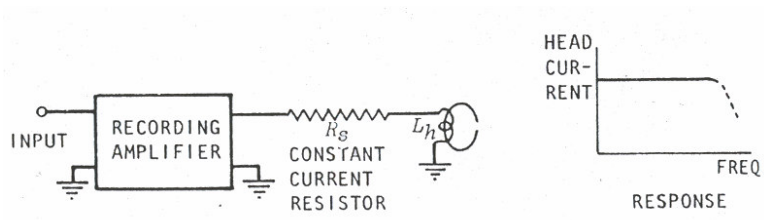


FIGURA 3.15 Compensazione della reattanza induttiva della testina.

La compensazione delle perdite del nucleo (punto 2) viene attuata inserendo un condensatore in parallelo alla resistenza appena introdotta. Si ottiene in questo modo un flusso magnetico di registrazione (generato dalla testina) costante.

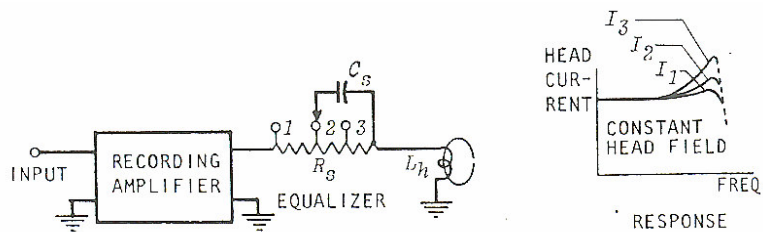


FIGURA 3.16 Compensazione delle perdite del nucleo

L'insieme delle questioni elencate nei punti 3-7 è ben rappresentato dalla figura 3.17, che mostra l'andamento della corrente ai capi della testina di riproduzione nella lettura di un segnale registrato a flusso costante.

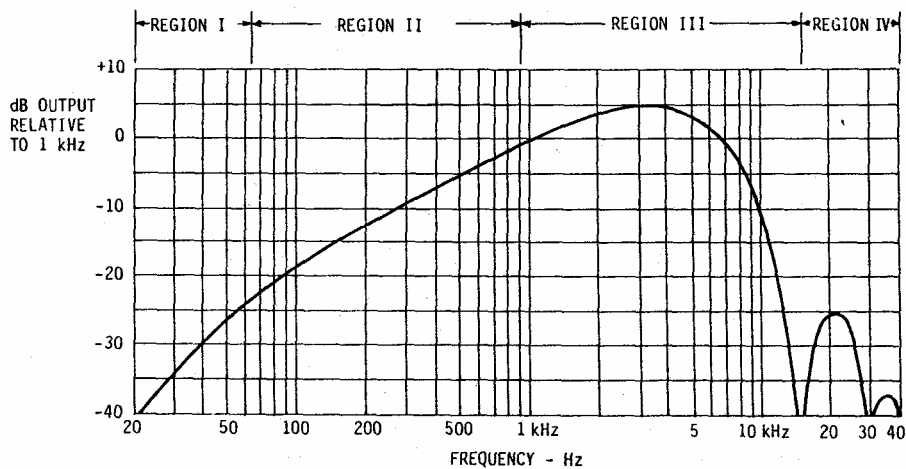


FIGURA 3.17 Risposta ai capi di una testina di riproduzione, nel caso di registrazione a flusso costante.

La prima parte della curva (20-70Hz) mostra il forte decadimento delle basse frequenze di cui al punto 6 del precedente paragrafo. La seconda parte (70-3000Hz) è influenzata quasi solamente dalla crescita di 6 dB/ottava illustrata nel punto 7, e viene compensata proprio con una caduta della stessa pendenza. La parte più acuta dello spettro (fino ai 20000 Hz) è caratterizzata soprattutto dagli effetti della distanza del nastro dalla testina, della larghezza del "gap" e dello spessore del nastro stesso (punti 3 e 5).

E' nella prassi delle tecniche di registrazione compensare le alterazioni non intenzionali appena elencate realizzando un'unica curva che comprenda anche l'equalizzazione delle alterazioni propriamente intenzionali.

Nel paragrafo 2.3 si è evidenziato come la potenza spettrale di un'esecuzione orchestrale si concentri particolarmente nella regione compresa tra i 200 Hz e i 3000 Hz. Le componenti parziali e i suoni dei registri acuto e sopra-acuto presentano un'ampiezza ridotta, che può essere sommersa dal rumore di fondo: si è perciò indotti ad enfatizzare le alte frequenze in fase di registrazione. Si evita in tal modo di amplificare l'intero spettro, scongiurando il pericolo di distorsioni per overload. Per la regione dei bassi, dove per il fenomeno dell'hum il livello del rumore è più elevato, si è escogitata una soluzione analoga: in fase di registrazione viene enfatizzata l'ampiezza del segnale per frequenze inferiori ai 200 Hz. Queste operazioni intenzionali sono finalizzate a migliorare il rapporto segnale-disturbo. Un'equalizzazione di questo tipo si definisce in letteratura "Equally Like to Overload" (ELO)<sup>56</sup>. Un esempio di curva di equalizzazione ELO impiegata in registrazione è riportato in figura 3.17. Per ottenere curve di questo tipo si impiegano solitamente reti RC attive inserite tra i vari stadi dell'amplificazione.

In fase di riproduzione, queste alterazioni devono essere compensate per restituire l'equilibrio fonico originale.

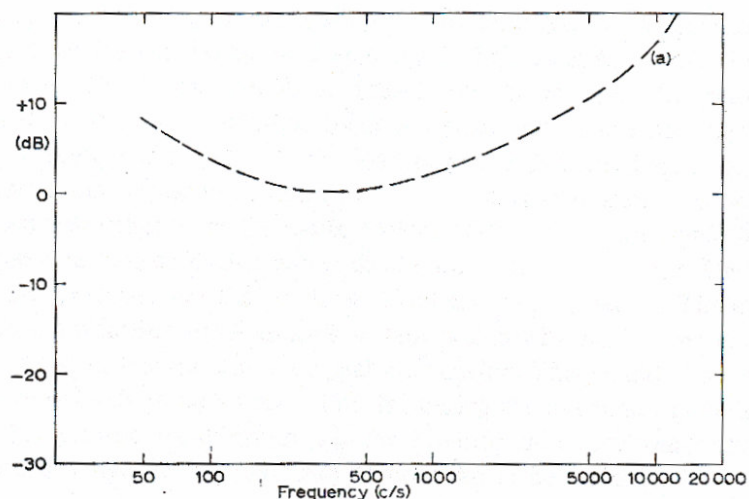


FIGURA 3.18 Pre-enfasi tipica per la registrazione su nastro.

<sup>56</sup> M. Camras, *op.cit.*, p. 278. Vedi anche paragrafo 2.4.

Pertanto, una corretta equalizzazione di tutte le alterazioni finora esaminate (punti 3-7 in unione con curva ELO) è costituita da una pendenza negativa di 6dB/ottava in unione con una dolce attenuazione dei bassi e una sostanziosa enfattizzazione delle frequenze acute.

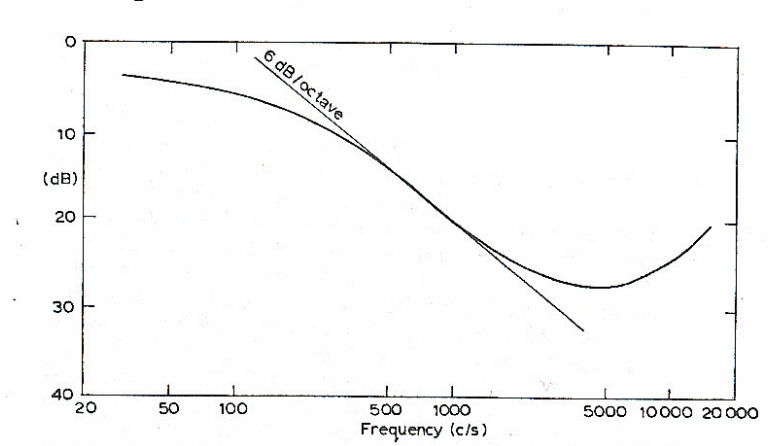


FIGURA 3.19 Tipica curva di equalizzazione applicata in riproduzione.

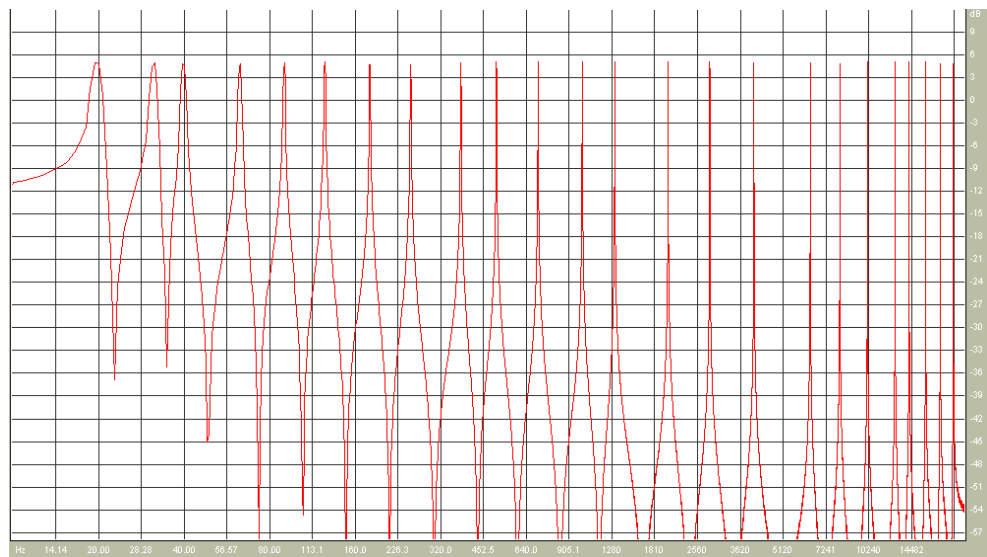
## 4. Esempi di registratori

### 4.1 Metodo di analisi

In questo capitolo verranno analizzati alcuni celebri modelli di registratori a bobine, al fine di individuare l'esistenza e il funzionamento dei circuiti di equalizzazione presenti in essi.

Per il raggiungimento di questo scopo è stato ideato un sistema di analisi che prescinde dalle diverse tipologie di controllo che possono essere presenti sulle macchine, e che è in grado di rilevare le variazioni di risposta in frequenza che avvengono regolando questi controlli. Questo metodo prevede l'invio di un segnale di test appositamente sintetizzato all'input della macchina, la registrazione del segnale su nastro e la successiva riproduzione del segnale registrato. Il segnale che si ottiene in uscita andrà poi valutato attraverso un analizzatore di spettro (o sistema di analisi equivalente). Ripetendo questa procedura più volte, variando i parametri per l'equalizzazione disponibili sulla macchina, si può studiare l'andamento della risposta in frequenza in funzione dei parametri modificati.

Il segnale di test preparato, della durata di 10 secondi, è un pettine di 24 sinusoidi di frequenza: 20 Hz, 31,5 Hz, 40 Hz, 63 Hz, 90 Hz, 125 Hz, 180 Hz, 250 Hz, 375 Hz, 500 Hz, 700 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 2,8 kHz, 4 kHz, 6,3 kHz, 8 kHz, 10 kHz, 12,5 kHz, 14 kHz, 16 kHz, 18 kHz, 20 kHz. Il segnale è stato sintetizzato tramite la funzione "Generate Tones" contenuta nel software Syntrillium Cool Edit Pro 1.2, generando le sinusoidi ciascuna con un'intensità di  $-30$  dBFS<sup>57</sup>.



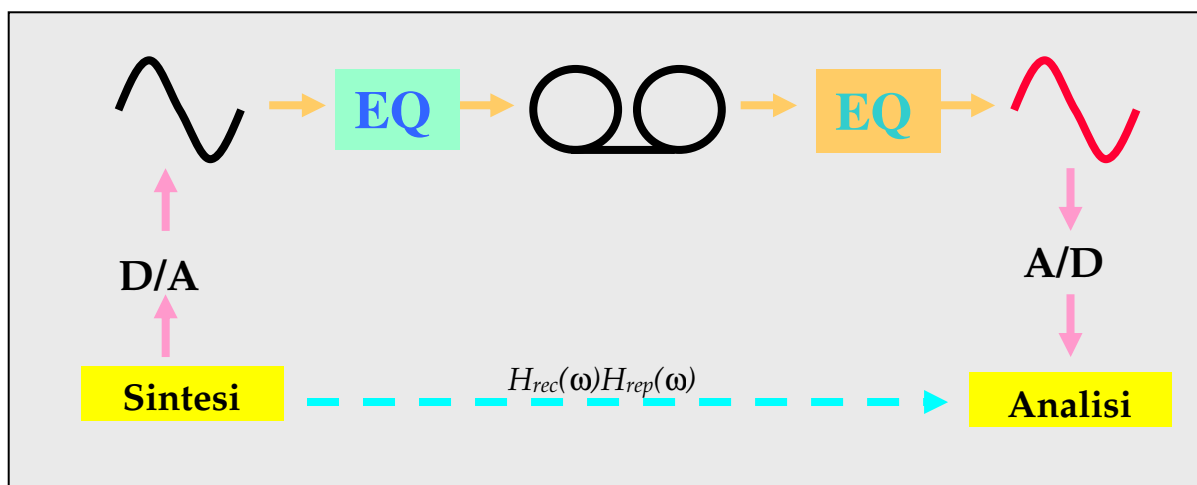
4.1 FFT del segnale di test prescelto.

Partendo da un siffatto segnale, al fine di risalire alla funzione di trasferimento complessiva del sistema si potranno rilevare i livelli di intensità del segnale

<sup>57</sup> "Full scale decibels". Si indicano con questa sigla i decibel riferiti all'intensità del segnale massimo campionabile o rappresentabile in formato digitale. La soglia massima avrà livello 0dBFS e tutti i segnali più deboli avranno livelli negativi. Cfr. G. Belletti, *Livelli audio digitali*, RAI, Milano, 2000.

riprodotto, alle medesime frequenze delle sinusoidi generate inizialmente. Un'approssimazione della funzione di trasferimento tra il segnale generato e quello riprodotto sarà data dall'interpolazione dei punti ottenuti con il rilevamento di tali livelli.

La funzione ottenuta sarà la funzione di trasferimento complessiva  $H(\omega)$  del sistema così configurato, cioè il prodotto di  $H_{rec}(\omega)$ , cioè la funzione di trasferimento della registrazione su nastro, ed  $H_{rep}(\omega)$ , la funzione di trasferimento della riproduzione dal nastro. La risposta del nastro stesso si considera inclusa in  $H_{rec}(\omega)$ .



4.2 Percorso del segnale nel metodo prescelto per analizzare le macchine.

Pur non potendo separare totalmente le due funzioni, è possibile studiare l'andamento di una delle due, mantenendo costante la seconda. Per avere  $H_{rec}(\omega)$  costante, sarà sufficiente riprodurre più volte il medesimo segnale registrato, variando i parametri. Per avere  $H_{rep}(\omega)$  costante, invece, bisognerà riprodurre segnali registrati con parametri diversi, mantenendo i parametri fissi durante la riproduzione.

Per l'analisi dei dati si è scelto di utilizzare la funzione PSD<sup>58</sup> di Mathworks Matlab, con finestra di default (Hanning) a 8192 punti. Sono stati realizzati degli script *ad hoc*, riportati in appendice A, che estraggono dal vettore fornito in uscita dalla funzione PSD i massimi valori nelle regioni intorno alle frequenze delle sinusoidi generate. Gli script esportano poi i risultati in formato testo, facilmente importabile da altri software quali Microsoft Excel, utilizzato per generare i grafici.

<sup>58</sup> Power Spectrum Density. Tale funzione lavora in base al metodo di estrazione del periodogramma medio di Welch. Per ulteriori informazioni, si consulti il manuale del software.

## 4.2 Studer A812

### 4.2.1 Caratteristiche del registratore

Il registratore a bobine Studer A812 è stato ed è una delle macchine più utilizzate negli ambiti della registrazione audio analogica, della diffusione radio-televisiva, della produzione di musica elettronica e, più recentemente, del riversamento di nastri analogici. La peculiarità di questo registratore sta nella possibilità di controllare tutti i parametri meccanici ed elettronici tramite il computer interno, che consente di memorizzare interi setup della macchina, richiamabili in un secondo momento. E' inoltre possibile pilotare l'intero sistema in remoto tramite interfaccia RS232 o parallela.

Ogni sezione dello Studer è regolata in modo elettronico da una scheda dedicata, installata all'interno di un apposito vano a cui si accede dalla parte inferiore della macchina. Le schede relative alle sezioni di amplificazione ed al BIAS sono doppie, una per ciascun canale audio.



FIGURA 4.3 Il registratore Studer A812.

Lo Studer può montare bobine standard di tipo NAB o DIN, grazie alla presenza di mozzi intercambiabili. Lo scorrimento del nastro avviene grazie al diffuso sistema capstan-pinch roller ed è controllato elettronicamente grazie alla presenza di un sensore tachimetrico. Il corretto avvolgimento del nastro sulle bobine è garantito da un sistema di controllo elettronico della tensione tarabile dall'utente. I tradizionali comandi da registratore (play, stop, record, avvolgimento e riavvolgimento) sono affiancati da una manopola shuttle, che consente movimenti molto precisi e rivela la sua comodità soprattutto in fase di montaggio. Un display a led può essere configurato come contagiri o contaminuti.

Il registratore è in grado di riprodurre nastri da ¼ di pollice alle velocità di scorrimento standard di 3.75"/s (9,5 cm/s), 7,5"/s (19 cm/s), 15"/s (38 cm/s), 30"/s (76 cm/s). Due parametri consentono di regolare ulteriormente la velocità con ampia escursione e notevole dettaglio. La velocità di avvolgimento veloce delle bobine è regolabile a intervalli di 0,1 m/s.

Le testine sono montate su un apposito blocco rimovibile. Esistono due testine separate per la riproduzione e la registrazione, che possono essere a traccia unica, a

due tracce o a farfalla (due tracce con separazione di 0,75mm). La testina di cancellazione e quella di lettura/scrittura del time-code si trovano ai lati del gruppo testine.

La sezione di amplificazione è dotata delle regolazioni del livello in ingresso e in uscita, che possono essere effettuate sia dal computer che attraverso delle manopole posizionate sul pannello degli indicatori di livello. Questi ultimi possono essere configurati internamente per funzionare come VU-meter o Peak-meter e coprono un range da  $-\infty$  a +3 dB. Tramite tre tasti è possibile collegare gli indicatori e l'output della macchina all'input, alla testina di riproduzione o al segnale di sync (se questa funzione è installata).



FIGURA 4.4 Pannello di controllo dello Studer A812.

Per la regolazione dell'equalizzazione in registrazione, lo Studer mette a disposizione 2 diversi parametri: TRB REC, che regola il livello di enfasi degli alti; EQU REC, che viene associato alla frequenza di taglio del filtro sugli alti. In riproduzione sono disponibili invece 3 regolazioni: TRB REP, che regola il livello di de-enfasi degli alti; EQU REP, che è correlato alla frequenza di taglio del filtro sugli alti; BAS REP, che regola la de-enfasi delle frequenze basse. Il comando CCIR/NAB, inoltre, attiva e disattiva un filtro con costante di tempo di 3180  $\mu$ s.

Il livello del BIAS ad alta frequenza può essere regolato tramite un apposito controllo.

Lo Studer A812 si interfaccia con le apparecchiature audio esterne tramite connettori Cannon XLR (due ingressi e due uscite analogiche per il segnale, un ingresso ed un uscita per il segnale di sync – se questa funzionalità è prevista). Altri connettori garantiscono la comunicazione dati con apparecchiature di sync, di controllo remoto e di riduzione del rumore. Sul pannello degli indicatori sono presenti un'uscita cuffie ed un piccolo altoparlante per il monitoraggio dei segnali.

Tra le possibilità di espansione più interessanti di questa macchina ricordiamo: l'interfacciamento con segnali di time-code (sync) esterni, la possibilità di essere pilotata in remoto tramite connessione seriale o parallela, la scheda opzionale di somma dei canali per la lettura di nastri a traccia unica con testine stereo.

Il capitolo 4 del manuale del registratore<sup>59</sup> è dedicato alla calibrazione: al suo interno contiene alcuni paragrafi dedicati ai parametri relativi all'equalizzazione. A tal proposito si prescrive di riprodurre una sinusoide di frequenza acuta<sup>60</sup> e di regolare il parametro TRB REP (che fa parte del sottomenù AUDIO) in modo che il

<sup>59</sup> Sono a disposizione per questo studio tre diverse edizioni del manuale (cfr. Bibliografia).

<sup>60</sup> Per 38 cm/s è consigliata una frequenza di 14 kHz, per 76 cm/s di 16 kHz, per 9,5 cm/s di 8 kHz.



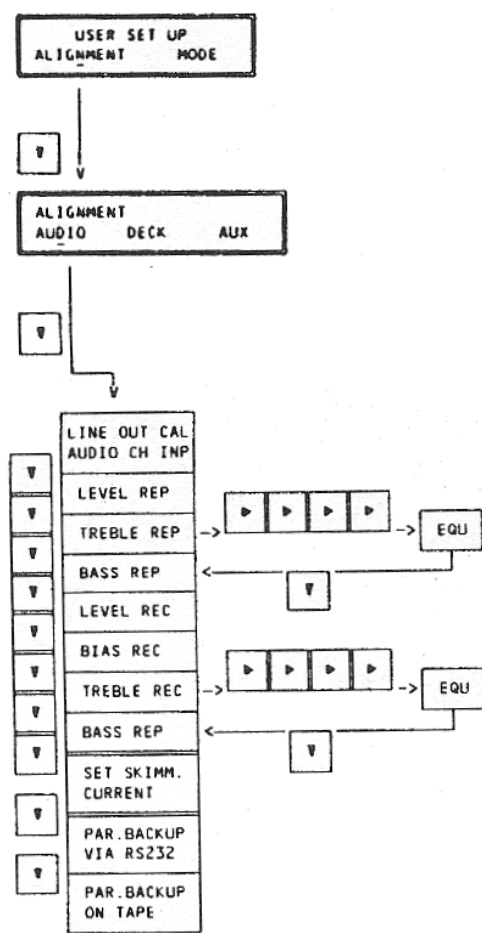


FIGURA 4.5 Sottomenù "AUDIO".

FF. Le modifiche di EQU REP si ripercuotono su entrambi i canali<sup>62</sup>.

Si passa poi a BAS REP, che agisce sullo spettro nella regione delle basse frequenze e che va regolato riproducendo la frequenza di 63 Hz (per tutte le velocità di scorrimento). Anche in questo caso la scala è esadecimale (00-FF).

Per quanto riguarda la taratura dell'equalizzazione per la registrazione, il metodo da seguire non è molto diverso. Questa regolazione deve essere effettuata soltanto dopo aver terminato quella relativa alla riproduzione. La calibrazione avviene registrando un segnale sinusoidale e riproducendolo nuovamente<sup>63</sup>. Se la curva di equalizzazione è corretta (ed è stata controllata la taratura del livello di entrata e uscita), il segnale in entrata e quello in uscita devono avere la medesima intensità. Altrimenti bisognerà agire sui parametri TRB REC ed EQU REC<sup>64</sup>, che agiscono sul circuito di registrazione allo stesso modo dei corrispettivi parametri in riproduzione (REP). Per quanto riguarda EQU REC, esiste una tabella (diversa da quella per EQU REC) di correlazione tra parametri e frequenze di taglio.

livello di uscita sia quello corretto. Sono disponibili in commercio i cosiddetti "nastri test" (vedi paragrafo 1.4), diversi per ogni velocità di scorrimento e per ogni standard di registrazione (NAB, CCIR, ...), che costituiscono uno strumento basilare per la calibrazione della macchina. Nel nastro è contenuta una sezione dedicata alla risposta in frequenza, in cui sono registrate sinusoidi a diverse frequenze lungo tutto lo spettro, generate ad intensità costante e poi filtrate secondo la curva di registrazione dello standard. Nell'equalizzazione ELO l'importante è ottenere in riproduzione lo spettro che si aveva prima della pre-enfasi in registrazione, perciò dovremo regolare i parametri in modo da ottenere in uscita, alla riproduzione del nastro test, uno spettro piatto. La regolazione di TRB REP avviene su una scala esadecimale che va da 00 a FF.

In situazioni particolari<sup>61</sup>, sempre stando al manuale, potrebbe rivelarsi necessario cambiare la costante di tempo del filtro, agendo sul parametro EQU REP. Una tabella riporta i valori della frequenza di taglio corrispondenti ad alcuni dei valori che il parametro può assumere nella scala da 00 a

<sup>61</sup> "Special situations" nel manuale.

<sup>62</sup> Le altre regolazioni, invece, possono essere effettuate indipendentemente per i due canali.

<sup>63</sup> Lo Studer A812 dispone di testine di registrazione e riproduzione separate, e quindi si può ascoltare in tempo reale il risultato di quanto si sta registrando.

<sup>64</sup> Frequenze consigliate per la regolazione di TRB REC: 10 kHz nel caso di una velocità di scorrimento di 19 cm/s, 12,5 kHz a 38 cm/s, 16 kHz a 76 cm/s.

Infine, il manuale suggerisce di ricontrrollare la risposta sui bassi ricalibrando il parametro BAS REP attraverso la registrazione e riproduzione di sinusoidi a bassa frequenza (fino a 200 Hz)<sup>65</sup>.

#### 4.2.2 Esperimenti

Il Laboratorio Mirage<sup>66</sup> dispone di due registratori a bobine Studer A812, denominati in seguito n.1 (matricola 229) e n.2 (matricola 1796). Lo studio qui esposto è stato effettuato su entrambi i registratori acquisiti dal laboratorio, sul primo dei quali sono montate testine stereo del tipo “a farfalla”, mentre il secondo è dotato di testine stereo con tracce da 2mm di larghezza. I registratori in questione sono dotati di scheda mono/stereo, che permette la registrazione e la lettura di bobine mono utilizzando la testina stereo già presente sulla macchina<sup>67</sup>. Sullo Studer n.2 è inoltre installato il modulo per l’interfacciamento con segnali di sync esterni.

Dalla descrizione condotta nel paragrafo precedente emerge che soltanto i parametri EQU REC ed EQU REP hanno una scala convertibile in parametri acustici “reali”, mentre non si è in grado di conoscere direttamente l’effetto delle altre regolazioni sul filtraggio. Nell’utilizzo dello Studer n.1 in laboratorio, inoltre, si sono notati dei comportamenti anomali e risposte poco convincenti alla variazione dei parametri di equalizzazione, con conseguente difficoltà ad ottenere risultati ottimali in fase di calibrazione.

Gli esperimenti di seguito descritti sono stati condotti al fine di comprendere gli effetti reali sul segnale dei parametri che la macchina mette a disposizione dell’utente. A tal proposito, su ciascuno dei registratori disponibili sono state effettuate quattro diverse batterie di test, più un test per rilevare la tolleranza a cui sottostanno le misure rilevate.

- La batteria **TRB** è destinata allo studio dei parametri TRB REC e TRB REP. Il test consiste nella registrazione e riproduzione del segnale di test con 289 (17<sup>2</sup>) combinazioni diverse dei parametri TRB REC e TRB REP, lasciando invariati tutti gli altri parametri.
- La batteria **EQU** è destinata allo studio dei parametri EQU REC ed EQU REP. Il test prevede la registrazione e riproduzione del segnale di test con 36 (6<sup>2</sup>) combinazioni diverse dei parametri EQU REC ed EQU REP, lasciando invariati tutti gli altri parametri.
- La batteria **BAS** è destinata allo studio del parametro BAS REP. Il test prevede una singola registrazione del segnale di test e la sua riproduzione con 17 valori diversi del parametro.
- La batteria **CCIR/NAB** è destinata allo studio dell’effetto del selettore CCIR/NAB e prevede la registrazione del segnale con i 2 diversi valori del parametro e la riproduzione di quanto registrato, nuovamente variando lo stato del parametro. Si ottengono così 4(2<sup>2</sup>) combinazioni diverse.

---

<sup>65</sup> Non si comprende a fondo la ragione di questa scelta. La regolazione di un parametro di riproduzione durante la calibrazione della sezione di registrazione non sembra un’idea coerente con la filosofia di calibrazione per mezzo del nastro test.

<sup>66</sup> Il laboratorio Mirage, nato nel 1998, ha sede a Gorizia e fa parte dell’Università degli Studi di Udine.

<sup>67</sup> Nella configurazione scelta per il test, tuttavia, la scheda mono-stereo risulterà disattivata.

Il test per rilevare la tolleranza è stato effettuato dopo alcuni giorni, configurando la macchina allo stesso modo in cui lo era al momento del test e ripetendo la misura per alcuni dei valori dei parametri.

### 4.2.3 Materiali

Per l'esecuzione dell'esperimento sono state impiegate le seguenti apparecchiature:

- registratori a bobine Studer A812, recentemente calibrati, puliti e smagnetizzati;
- registratore DAT Tascam DA-30mkII;
- personal Computer con Processore Pentium II e 128 Mb di RAM, con scheda MOTU PCI-324;
- box Motu 2408mkII;
- coppia di cavi analogici Cannon XLR – Cannon XLR;
- coppia di cavi coassiali con connettori pin RCA;
- cavo audiowire per il collegamento della scheda sonora PCI-324 con il box 2408mkII;
- sistema operativo Microsoft Windows 98;
- software Syntrillium Cool Edit Pro 1.2;
- software Mathworks Matlab 5.0.0.4069;
- software Microsoft Excel 97;
- nastro analogico BASF 911 da ¼".

### COLLEGAMENTI GENERALI

1. Si colleghi il box Motu 2408mkII all'interfaccia PCI-324 tramite cavo Audiowire.
2. Si colleghino l'output S/P-DIF del box Motu 2408mkII all'input del DAT Tascam DA-30mkII e l'output S/P-DIF del DAT Tascam DA-30mkII all'input del box, tramite la coppia di cavi coassiali pin RCA.
3. Si colleghino l'Analog Output L del DAT Tascam DA-30mkII all'Audio ch1 Input dello Studer A812 e l'Audio ch1 Output dello Studer A812 all'Analog Input L del DAT Tascam DA-30mkII tramite la coppia di cavi analogici Cannon-Cannon.
4. Si dia alimentazione di rete a tutti gli apparecchi.

### 4.2.4 Procedure

#### Batteria TRB

1. Si configuri il DAT Tascam DA-30mkII come convertitore D/A impostando *input: digital* e *digital input: coaxial*, e si preme il tasto record.
2. Si configuri la scheda PCI-324 per l'output su S/P-DIF e clock digitale interno tramite l'utility software fornita dal produttore.
3. Si configuri lo Studer A812 per nastri stereo a velocità di 19 cm/s (7.5IPS) e si scelga il banco di memoria Tape B – CCIR.

4. Si inserisca il nastro BASF 911 sulle flange dello Studer A812, lo si riavvolga fino al punto desiderato, portandosi avanti di almeno 1 minuto rispetto alla situazione di riavvolgimento totale.
5. Si impostino i parametri dal menu Alignment -> Audio secondo i valori seguenti: LVL REP 45, TRB REP 00, EQU REP 61, BAS REP 00, LVL REC 22, BIA REC 2A, TRB REC 00, EQU REC 82.
6. Si imposti manualmente il Record Level (ch1) in posizione 4 e il Rep/Sync Level (ch1) in posizione 5 e si premano i tasti UNCAL corrispondenti.
7. Si metta in registrazione lo Studer e contemporaneamente si attivi la riproduzione da Cool Edit Pro. Si abbia cura di lasciare qualche secondo di registrazione vuota dopo questo frammento.
8. Si ripeta il punto 7 facendo assumere al parametro TRB REC i seguenti valori: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, A0, B0, C0, D0, E0, F0, FF.
9. Si configuri il DAT Tascam DA-30mkII come convertitore A/D impostando *input: bal* e *analog input: cal*. Si regoli la manopola input L su una posizione intermedia (ore 11).
10. Si configuri la scheda PCI-324 per l'input da S/P-DIF e clock digitale S/P-DIF tramite l'utility software fornita dal produttore.
11. Si riavvolga il nastro analogico sullo Studer A812 fino al punto dove si è cominciato a registrare.
12. Si impostino i parametri dal menu Alignment -> Audio secondo i valori seguenti: LVL REP 45, TRB REP 00, EQU REP 61, BAS REP 00, LVL REC 22, BIA REC 2A, TRB REC 00, EQU REC 82.
13. Si imposti manualmente il Record Level (ch1) in posizione 4 e il Rep/Sync Level (ch1) in posizione 5 e si premano i tasti UNCAL corrispondenti.
14. Si crei un file nuovo in Cool Edit Pro: mono, 44kHz, 16 bit.
15. Si metta Cool Edit Pro in registrazione e si riproduca il primo frammento di 10 secondi dallo Studer.
16. Si salvi tramite il comando File->Save selection as di Cool Edit Pro una porzione di circa 5 secondi al centro del frammento registrato<sup>68</sup>. Il nome da dare al file sarà 00rep00.wav. Si chiuda il file.
17. Si ripetano i punti 14-16 dando i nomi appropriati ai files, secondo il formato: xxREPy.ywav, dove xx sono le cifre esadecimali del parametro TRB REC utilizzato per la registrazione del frammento riprodotto e yy sono le cifre esadecimali del parametro TRB REP utilizzato in riproduzione (00).



FIGURA 4.6 Formato del file

<sup>68</sup> Questo accorgimento dovrebbe consentire di avere a disposizione per l'analisi un segnale audio esente dalle imperfezioni da instabilità nell'avvio della registrazione/riproduzione dello Studer A812.

18. Si ripetano i punti 12-17 (compresa la ripetizione indicata al punto 17) facendo assumere al parametro TRB REP i seguenti valori: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, A0, B0, C0, D0, E0, F0, FF e avendo cura di salvare i files secondo il formato precedentemente specificato.

A questo punto si dovrebbero avere 289 ( $17^2$ ) files audio.

19. Si avvii Matlab e ci si posizioni nella cartella dei files audio.
20. Si avvii lo script `analizza_trb.m`, avendo cura di copiare nella medesima cartella anche lo script `trovaindice.m` (Vedi appendice A).

Lo script analizza la psd di ognuno dei files .wav e trova, all'interno di intervalli costruiti intorno alle frequenze delle sinusoidi del segnale di test, il massimo assoluto. Costruisce una matrice di questi massimi, avente per dimensioni l'indice del parametro Studer TRB REC, l'indice del parametro Studer TRB REP e l'indice della frequenza del segnale di test. I valori dei massimi sono espressi in dBFS.

L'esecuzione dello script fornisce in uscita 34 ( $17*2$ ) files denominati:

- `xxrep.txt`, in cui sono contenuti i vettori dei massimi relativi per i dodici test TRB REP 00-B0 relativi al parametro TRB REC xx;
- `xxrep2.txt`, in cui sono contenuti i vettori dei massimi relativi per i quattro rimanenti test TRB REP C0-FF relativi al parametro TRB REC xx.<sup>69</sup>

L'analisi dei risultati è stata effettuata importando questi dati in Microsoft Excel.

### Batteria EQU

1. Si configuri il DAT Tascam DA-30mkII come convertitore D/A impostando *input: digital* e *digital input: coaxial*, e si prema il tasto record.
2. Si configuri la scheda PCI-324 per l'output su S/P-DIF e clock digitale interno tramite l'utility software fornita dal produttore.
3. Si configuri lo Studer A812 per nastri stereo a velocità di 19 cm/s (7.5IPS) e si scelga il banco di memoria Tape B – CCIR.
4. Si inserisca il nastro BASF 911 sulle flange dello Studer A812, lo si riavvolga fino al punto desiderato, portandosi avanti di almeno 1 minuto rispetto alla situazione di riavvolgimento totale.
5. Si impostino i parametri dal menu Alignment -> Audio secondo i valori seguenti: LVL REP 45, TRB REP 70, EQU REP 26, BAS REP 00, LVL REC 22, BIA REC 2A, TRB REC 70, EQU REC 0E.
6. Si imposti manualmente il Record Level (ch1) in posizione 4 e il Rep/Sync Level (ch1) in posizione 5 e si premiano i tasti UNCAL corrispondenti.
7. Si metta in registrazione lo Studer e contemporaneamente si attivi la riproduzione da Cool Edit Pro. Si abbia cura di lasciare qualche secondo di registrazione vuota dopo questo frammento.

---

<sup>69</sup> Questa separazione in files dei risultati è necessaria a causa della limitazione a 12 vettori della funzione EXPVECT di Matlab.

8. Si ripeta il punto 7 facendo assumere al parametro EQU REC i seguenti valori: 4C, 75, 82, BA, DE.
9. Si configuri il DAT Tascam DA-30mkII come convertitore A/D e registratore impostando *input: bal* e *analog input: cal*. Si regoli la manopola input L su una posizione intermedia (ore 11).
10. Si configuri la scheda PCI-324 per l'input da S/P-DIF e clock digitale S/P-DIF tramite l'utility software fornita dal produttore.
11. Si riavvolga il nastro analogico sullo Studer A812 fino al punto dove si è cominciato a registrare.
12. Si impostino i parametri dal menu Alignment -> Audio secondo i valori seguenti: LVL REP 45, TRB REP 70, EQU REP 26, BAS REP 00, LVL REC 22, BIA REC 2A, TRB REC 70, EQU REC 0E.
13. Si imposti manualmente il Record Level (ch1) in posizione 4 e il Rep/Sync Level (ch1) in posizione 5 si premano i tasti UNCAL corrispondenti.
14. Si crei un file nuovo in Cool Edit Pro: mono, 44kHz, 16 bit.
15. Si metta Cool Edit Pro in registrazione e si riproduca il primo frammento di 10 secondi dallo Studer.
16. Si salvi tramite il comando File->Save selection as di Cool Edit Pro una porzione di circa 5 secondi al centro del frammento registrato. Il nome da dare al file sarà 0Erep26.wav. Si chiuda il file.
17. Si ripetano i punti 14-16 dando i nomi appropriati ai files, secondo il formato: xxREPy.ywav, dove xx sono le cifre esadecimali del parametro EQU REC utilizzato in registrazione e yy sono le cifre esadecimali del parametro EQU REP utilizzato in riproduzione (26).

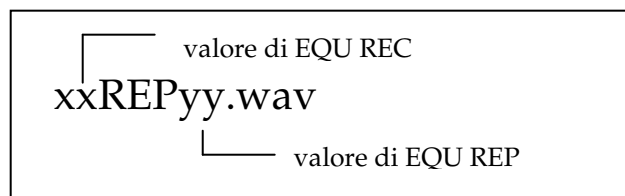


FIGURA 4.7 Formato del file

18. Si ripetano i punti 12-18 (compresa la ripetizione indicata al punto 17) facendo assumere al parametro EQU REP i seguenti valori: 44, 61, 87, BA, DE e avendo cura di salvare i files secondo il formato precedentemente specificato.

A questo punto si dovrebbero avere 36 ( $6^2$ ) files audio.

19. Si avvii Matlab e ci si posizioni nella cartella dei files audio.
20. Si avvii lo script `analizza_equ.m`, avendo cura di copiare nella medesima cartella anche lo script `trovaindice.m` (Vedi appendice A).

Lo script `analizza` la psd di ognuno dei files `.wav` e trova, all'interno di intervalli costruiti intorno alle frequenze delle sinusoidi del segnale di test, il massimo assoluto. Costruisce una matrice di questi massimi, avente per dimensioni l'indice

del parametro Studer EQU REC, l'indice del parametro Studer EQU REP e l'indice della frequenza del segnale di test. I valori dei massimi sono espressi in dBFS.

L'esecuzione dello script fornisce in uscita 6 files denominati:

- xxrep.txt, in cui sono contenuti i vettori dei massimi relativi per i sei test relativi al parametro EQU REC xx.

L'analisi dei risultati è stata effettuata importando questi dati in Microsoft Excel.

### Batteria BAS

1. Si configuri il DAT Tascam DA-30mkII come convertitore D/A impostando *input: digital* e *digital input: coaxial*, e si preme il tasto record.
2. Si configuri la scheda PCI-324 per l'output su S/P-DIF e clock digitale interno tramite l'utility software fornita dal produttore.
3. Si configuri lo Studer A812 per nastri stereo a velocità di 19 cm/s (7.5IPS) e si scelga il banco di memoria Tape B – CCIR.
4. Si inserisca il nastro BASF 911 sulle flange dello Studer A812, lo si riavvolga fino al punto desiderato, portandosi avanti di almeno 1 minuto rispetto alla situazione di riavvolgimento totale.
5. Si impostino i parametri dal menu Alignment -> Audio secondo i valori seguenti: LVL REP 45, TRB REP 70, EQU REP 61, BAS REP 00, LVL REC 22, BIA REC 2A, TRB REC 70, EQU REC 82.
6. Si imposti manualmente il Record Level (ch1) in posizione 4 e il Rep/Sync Level (ch1) in posizione 5 e si premano i tasti UNCAL corrispondenti.
7. Si metta in registrazione lo Studer e contemporaneamente si attivi la riproduzione da Cool Edit Pro. Si abbia cura di lasciare qualche secondo di registrazione vuota dopo questo frammento.
8. Si configuri il DAT Tascam DA-30mkII come convertitore A/D e registratore impostando *input: bal* e *analog input: cal*. Si regoli la manopola input L su una posizione intermedia (ore 11).
9. Si configuri la scheda PCI-324 per l'input da S/P-DIF e clock digitale S/P-DIF tramite l'utility software fornita dal produttore.
10. Si riavvolga il nastro analogico sullo Studer A812 fino al punto dove si è cominciato a registrare.
11. Si impostino i parametri dal menu Alignment -> Audio secondo i valori seguenti: LVL REP 45, TRB REP 70, EQU REP 61, BAS REP 00, LVL REC 22, BIA REC 2A, TRB REC 70, EQU REC 82.
12. Si imposti manualmente il Record Level (ch1) in posizione 4 e il Rep/Sync Level (ch1) in posizione 5 si premano i tasti UNCAL corrispondenti.
13. Si crei un file nuovo in Cool Edit Pro: mono, 44kHz, 16 bit.
14. Si metta Cool Edit Pro in registrazione e si riproduca il primo frammento di 10 secondi dallo Studer.
15. Si salvi tramite il comando File->Save selection as di Cool Edit Pro una porzione di circa 5 secondi al centro del frammento registrato. Il nome da dare al file sarà rep00.wav. Si chiuda il file.

16. Si ripetano i punti 13-15 facendo assumere al parametro BAS REP i seguenti valori: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, A0, B0, C0, D0, E0, F0, FF e avendo cura di salvare i files secondo il formato REPxx, dove xx rappresenta il valore di BAS REP.

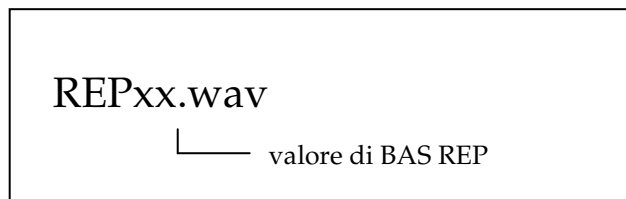


FIGURA 4.8 Formato del file

A questo punto si dovrebbero avere 17 files audio.

17. Si avvii Matlab e ci si posizioni nella cartella dei files audio.
18. Si avvii lo script analizza\_bas.m, avendo cura di copiare nella medesima cartella anche lo script trovaindice.m (Vedi appendice A)

Lo script analizza la psd di ognuno dei files .wav e trova, all'interno di intervalli costruiti intorno alle frequenze delle sinusoidi del segnale di test, il massimo assoluto. Costruisce una matrice di questi massimi, avente per dimensioni l'indice del parametro Studer BAS REP e l'indice della frequenza del segnale di test. I valori dei massimi sono espressi in dBFS.

L'esecuzione dello script fornisce in uscita un file denominato:

- xxrep.txt, in cui sono contenuti i vettori dei massimi relativi per i 17 test.

L'analisi dei risultati è stata effettuata importando questi dati in Microsoft Excel.

### Batteria CCIR/NAB

1. Si configuri il DAT Tascam DA-30mkII come convertitore D/A impostando *input: digital* e *digital input: coaxial*, e si prema il tasto record.
2. Si configuri la scheda PCI-324 per l'output su S/P-DIF e clock digitale interno tramite l'utility software fornita dal produttore.
3. Si configuri lo Studer A812 per nastri stereo a velocità di 19 cm/s (7.5IPS) e si scelga il banco di memoria Tape B – CCIR.
4. Si inserisca il nastro BASF 911 sulle flange dello Studer A812, lo si riavvolga fino al punto desiderato, portandosi avanti di almeno 1 minuto rispetto alla situazione di riavvolgimento totale.
5. Si impostino i parametri dal menu Alignment -> Audio secondo i valori seguenti: LVL REP 45, TRB REP 70, EQU REP 61, BAS REP 70, LVL REC 22, BIA REC 2A, TRB REC 70, EQU REC 82.
6. Si imposti manualmente il Record Level (ch1) in posizione 4 e il Rep/Sync Level (ch1) in posizione 5 e si premano i tasti UNCAL corrispondenti.
7. Si metta in registrazione lo Studer e contemporaneamente si attivi la riproduzione da Cool Edit Pro. Si abbia cura di lasciare qualche secondo di registrazione vuota dopo questo frammento.



8. Si configuri lo Studer A812 per nastri stereo a velocità di 19 cm/s (7.5IPS) e si scelga il banco di memoria Tape B – NAB.
9. Si impostino i parametri dal menu Alignment -> Audio secondo i valori seguenti: LVL REP 45, TRB REP 70, EQU REP 61, BAS REP 70, LVL REC 22, BIA REC 2A, TRB REC 70, EQU REC 82.
10. Si imposti manualmente il Record Level (ch1) in posizione 4 e il Rep/Sync Level (ch1) in posizione 5 e si premano i tasti UNCAL corrispondenti.
11. Si metta in registrazione lo Studer e contemporaneamente si attivi la riproduzione da Cool Edit Pro. Si abbia cura di lasciare qualche secondo di registrazione vuota dopo questo frammento.
12. Si configuri il DAT Tascam DA-30mkII come convertitore A/D e registratore impostando *input: bal* e *analog input: cal*. Si regoli la manopola input L su una posizione intermedia (ore 11).
13. Si configuri la scheda PCI-324 per l'input da S/P-DIF e clock digitale S/P-DIF tramite l'utility software fornita dal produttore.
14. Si configuri lo Studer A812 per nastri stereo a velocità di 19 cm/s (7.5IPS) e si scelga il banco di memoria Tape B – CCIR.
15. Si riavvolga il nastro analogico sullo Studer A812 fino al punto dove si è cominciato a registrare.
16. Si impostino i parametri dal menu Alignment -> Audio secondo i valori seguenti: LVL REP 45, TRB REP 70, EQU REP 61, BAS REP 70, LVL REC 22, BIA REC 2A, TRB REC 70, EQU REC 82.
17. Si imposti manualmente il Record Level (ch1) in posizione 4 e il Rep/Sync Level (ch1) in posizione 5 si premano i tasti UNCAL corrispondenti.
18. Si crei un file nuovo in Cool Edit Pro: mono, 44kHz, 16 bit.
19. Si metta Cool Edit Pro in registrazione e si riproduca il primo frammento di 10 secondi dallo Studer.
20. Si salvi tramite il comando File->Save selection as di Cool Edit Pro una porzione di circa 5 secondi al centro del frammento registrato. Il nome da dare il file sarà CrepC.wav. Si chiuda il file.
21. Si crei un file nuovo in Cool Edit Pro: mono, 44kHz, 16 bit.
22. Si metta Cool Edit Pro in registrazione e si riproduca il secondo frammento di 10 secondi dallo Studer.
23. Si salvi tramite il comando File->Save selection as di Cool Edit Pro una porzione di circa 5 secondi al centro del frammento registrato. Il nome da dare il file sarà NrepC.wav. Si chiuda il file.
24. Si configuri lo Studer A812 per nastri stereo a velocità di 19 cm/s (7.5IPS) e si scelga il banco di memoria Tape B – NAB.
25. Si riavvolga il nastro analogico sullo Studer A812 fino al punto dove si è cominciato a registrare.
26. Si impostino i parametri dal menu Alignment -> Audio secondo i valori seguenti: LVL REP 45, TRB REP 70, EQU REP 61, BAS REP 70, LVL REC 22, BIA REC 2A, TRB REC 70, EQU REC 82.
27. Si imposti manualmente il Record Level (ch1) in posizione 4 e il Rep/Sync Level (ch1) in posizione 5 si premano i tasti UNCAL corrispondenti.
28. Si crei un file nuovo in Cool Edit Pro: mono, 44kHz, 16 bit.

29. Si metta Cool Edit Pro in registrazione e si riproduca il primo frammento di 10 secondi dallo Studer.
30. Si salvi tramite il comando File->Save selection as di Cool Edit Pro una porzione di circa 5 secondi al centro del frammento registrato. Il nome da dare al file sarà CrepN.wav. Si chiuda il file.
31. Si crei un file nuovo in Cool Edit Pro: mono, 44kHz, 16 bit.
32. Si metta Cool Edit Pro in registrazione e si riproduca il secondo frammento di 10 secondi dallo Studer.
33. Si salvi tramite il comando File->Save selection as di Cool Edit Pro una porzione di circa 5 secondi al centro del frammento registrato. Il nome da dare al file sarà NrepN.wav. Si chiuda il file.

A questo punto si dovrebbero avere 4 files audio.

34. Si avvii Matlab e ci si posizioni nella cartella dei files audio.
35. Si avvii lo script analizza\_nc.m, avendo cura di copiare nella medesima cartella anche lo script trovaindice.m (Vedi appendice A).

Lo script analizza la psd di ognuno dei files .wav e trova, all'interno di intervalli costruiti intorno alle frequenze delle sinusoidi del segnale di test, il massimo assoluto. Costruisce una matrice di questi massimi, avente per dimensioni il numero progressivo della registrazione e l'indice della frequenza del segnale di test. I valori dei massimi sono espressi in dBFS.

L'esecuzione dello script fornisce in uscita 2 files denominato:

- Crep.txt, in cui sono contenuti i vettori dei massimi relativi per i 2 test registrati in modalità CCIR
- Nrep.txt, in cui sono contenuti i vettori dei massimi relativi per i 2 test registrati in modalità NAB

L'analisi dei risultati è stata effettuata importando questi dati in Microsoft Excel.

#### **4.2.5 Risultati**

Per poter disporre di una certa elasticità nell'analisi dei risultati, si è deciso di importare i dati in Microsoft Excel. I risultati di questi esperimenti sono riportati integralmente nell'Appendice B e nel cd-rom allegato.

I risultati sono stati separati in fogli corrispondenti ciascuno ad un diverso parametro di registrazione (TRB REC, EQU REC, NAB/CCIR, nel caso della batteria BAS è stato sufficiente un unico foglio): per ciascun registratore si sono ottenuti 17 fogli per la batteria TRB, 6 per la batteria EQU e 2 per la batteria NAB/CCIR, salvati in cartelle di lavoro separate. Sono stati generati poi dei fogli con le medesime informazioni riorganizzate in base al parametro di riproduzione (TRB REP, EQU REP, NAB/CCIR).

Si sono generati due tipi di grafici:

- A. Risposte in frequenza: rappresentano un'approssimazione della funzione di trasferimento complessiva  $H(\omega)$  per ogni test (vedi paragrafo 4.1). In ascissa sono disposte le frequenze delle sinusoidi incluse nel segnale di test, senza l'utilizzo di una scala regolare; in ordinata troviamo l'intensità in dBFS. Le linee sono ottenute dalla congiunzione dei punti corrispondenti ai massimi rilevati dallo script. Le curve sono raggruppate in famiglie in base alla variazione di un singolo parametro.
- B. Influsso dei parametri sulle singole frequenze: consentono di visualizzare la variazione dell'intensità di una singola frequenza del segnale di test in base ai valori di un parametro. In ascissa sono disposti i valori del parametro; in ordinata troviamo l'intensità in dBFS. Ogni linea rappresenta l'andamento di una particolare frequenza tra quelle inserite nel segnale di test ed è ottenuta dalla congiunzione dei punti corrispondenti ai massimi rilevati dallo script.

Nell'appendice B sono riportate le tavole contenenti tutti i risultati delle quattro batterie di test e del test sulla tolleranza. Ogni tavola contiene i risultati ottenuti riproducendo il medesimo segnale con valori del parametro di riproduzione diversi. Il valore e il tipo del parametro di registrazione (TRB REC, EQU REC o NAB/CCIR, per BAS REP esiste un'unica tabella) e la batteria di test (TRB, EQU o BAS) a cui la tavola si riferisce sono riportati in testa alla tavola. In ogni tavola, in ascissa sono riportati i valori del parametro di riproduzione (TRB REP, EQU REP, BAS REP, NAB/CCIR) e in ordinata le frequenze del segnale di test a cui corrispondono i massimi rilevati. I valori sono espressi in dBFS.

Si precisa che questi valori non hanno significato rilevante in termini assoluti, visto che non è possibile misurare il guadagno globale del sistema prescindendo dall'equalizzazione applicata. Questo tuttavia non compromette la validità dei risultati in termini relativi, che è ciò che a noi interessa: la presenza di un guadagno globale, anche se diverso per le diverse porzioni dello spettro, rappresenta soltanto uno scarto (*offset*) che può alterare i valori dei test, ma non le differenze tra i valori stessi.

### Batteria TRB

I dati rilevati dallo Studer n.1 appaiono decisamente strani ed incoerenti rispetto al comportamento che ci si potrebbe aspettare.

La figura 4.9 mostra le curve corrispondenti alla variazione del parametro TRB REP, mantenendo il parametro TRB REC fisso sul valore B0. Fino approssimativamente a 2800 Hz, le curve sono coincidenti. Oltre tale frequenza, si dispongono a ventaglio, come ci si aspettava da un probabile filtro passa-basso. Tuttavia, si può notare che diverse curve si sovrappongono tra di loro e che l'ordine derivante dall'aumento del parametro non è rispettato. Per comprendere meglio le caratteristiche di questo strano fenomeno, esaminiamo in figura 4.10 il corrispondente grafico di tipo 'B'.

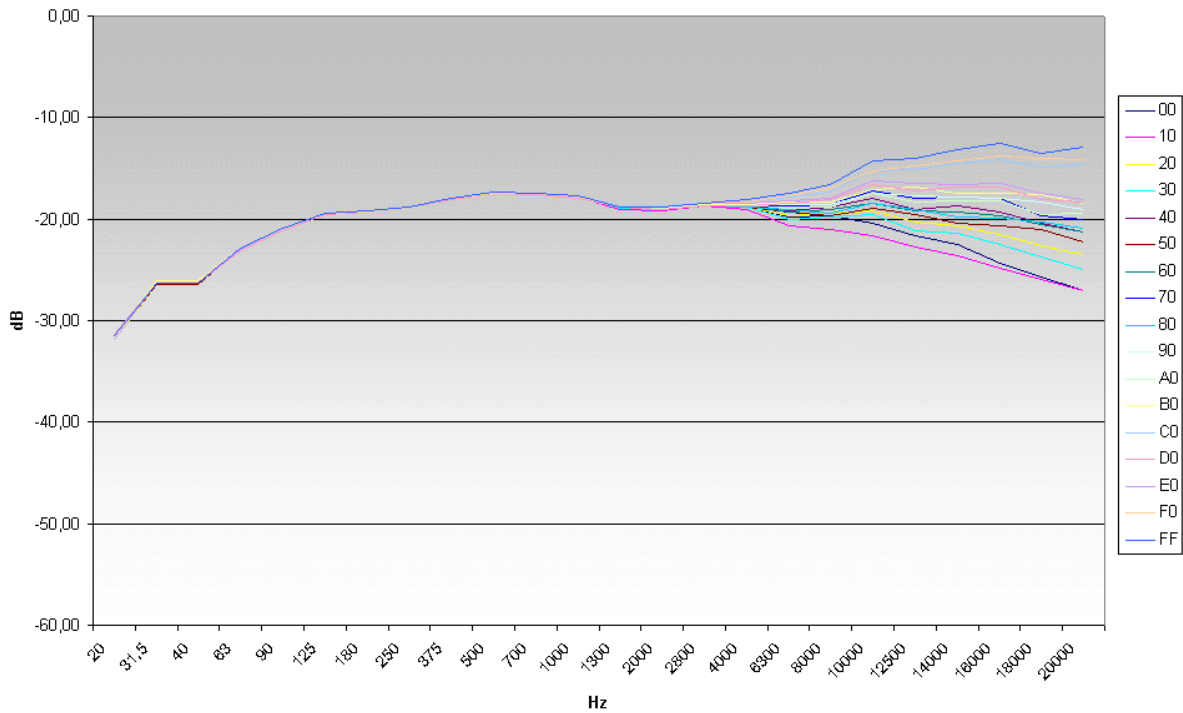


FIGURA 4.9 Grafico di tipo 'A', parametro TRB REC B0, Studer n.1.

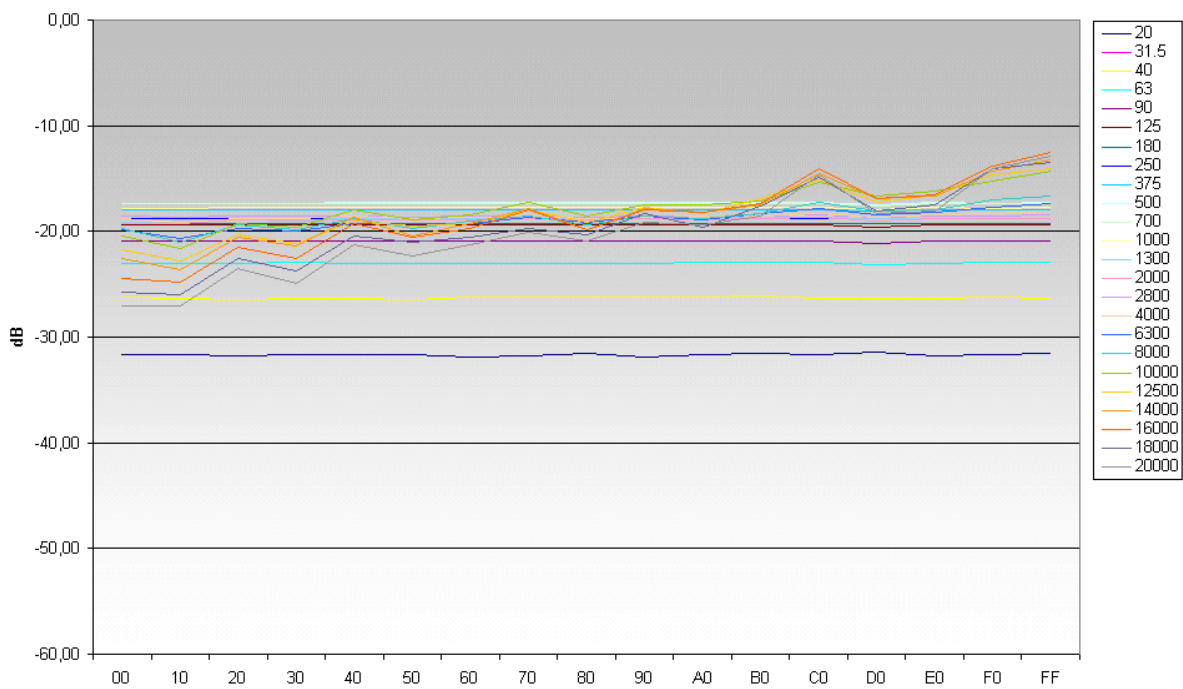


FIGURA 4.9 Grafico di tipo 'B', parametro TRB REC B0, Studer n.1.

All'aumentare del parametro, il filtro non risponde in modo coerente, ma varia la sua risposta in modo quasi casuale. Le alte frequenze disegnano delle spezzate in cui la pendenza è alternativamente positiva e negativa. Fenomeni di questo genere si verificano per quasi tutti i valori dei parametri TRB REP e TRB REC.

Un risultato più rispondente alle aspettative si ottiene invece dallo Studer n.2, in cui la variazione delle alte frequenze è rappresentata da curve più simili a rette.

A parte questi comportamenti irregolari, l'osservazione che per frequenze inferiori a circa 2800 Hz la risposta rimane costante si può generalizzare, e questo ci porta a concludere che il filtro è di tipo passa-basso.

In appendice B è riportata una tabella contenente le pendenze relative alle 289 curve del test. Si nota che, all'aumentare del parametro TRB REC o TRB REP, aumenta la pendenza e di conseguenza anche il guadagno delle frequenze alte.

Un'altra anomalia, rilevata questa volta sullo Studer n.2, è l'ordine inverso in cui stanno le curve relative ai parametri TRB REC 00 ed 10.

Un'ultima osservazione riguarda la risonanza che si può individuare attorno ai 12,5 kHz, per entrambi i registratori. In quasi tutti i grafici, infatti, è presente a questa frequenza una risposta particolarmente elevata (es. fig. 4.11).

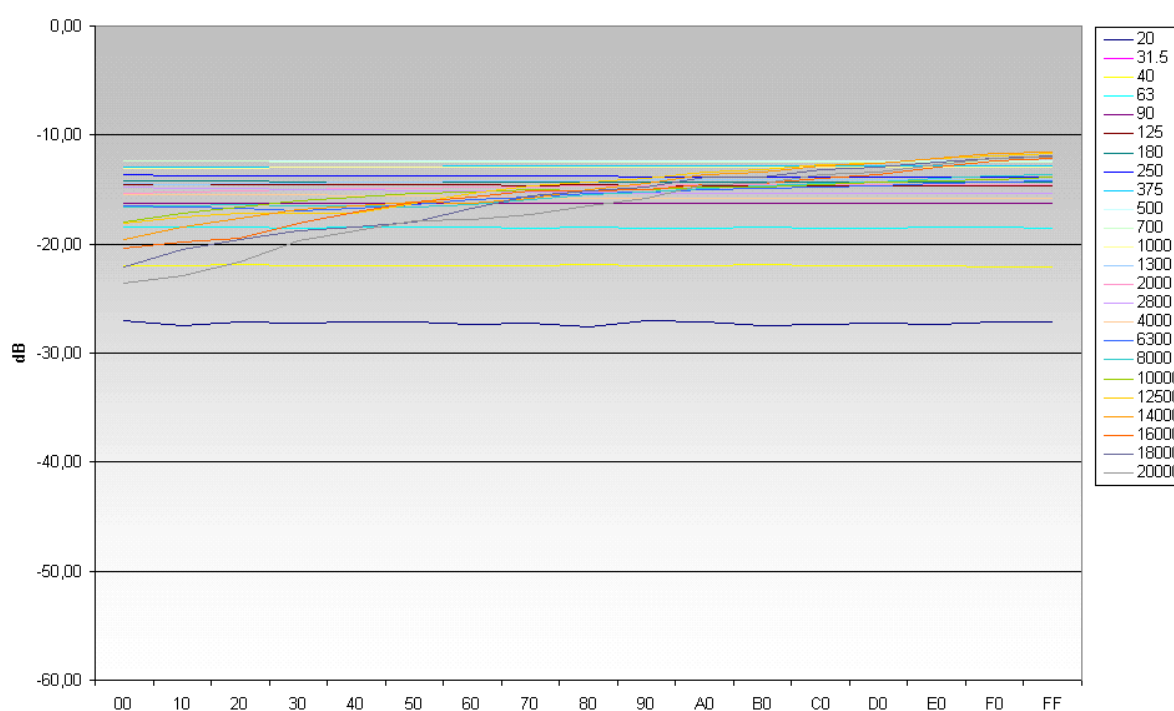


FIGURA 4.10 Grafico di tipo 'B', parametro TRB REC B0, Studer n.2.

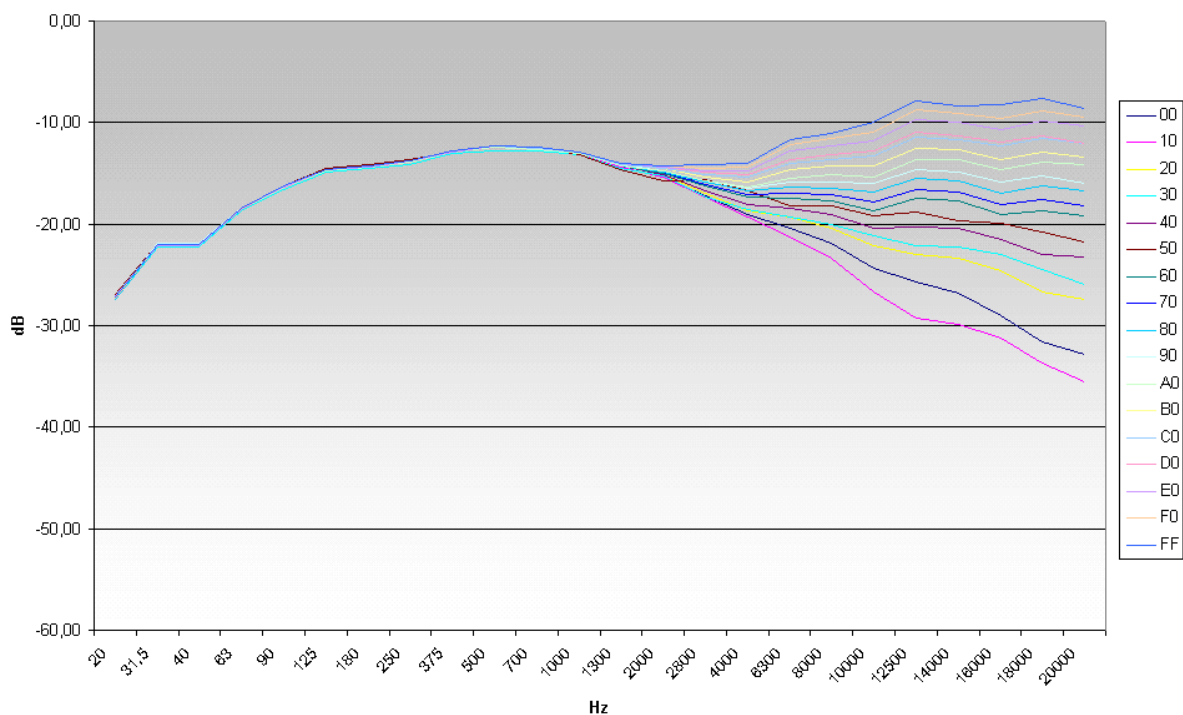


FIGURA 4.11 Grafico di tipo 'A', parametro TRB REP D0, Studer n.2.

## Batteria EQU

I risultati rilevati con questi test confermano la discrepanza tra il funzionamento dei due registratori.

Anche in questo caso (figura 4.12), si notano delle sovrapposizioni tra le diverse curve, che non compaiono nel corrispondente test effettuato con lo Studer n.2 (figura 4.13). Anche in questo caso siamo in presenza di un comportamento di tipo passa-basso: la frequenza di taglio, però, si assesta attorno a 1 kHz. Il filtro non sembra variare la pendenza delle curve oltre gli 8-10 kHz, oltre i quali le curve sono sostanzialmente parallele.

Come si è visto, i parametri EQU REP ed EQU REC vengono messi in relazione, nel manuale, con la frequenza di taglio dei filtri. Dall'analisi dei grafici si evince che, in entrambi i casi, a maggiori valori del parametro corrisponde una maggiore quantità di alti e, quindi, un'ipotetica frequenza di taglio maggiore. Tuttavia si può osservare che, al variare del parametro, le curve non sono soltanto semplicemente traslate orizzontalmente, come dovrebbe essere se variasse la frequenza di taglio, ma anche in senso verticale. La pendenza, invece, sembra rimanere costante, almeno da 8 kHz in su.

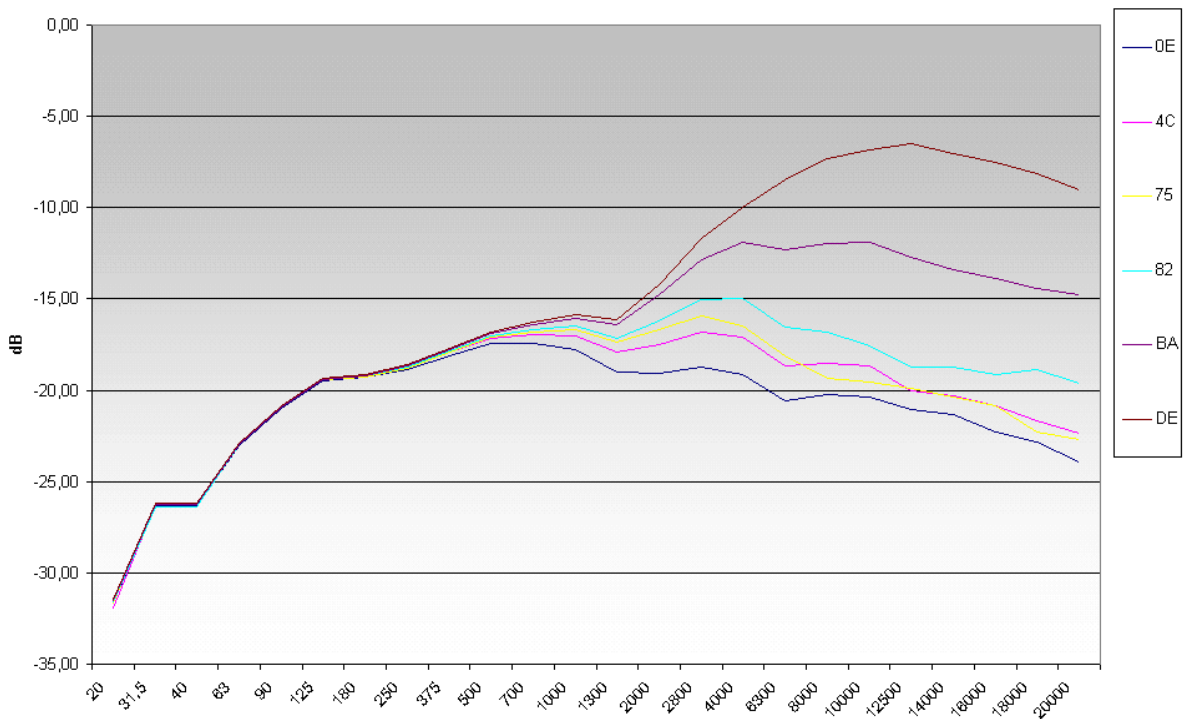


FIGURA 4.12 Grafico di tipo 'A', parametro EQU REP E5, Studer n.1.

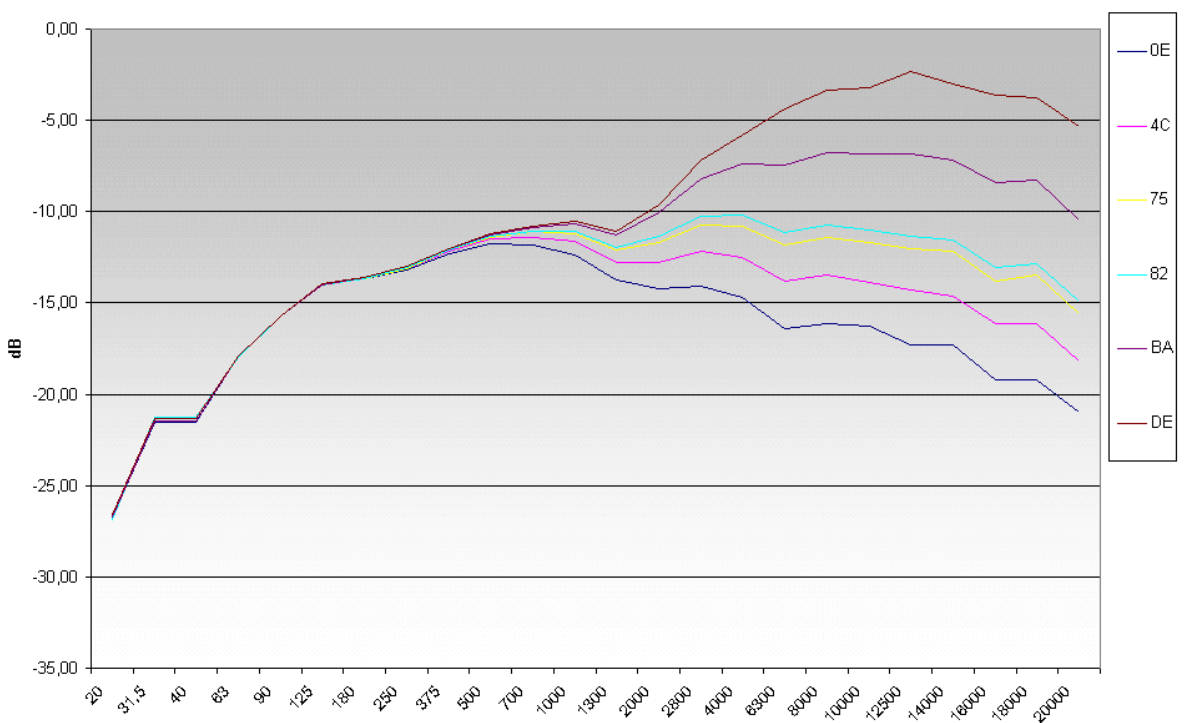


FIGURA 4.13 Grafico di tipo 'A', parametro EQU REP E5, Studer n.2.

## Batteria BAS

Nel caso dei parametri BAS REC e BAS REP, i risultati ottenuti con le due macchine appaiono più coerenti. In bassa frequenza (figg. 4.14 e 4.15), il filtro sembra comportarsi in maniera ordinata e provoca un'amplificazione di questa regione proporzionale al valore del parametro. Come nel caso di TRB REP, il parametro agisce in qualche modo sulla pendenza della curva.

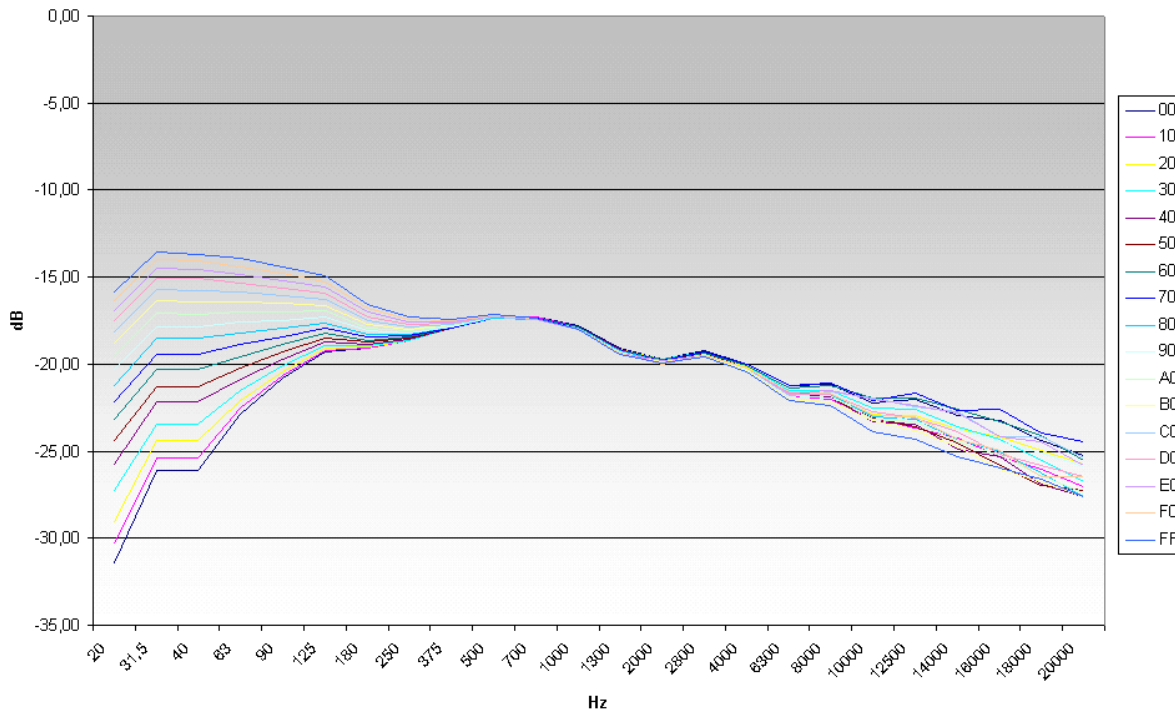


FIGURA 4.14 Grafico di tipo 'A', TRB BAS, Studer n.1.

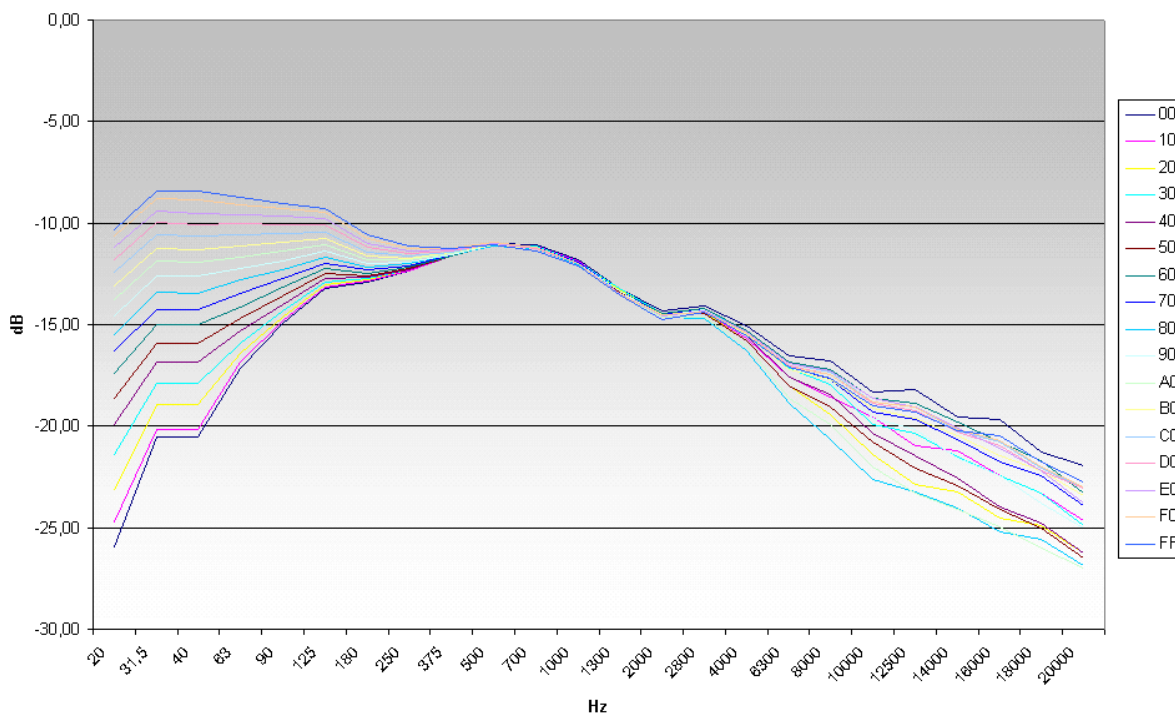


FIGURA 4.15 Grafico di tipo 'A', TRB BAS, Studer n.2.



Quello che invece non convince in questo esperimento è l'imperfetto comportamento passa-alto del filtro. Dai 4 kHz in su, infatti, si hanno delle notevoli escursioni al variare del parametro. La figura 4.16 evidenzia come queste escursioni siano molto casuali (spezzate), e ribadisce il corretto comportamento del filtro nella regione dei bassi, come dimostrano le rette che rappresentano l'andamento di queste frequenze.

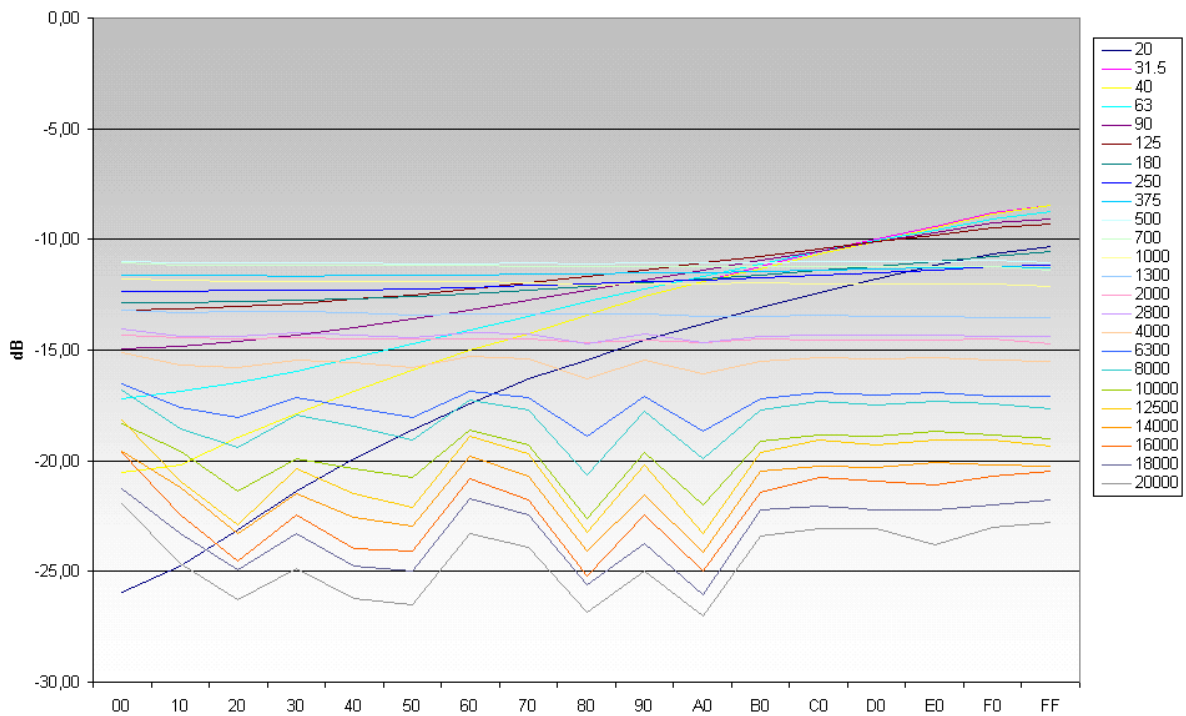


FIGURA 4.16 Grafico di tipo 'B', TRB BAS, Studer n.2.

### Batteria CCIR/NAB

In questo caso, il comportamento dei due Studer è molto simile e corrisponde alle aspettative. Si noti, che in entrambi i grafici riportati (figg. 4.15 e 4.16), la curva riprodotta con il settaggio 'NAB' è più attenuata sui bassi. In riproduzione, infatti, tale curva (vedi paragrafo 1.4) prevede la de-enfasi della regione dei bassi precedentemente accentuata. Allo stesso modo, i grafici di figura 4.15 contengono più energia nelle basse frequenze rispetto a quelli di figura 4.16, a causa della pre-enfasi prevista dallo standard. Anche la frequenza di taglio di 50 Hz (costante di tempo 3180  $\mu$ s) è confermata dai grafici, in cui la differenza di livello tra le due curve a quella frequenza si aggira intorno ai 3-4 dB.

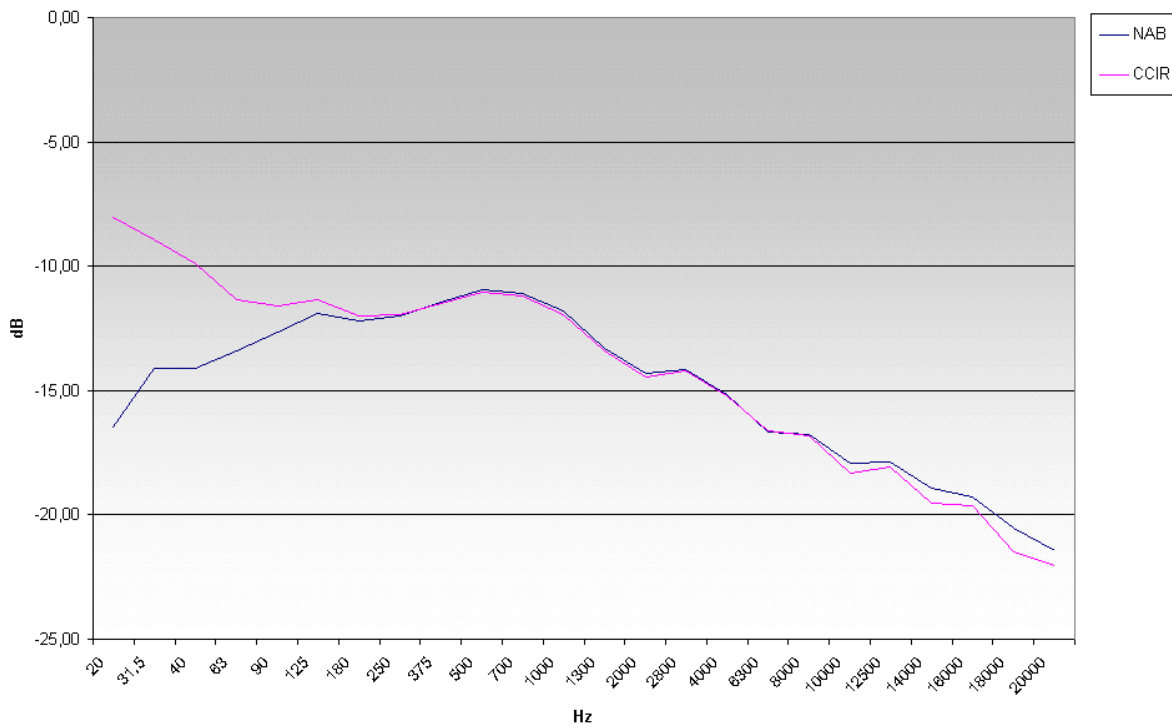


FIGURA 4.17 Grafico di tipo 'A', Registrazione con selettore su NAB, Studer n.2.

Si noti come la curva NAB della figura 4.15 e quella CCIR della figura 4.16 siano quasi coincidenti. Ciò è dovuto al fatto che in quei casi la curva in riproduzione è complementare a quella usata in registrazione, e quindi si ha una compensazione quasi perfetta.

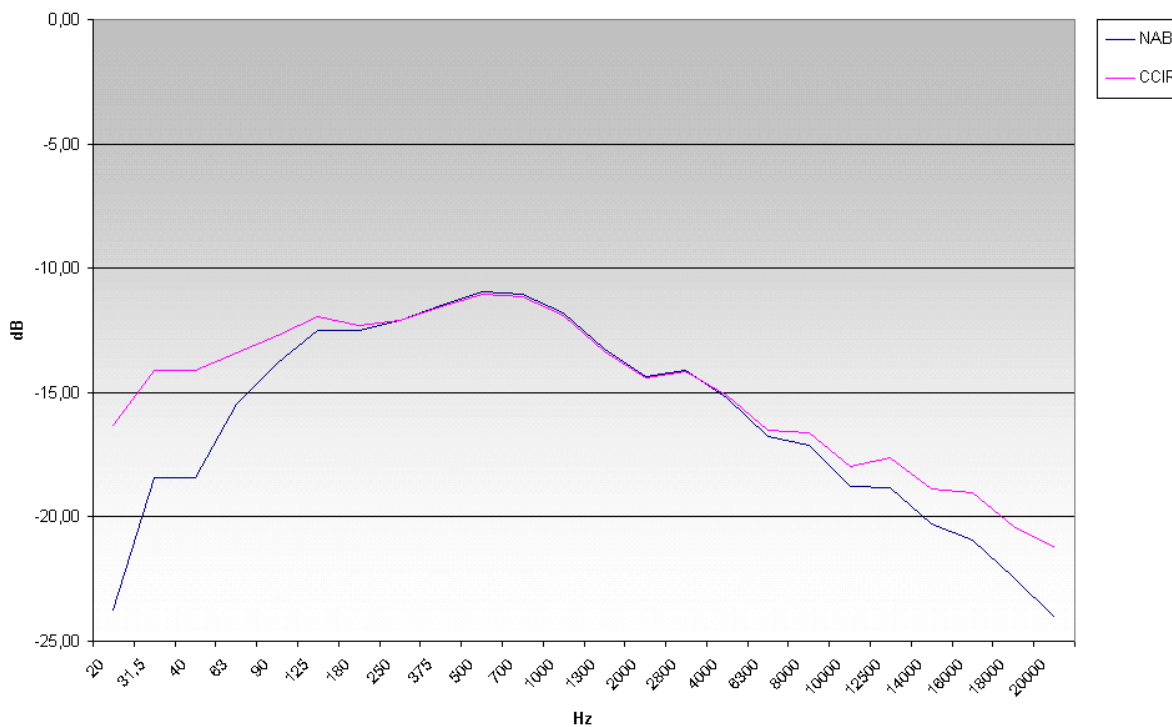


FIGURA 4.18 Grafico di tipo 'A', Registrazione con selettore su CCIR, Studer n.2.

Da queste curve è nuovamente evidente la risonanza specifica che ha il sistema attorno ai 12,5 kHz. L'impossibilità di disattivare completamente i singoli filtri, però, ci impedisce di risalire alla causa esatta di questa risonanza.

### Tolleranza

Il test, effettuato ripetendo alcune delle misure a distanza di alcuni giorni, ha evidenziato una deviazione standard massima di oltre 3 dB per lo Studer n.1, nel test di ripetizione della batteria EQU. Questo evidenzia l'aleatorietà delle imperfezioni rilevate sullo Studer n.1 e contemporaneamente conferma la maggiore affidabilità del registratore n.2, per il quale la deviazione standard difficilmente oltrepassa l'unità.

La tolleranza della batteria BAS, invece, risulta peggiore nello Studer n.2, con valori notevoli soprattutto ad alta frequenza, dove sono stati già sottolineati dei comportamenti anomali.

La batteria TRB, infine, risulta piuttosto stabile in entrambi i registratori.

### **4.2.6 Discussione**

Dall'analisi complessiva dei risultati ottenuti emerge senz'altro la presenza di un problema nei circuiti di amplificazione od in quelli di controllo dello Studer n.1. I comportamenti anomali rilevati in fase di test confermano i sospetti avanzati nel normale utilizzo per il riversamento. Il problema consiste nell'incoerenza delle modifiche dei filtri con le variazioni apportate tramite i controlli a disposizione dell'utente. Il comportamento regolare dello Studer n.2 conferma la tesi del danneggiamento dello Studer n.1, che quindi andrà escluso dall'utilizzo per il riversamento, in attesa dell'individuazione delle parti danneggiate e dell'eventuale riparazione da parte di un tecnico.

Benché gli esperimenti effettuati non possano portare ad un vero e proprio "reverse engineering" della sezione di equalizzazione incorporata nella macchina, si possono trarre diverse considerazioni importanti sul suo funzionamento. Ovviamente ci baseremo soltanto sui dati provenienti dal test dello Studer n.2, una volta appresa la condizione inefficiente dell'altra macchina.

L'osservazione dei grafici relativi alle batterie TRB ed EQU fa scaturire alcune ipotesi sul reale funzionamento della macchina. La correlazione dei parametri TRB REP e TRB REC con la pendenza di un ipotetico filtro passa-basso farebbe supporre che questi parametri vadano a variare in qualche modo l'ordine del filtro. Al di là della difficoltà di realizzare una simile implementazione, ricordiamo che nel passaggio da un ordine a quello immediatamente superiore la pendenza della curva dovrebbe raddoppiare, mentre nel nostro caso, modificando i parametri, si possono ottenere variazioni decisamente inferiori - considerando oltretutto il fatto che l'esperimento si basa soltanto su un campione dei possibili valori. L'utilizzo di reti compensatrici<sup>70</sup> al fine di rendere più graduale la variazione di pendenza della curva sembra una soluzione troppo complicata e costosa da realizzare.

Si osservi ancora come i parametri EQU REP ed EQU REC non sembrano agire direttamente sulla frequenza di taglio, ma appaiono quasi come degli ulteriori filtri la

---

<sup>70</sup> J. Millman, S. Samuel, *Electronics*, McGraw-Hill Book Company, New York - London, 1941.

cui pendenza non varia. Il parametro sembra influire invece sull'amplificazione generale delle alte frequenze, visto il parallelismo delle curve.

Si suppone, a questo punto, che i controlli per l'equalizzazione presenti sullo Studer non vadano ad agire sui tradizionali parametri dei filtri, ma costituiscano semplicemente degli attenuatori che regolano il bilanciamento tra il segnale originario e il segnale filtrato.

Si riporta in figura 4.20 una parte del circuito di amplificazione attraverso cui passa il segnale in riproduzione, tratta dal manuale tecnico dello Studer A812. Si possono isolare, grazie anche alle indicazioni riportate dal disegnatore, le parti pilotate dai diversi parametri. In alto a sinistra è riportata la sezione regolata dal parametro EQU REP (equalization), costruita intorno ad un integrato che viene controllato dai segnali digitali del computer della macchina. Questo integrato è montato in modo da funzionare come attenuatore. Si noti come questa sezione del circuito sia costruita in parallelo rispetto al flusso del segnale dalla testina all'uscita. Anche le sezioni regolate da TRB REP e BAS REP (treble e bass) sono costruite in parallelo, secondo lo schema a blocchi di figura 4.19.

Da questa analisi emerge una nuova visione dei circuiti di equalizzazione della macchina Studer: essa infatti si basa sul semplice bilanciamento di più copie del segnale, ciascuna filtrata in modo diverso.

Anche i dati relativi al parametro BAS REP concordano con questa ipotesi. A proposito di questo parametro, ricordiamo l'aspetto prima evidenziato della presenza di risonanze in alta frequenza. Queste sono probabilmente dovute all'originarsi di zeri e poli parassiti in corrispondenza di determinati livelli di attenuazione<sup>71</sup>. Un'altra causa può essere costituita dalle interferenze distruttive che si possono generare a causa della somma di copie diverse del segnale: i filtri, infatti, potrebbero avere una risposta in fase non piatta.

Per quanto riguarda il selettore CCIR/NAB, la sua implementazione è molto semplice. Il filtro, infatti, è costituito dal condensatore C39 e dal resistore R61, che complessivamente danno una costante di tempo di circa 3520  $\mu$ s, e che in combinazione con altri elementi del circuito danno al filtro il taglio corretto.

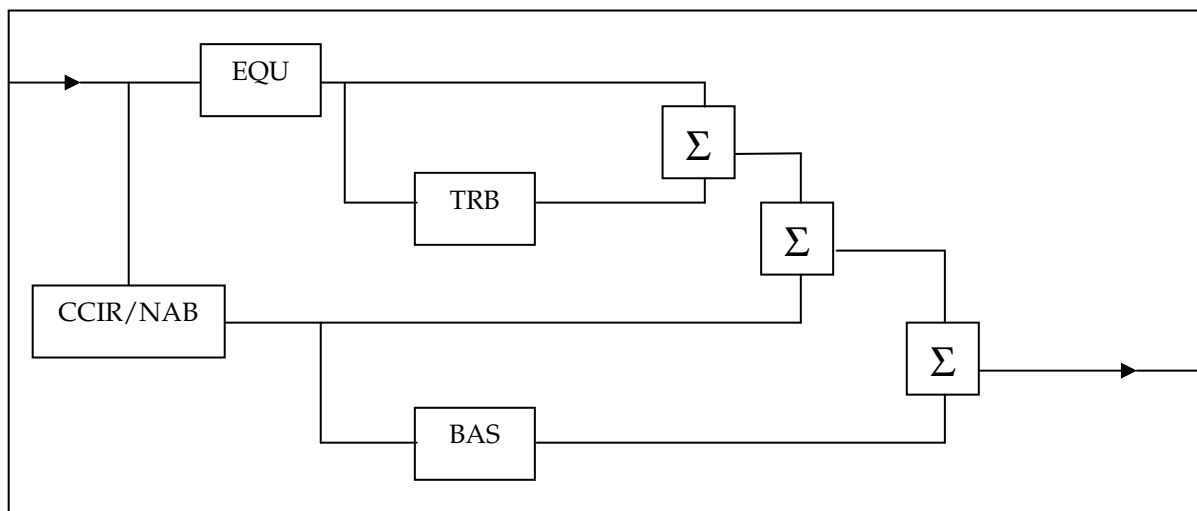
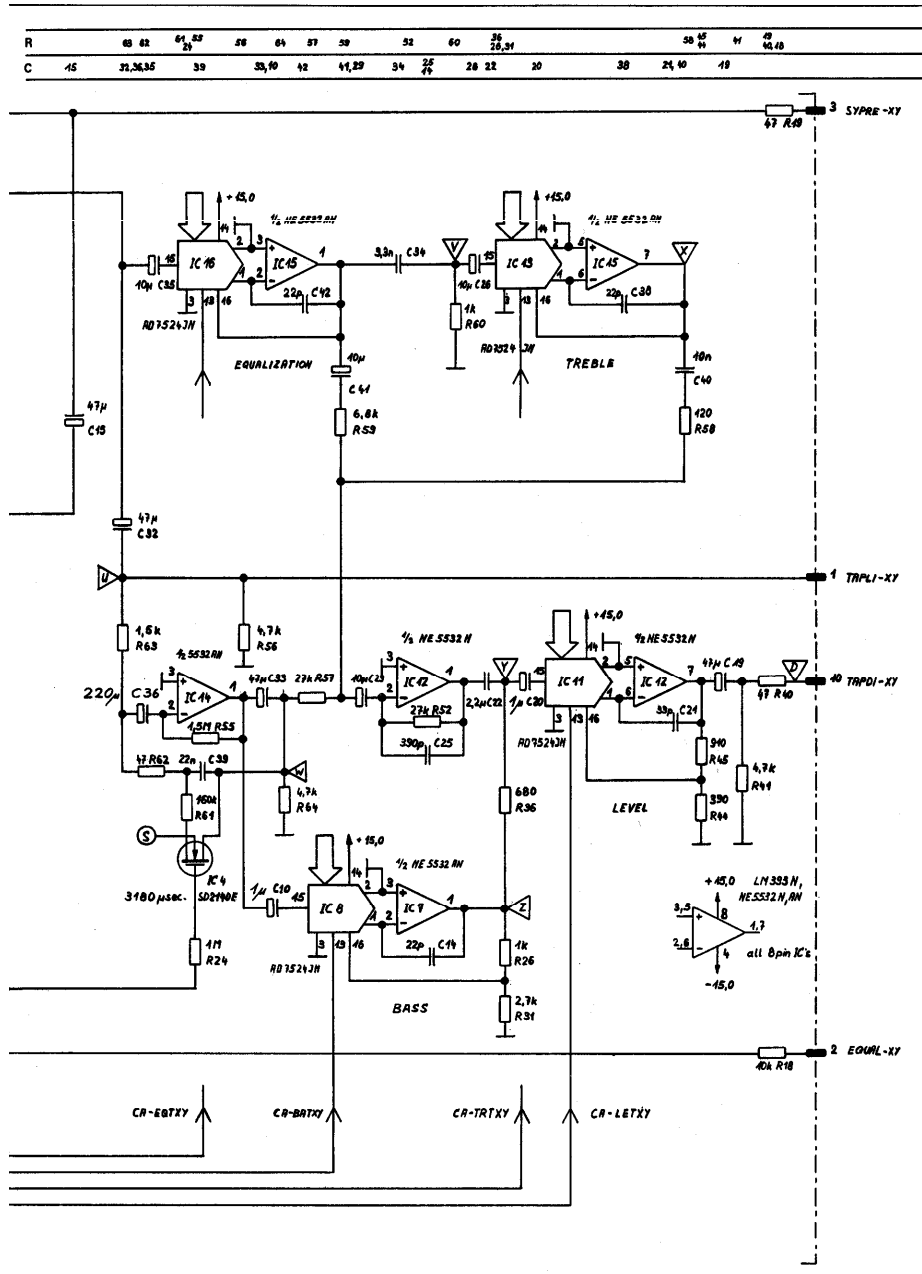


FIGURA 4.19 Schema a blocchi dei circuiti di equalizzazione in riproduzione dello Studer A812.

<sup>71</sup> S. Ciscato, *Dispense dal corso di Elettronica Industriale*, Dipartimento di Elettronica e Informatica, Università di Padova, A.A. 1997-98.



0 12.11.85	BBT	A 820 / A 840 Audio Section	
STUDER	Reproduce Amplifier	SC 1. 8 20. 7 10- 83	PAGE 1 OF 1

FIGURA 4.20 Schema elettrico di parte del circuito di amplificazione in riproduzione.



## 4.3 Studer-Revox PR99 MKII

### 4.3.1 Caratteristiche del registratore

Il registratore a bobine Studer-Revox PR99 MKII è una macchina dall'utilizzo immediato, dotata di tutti i comandi necessari a rendere più comodo ed efficiente il suo utilizzo.

A differenza dello Studer A812, le regolazioni avvengono tramite manopole o trimmer azionabili con un piccolo cacciavite.



FIGURA 4.21 Il registratore Studer-Revox PR99 MKII.

Lo Studer-Revox può montare bobine standard di tipo NAB direttamente sui mozzi, ma dispone anche di adattatori per il montaggio di bobine DIN e AEG. Lo scorrimento del nastro avviene grazie al diffuso sistema capstan-pinch roller. La tensione del nastro è variabile tramite un comando a pulsante, che consente la selezione di due diversi livelli di tensione, a seconda del volume di nastro avvolto sulla bobina. Sono presenti i tradizionali comandi da registratore (play, stop, record, avvolgimento e riavvolgimento) ed un display a led con la funzione di contaminuti.

Il registratore è in grado di riprodurre nastri da ¼ di pollice alle velocità di scorrimento standard di 7,5"/s (19 cm/s) e 15"/s (38 cm/s). Una manopola consente di regolare ulteriormente la velocità con escursione di  $\pm 7$  semitoni.

Le testine sono montate su un apposito blocco rimovibile. Esistono due testine separate per la riproduzione e la registrazione, di tipo stereo. La testina di cancellazione si trova sul lato sinistro del gruppo testine.

La sezione di amplificazione è dotata delle regolazioni del livello in ingresso e in uscita separate per ciascun canale, attivabili tramite manopole. Gli indicatori di livello operano in modalità Peak-meter e coprono un range da  $-\infty$  a +3 dB. Tramite un selettore è possibile collegare gli indicatori e gli output della macchina all'input o alla testina di riproduzione.

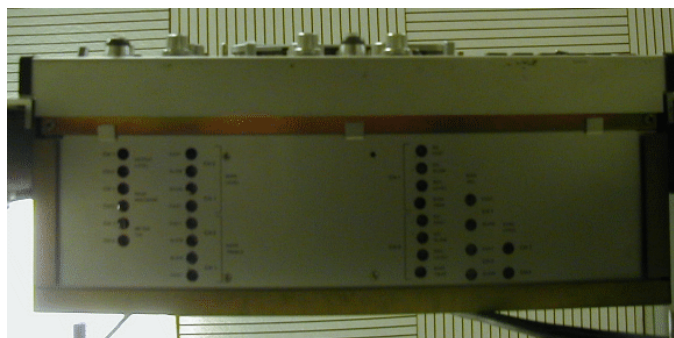


FIGURA 4.22 Pannello inferiore dello Studer-Revox PR99 MKII.

La calibrazione dello Studer-Revox avviene tramite l'azionamento di piccoli trimmer a cui si accede dal pannello inferiore.

Per quanto riguarda l'equalizzazione, sono disponibili quattro controlli per la registrazione e quattro per la riproduzione: relativamente a ciascuna fase, infatti, è possibile variare indipendentemente l'equalizzazione per ogni canale e ciascuna velocità a cui può operare il registratore. Scelti un canale ed una velocità, dunque, si potrà regolare un solo trimmer.

Il livello del BIAS ad alta frequenza può essere modificato tramite un'altra serie di controlli.

Lo Studer-Revox PR99 MKII dispone, sul pannello superiore, di connettori Cannon XLR per due ingressi di linea, due ingressi microfono e due uscite analogiche di linea. Sul pannello anteriore sono invece disponibili due ingressi microfonici di tipo Jack sbilanciato e una presa per cuffie. Tramite altri connettori sulla parte superiore della macchina si possono collegare degli apparecchi per il controllo remoto di alcune funzioni dello Studer-Revox.

Come nel caso del parametro TRB REP dello Studer A812, il manuale prescrive di regolare il trimmer dedicato all'equalizzazione al fine di ottenere una risposta in frequenza lineare alla riproduzione del nastro test. In particolare, si suggerisce di controllare che il livello di uscita dei vari toni sia pari a quello della sinusoide di riferimento di 1kHz. Il controllo in riproduzione è denominato "REPR. TREBLE", facendo presupporre una sua particolare influenza sul livello delle frequenze acute.

Per calibrare la risposta in registrazione si suggerisce di registrare e riprodurre più volte una sinusoide a 12 kHz, variando il potenziometro etichettato "EQ", fino a raggiungere un livello relativo di 0/+1dB rispetto al tono a 1kHz.

### 4.3.2 Esperimento

Il Centro di Sonologia Computazionale di Padova<sup>72</sup> dispone di un registratore a bobine Studer-Revox PR99 MKII.

A differenza del registratore Studer A812, lo Studer-Revox PR99 MKII dispone di un unico controllo per l'equalizzazione in riproduzione e di un altro singolo controllo per l'equalizzazione in registrazione.

---

<sup>72</sup> Il Centro di Sonologia Computazionale fa parte dell'Università degli Studi di Padova.



Questo breve esperimento si propone di studiare qualitativamente la variazione della risposta in frequenza del registratore al variare dei due parametri descritti. Questa volta si studieranno separatamente i comportamenti dei due parametri, con le due brevi batterie REC (variazione del parametro in registrazione) e REP (variazione del parametro in riproduzione). Non essendo indicata una scala, le variazioni dell'angolo del potenziometro saranno soltanto approssimativamente uguali, nel passaggio da un rilevamento al successivo.

#### 4.3.3 Materiali

Per l'esecuzione dell'esperimento sono state impiegate le seguenti apparecchiature:

- Registratore a bobine Studer-Revox PR99 MKII, pulito e smagnetizzato;
- Personal Computer con scheda Event Gina e relativo box esterno per le connessioni;
- Coppia di cavi analogici Cannon XLR – Cannon XLR;
- Adattatore Cannon maschio – Jack TRS maschio;
- Adattatore Cannon femmina – Jack TRS maschio;
- Sistema operativo Microsoft Windows Millennium Edition;
- Software Syntrillium Cool Edit Pro 1.2;
- Software Mathworks Matlab 5.1;
- Software Microsoft Excel 2000;
- Nastro analogico BASF 911 da ¼".

#### COLLEGAMENTI GENERALI

1. Si colleghi il Line Output Ch1 dello Studer-Revox PR99 MKII all'input analogico 1 del box della scheda Event Gina tramite un cavo Cannon-Cannon e l'adattatore Cannon femmina – Jack TRS maschio.
2. Si colleghi il Line Input Ch1 dello Studer-Revox PR99 MKII all'output analogico 1 del box della scheda Event Gina tramite un cavo Cannon-Cannon e l'adattatore Cannon maschio – Jack TRS maschio.
3. Si dia alimentazione di rete a tutti gli apparecchi.

#### 4.3.4 Procedura

##### Batteria REC

1. Si configuri la scheda Gina per i livelli massimi di input e output su rispettivi canali 1 analogici, tramite l'utility fornita dal costruttore.
2. Si configuri lo Studer-Revox per la registrazione di nastri stereo a velocità di 19 cm/s (7,5IPS).
3. Si inserisca il nastro BASF 911 sulle flange dello Studer-Revox, lo si riavvolga fino al punto desiderato, portandosi avanti di almeno 1 minuto rispetto alla situazione di riavvolgimento totale.
4. Si regoli il livello di registrazione in modo da evitare *overload* tramite la manopola sul pannello frontale, dopo aver premuto il tasto Uncal.

5. Si ruoti il potenziometro dell'equalizzazione per la registrazione "EQ SLOW CH1" in senso antiorario fino a fine corsa.
6. Si metta in registrazione lo Studer-Revox e si avvii contemporaneamente la riproduzione da Cool Edit Pro. Si abbia cura di lasciare qualche secondo di registrazione vuota dopo questo frammento.
7. Si ruoti leggermente in senso orario il potenziometro dell'equalizzazione per la registrazione "EQ SLOW CH1".
8. Si metta in registrazione lo Studer-Revox e si avvii contemporaneamente la riproduzione da Cool Edit Pro. Si abbia cura di lasciare qualche secondo di registrazione vuota dopo questo frammento.
9. Si ripetano i punti 7-8 fino a raggiungere la fine corsa per il parametro.
10. Si riavvolga il nastro fino al punto in cui si è cominciato a registrare.
11. Si regoli il livello di riproduzione in modo da evitare *overload* tramite la manopola sul pannello frontale, dopo aver premuto il tasto Uncal.
12. Si metta il potenziometro dell'equalizzazione in riproduzione "REPR. TREBLE SLOW CH1" in posizione intermedia.
13. Si crei un file nuovo in Cool Edit Pro: mono, 44 kHz, 16 bit.
14. Si metta Cool Edit Pro in riproduzione e si riproduca il primo frammento di 10 secondi dallo Studer-Revox.
15. Si salvi tramite il comando File->Save selection as di Cool Edit Pro una porzione di circa 5 secondi al centro del frammento registrato. Il nome da dare al file sarà rec1.wav. Si chiuda il file.
16. Si ripetano i punti 13-16 dando i nomi appropriati ai files, aumentando cioè progressivamente l'indice che precede l'estensione .wav, tante volte quante sono i frammenti registrati.

A questo punto si dovrebbero avere tanti files audio quanti i frammenti registrati.

17. Si avvii Matlab e ci si posizioni nella cartella dei files audio.
18. Si modifichi lo script `analizza_rec.m`, assegnando alla variabile `f` il numero di files da analizzare.
19. Si avvii lo script `analizza_rec.m`, avendo cura di copiare nella medesima cartella anche lo script `trovaindice.m` (vedi appendice A).

Lo script `analizza` la `psd` di ognuno dei files .wav e trova, all'interno di intervalli costruiti intorno alle frequenze delle sinusoidi del segnale i test, il massimo assoluto. Costruisce una matrice di questi massimi, avente per dimensioni l'indice del file/del frammento e l'indice della frequenza del segnale di test. I valori dei massimi sono espressi in dBFS.

L'esecuzione dello script fornisce in uscita un file denominato:

- `rec.txt`, contenente i massimi relativi dei test effettuati.

L'analisi dei risultati è stata effettuata importando questi dati in Microsoft Excel.

## Batteria REP

1. Si configuri la scheda Gina per i livelli massimi di input e output su rispettivi canali 1 analogici, tramite l'utility fornita dal costruttore.
2. Si configuri lo Studer-Revox per la registrazione di nastri stereo a velocità di 19 cm/s (7,5IPS).
3. Si inserisca il nastro BASF 911 sulle flange dello Studer-Revox, lo si riavvolga fino al punto desiderato, portandosi avanti di almeno 1 minuto rispetto alla situazione di riavvolgimento totale.
4. Si regoli il livello di registrazione in modo da evitare *overload* tramite la manopola sul pannello frontale, dopo aver premuto il tasto Uncal.
5. Si regoli il potenziometro dell'equalizzazione per la registrazione "EQ SLOW CH1" in posizione intermedia.
6. Si metta in registrazione lo Studer-Revox e si avvii contemporaneamente la riproduzione da Cool Edit Pro.
7. Si regoli il livello di riproduzione in modo da evitare *overload* tramite la manopola sul pannello frontale, dopo aver premuto il tasto Uncal.
8. Si ruoti il potenziometro dell'equalizzazione per la riproduzione "REPR. TREBLE SLOW CH1" in senso antiorario fino a fine corsa.
9. Si riavvolga il nastro fino al punto in cui si è cominciato a registrare.
10. Si crei un file nuovo in Cool Edit Pro: mono, 44 kHz, 16 bit.
11. Si metta Cool Edit Pro in riproduzione e si riproduca il frammento di 10 secondi dallo Studer-Revox.
12. Si salvi tramite il comando File->Save selection as di Cool Edit Pro una porzione di circa 5 secondi al centro del frammento registrato. Il nome da dare al file sarà rec1.wav. Si chiuda il file.
13. Si ruoti leggermente in senso orario il potenziometro dell'equalizzazione per la riproduzione "REPR. TREBLE CH1".
14. Si ripetano i punti 9-13 dando i nomi appropriati ai files, aumentando cioè progressivamente l'indice che precede l'estensione .wav, fino a che venga raggiunta la fine corsa per il parametro.
15. Si metta il potenziometro dell'equalizzazione in riproduzione "REPR. TREBLE SLOW CH1" in posizione intermedia.

A questo punto si dovrebbero avere tanti files audio quanti i frammenti riprodotti.

16. Si avvii Matlab e ci si posizioni nella cartella dei files audio.
17. Si modifichi lo script `analizza_rep.m`, assegnando alla variabile `f` il numero di files da analizzare.
18. Si avvii lo script `analizza_rep.m`, avendo cura di copiare nella medesima cartella anche lo script `trovaindice.m` (vedi appendice A).

Lo script `analizza` la psd di ognuno dei files .wav e trova, all'interno di intervalli costruiti intorno alle frequenze delle sinusoidi del segnale i test, il massimo assoluto. Costruisce una matrice di questi massimi, avente per dimensioni l'indice del file/del

frammento e l'indice della frequenza del segnale di test. I valori dei massimi sono espressi in dBFS.

L'esecuzione dello script fornisce in uscita un file denominato:

- rep.txt, contenente i massimi relativi dei test effettuati.

L'analisi dei risultati è stata effettuata importando questi dati in Microsoft Excel.

#### 4.3.5 Risultati

I risultati di questo esperimento sono riportati integralmente nell'Appendice B e nel cd-rom allegato. Essi sono suddivisi in due tabelle:

- la tabella REC, che riporta i risultati relativi alla variazione del parametro di equalizzazione in registrazione, per il quale sono state effettuate 7 misure, corrispondenti ad altrettante posizioni del trimmer;
- la tabella REP, che riporta i risultati relativi alla variazione del parametro di equalizzazione in riproduzione, per il quale sono state effettuate 9 misure, corrispondenti ad altrettante posizioni del trimmer.

Per la spiegazione delle caratteristiche dei tipi di grafici ottenuti si rimanda al paragrafo 4.2.5.

#### Batteria REC

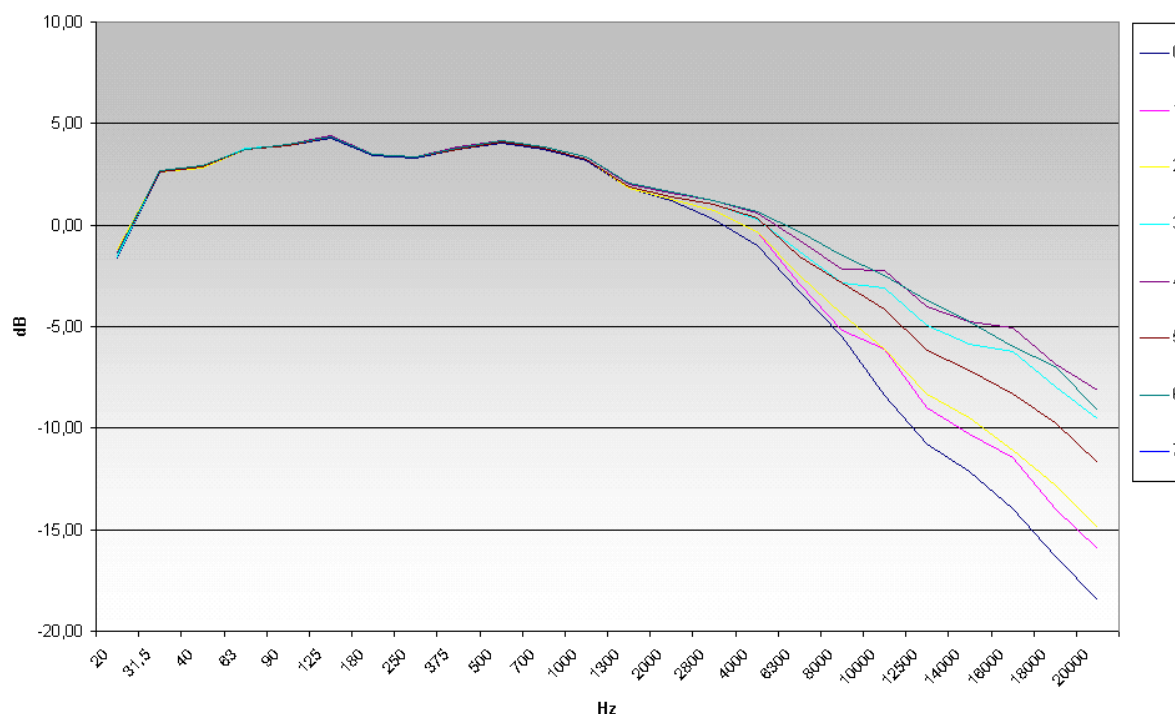


FIGURA 4.23 Grafico di tipo 'A' relativo alla risposta dello Studer-Revox in registrazione.

Si nota dal grafico in figura 4.23 il classico comportamento passa-basso del filtro analizzato.

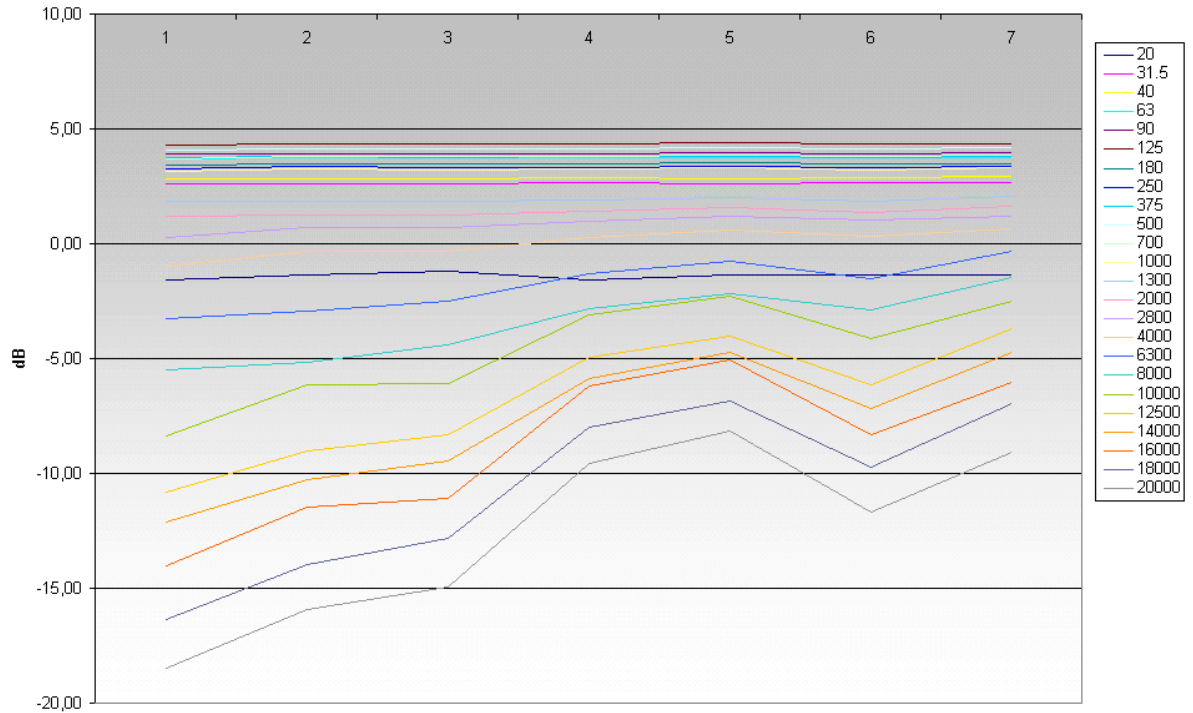


FIGURA 4.24 Grafico di tipo 'B' relativo alla risposta dello Studer-Revox in registrazione.

L'andamento evidenziato in figura 4.24 è piuttosto irregolare. Ruotando il controllo a nostra disposizione, non si ha un costante aumento dell'intensità degli alti: si nota invece una attenuazione inaspettata (pendenza negativa) attorno ai 6/7 della rotazione.

### Batteria REP

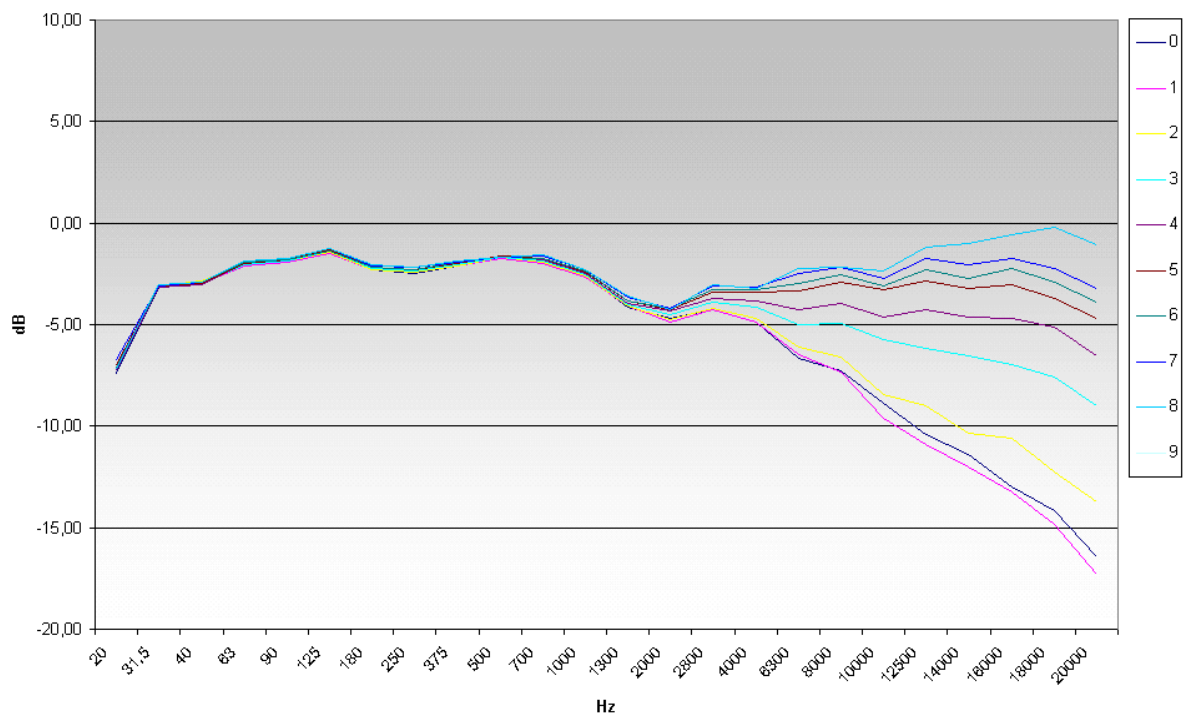


FIGURA 4.25 Grafico di tipo 'A' relativo alla risposta dello Studer-Revox in riproduzione.

Analogamente a quanto detto per la batteria REC, il comportamento è di tipo passa-basso. Anche in questo caso la frequenza di taglio si attesta sui 4 kHz.

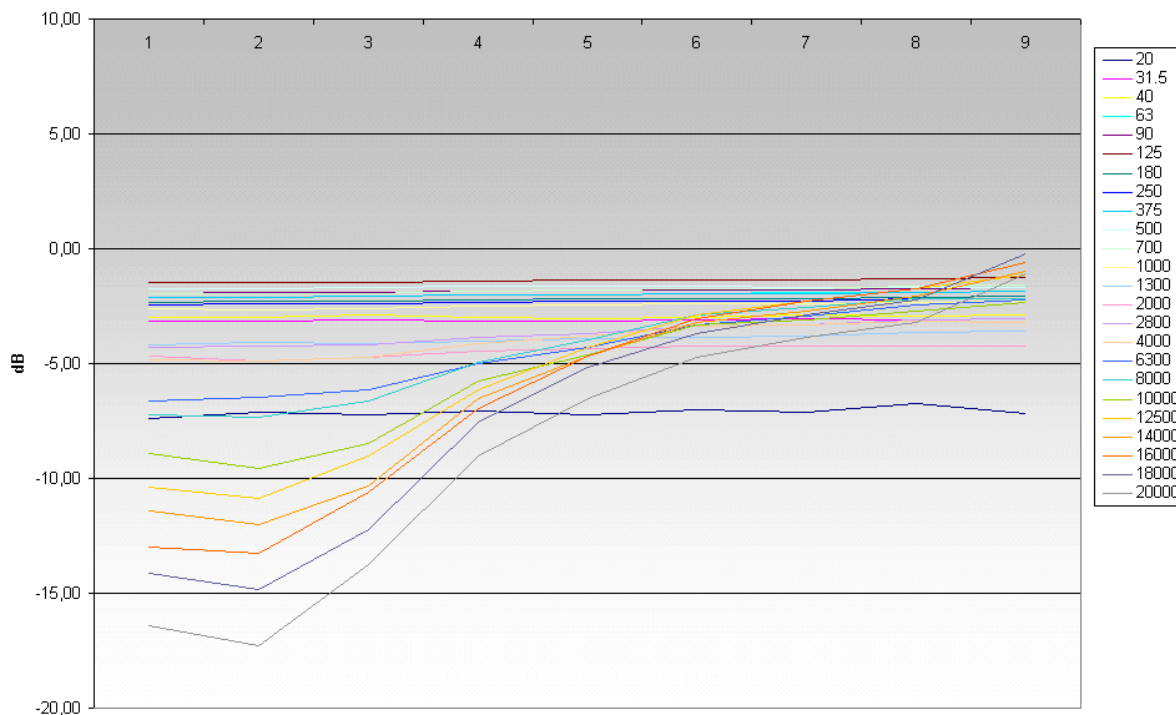


FIGURA 4.26 Grafico di tipo 'B' relativo alla risposta del lo Studer-Revox in riproduzione.

Il grafico 'B' in figura 4.26 evidenzia un andamento quasi regolare. Fatta eccezione per la prima rotazione, si nota come ad un movimento in senso orario del trimmer corrisponda un aumento di intensità in alta frequenza.

#### 4.3.6 Discussione

Come nel caso dello Studer A812, ci si interroga sulla reale implementazione del filtro. La variazione della pendenza non può essere neppure in questo caso imputata ad una reale variazione dell'ordine del filtro. Con tutta probabilità, la realizzazione circuitale è concettualmente simile a quella dello Studer A812, benché il controllo in questo caso sia completamente analogico.

E' da sottolineare l'assenza di un controllo che agisca sulle basse frequenze. Con un registratore di questo tipo, per esempio, risulta impossibile realizzare una curva di tipo NAB, che prevede l'utilizzo di enfasi e de-enfasi nella regione dei bassi. Sarà dunque possibile calibrare la macchina soltanto con nastri test di tipo IEC/CCIR.

Dalle figure 4.23 e 4.25 emerge infine che, per frequenze inferiori a 2000 Hz, l'intensità si mantiene all'interno di un range di 4 dB, come stabilito dagli standard per i nastri professionali.

## 4.4 Teac A-3340S

### 4.4.1 Caratteristiche del registratore

Il registratore a bobine Teac A-3340S si differenzia dai precedenti per la possibilità di gestire 4 tracce di registrazione/riproduzione su nastro da 1/4".



FIGURA 4.27 Il registratore Teac A-3340S.

Il Teac può montare bobine standard di tipo NAB direttamente sui mozzi, o bobine di tipo DIN con degli speciali adattatori. Lo scorrimento del nastro avviene grazie al diffuso sistema capstan-pinch roller. La tensione del nastro è variabile tramite un comando a pulsante, che consente la selezione di due diversi livelli di tensione, a seconda del volume di nastro presente sulla bobina. Sono presenti i tradizionali comandi da registratore (play, stop, record, avvolgimento e riavvolgimento). Al posto dell'utile contaminuti, in questa macchina è installato soltanto un contagiri di tipo meccanico.

Il registratore è in grado di riprodurre nastri da 1/4 di pollice alle velocità di scorrimento standard di 7,5"/s (19 cm/s) e 15"/s (38 cm/s). Non esiste un sistema di regolazione fine della velocità.

Le testine sono del tipo a quattro tracce. La testina di cancellazione si trova sul lato sinistro del gruppo testine.

La sezione di amplificazione è dotata di regolazioni del livello in ingresso (mic/line) e in uscita separate per ciascun canale, attivabili tramite manopole. Gli indicatori di livello operano in modalità VU-meter e coprono un range da  $-\infty$  a +3 dB. Tramite un selettore è possibile collegare gli indicatori e gli output della macchina all'input o alla testina di riproduzione.

Per quanto riguarda l'equalizzazione, è disponibile un unico switch che consente di scegliere tra due curve. Il livello del BIAS ad alta frequenza può essere regolato tramite un altro singolo switch.

Il pannello posteriore del Teac A-3340S dispone di connettori pin RCA per quattro ingressi e quattro uscite analogiche di linea. Sul pannello anteriore sono invece disponibili quattro ingressi microfonici di tipo Jack sbilanciato e due presa per cuffie (ciascuna collegata su una coppia di canali). Tramite un altro connettore sul

retro della macchina si possono collegare degli apparecchi per il controllo remoto dei movimenti del nastro.

Il manuale riporta i settaggi consigliati per i due selettori del tipo di equalizzazione e del livello del BIAS, relativamente a diversi tipi di nastro vergine che erano in commercio al momento della realizzazione dell'apparecchio.

#### **4.4.2 Esperimento**

Il Centro di Sonologia Computazionale di Padova dispone di un registratore a bobine Teac A-3340S.

Questo breve esperimento si propone di studiare la variazione della risposta in frequenza del registratore al variare della posizione dei due switch relativi al BIAS e all'equalizzazione. Verranno studiate le variazioni subite dal segnale registrato in funzione dei valori dei due selettori.

#### **4.4.3 Materiali**

Per l'esecuzione dell'esperimento sono state impiegate le seguenti apparecchiature:

- Registratore a bobine Teac A-3340S, pulito e smagnetizzato;
- Personal Computer con scheda Event Gina e relativo box esterno per le connessioni;
- Coppia di cavi analogici pin RCA – Jack;
- Sistema operativo Microsoft Windows Millennium Edition;
- Software Syntrillium Cool Edit Pro 1.2;
- Software Mathworks Matlab 5.1;
- Software Microsoft Excel 2000;
- Nastro analogico BASF 911 da ¼".

#### **COLLEGAMENTI GENERALI**

1. Si colleghi l'Output 1 del Teac all'input analogico 1 del box della scheda Event Gina tramite un cavo pin RCA-Jack.
2. Si colleghi il Line In 1 del Teac all'output analogico 1 del box della scheda Event Gina tramite un cavo pin RCA-Jack
3. Si dia alimentazione di rete a tutti gli apparecchi.

#### **4.4.4 Procedura**

1. Si configuri la scheda Gina per i livelli massimi di input e output su rispettivi canali 1 analogici, tramite l'utility fornita dal costruttore.
2. Si configuri il Teac per la registrazione di nastri a 4 tracce alla velocità di 19 cm/s (7,5IPS).
3. Si inserisca il nastro BASF 911 sulle flange del Teac, lo si riavvolga fino al punto desiderato, portandosi avanti di almeno 1 minuto rispetto alla situazione di riavvolgimento totale.



4. Si regoli il livello di registrazione del canale 1 in modo da evitare *overload* tramite la manopola sul pannello frontale.
5. Si impostino i parametri BIAS ed EQ entrambi sul valore 1.
6. Si metta in registrazione il Teac e si avvii contemporaneamente la riproduzione da Cool Edit Pro. Si abbia cura di lasciare qualche secondo di registrazione vuota dopo questo frammento.
7. Si imposti il parametro EQ sul valore 2.
8. Si metta in registrazione il Teac e si avvii contemporaneamente la riproduzione da Cool Edit Pro. Si abbia cura di lasciare qualche secondo di registrazione vuota dopo questo frammento.
9. Si ripetano i punti 5-8 impostando però il valore del BIAS a 2.
10. Si riavvolga il nastro fino al punto in cui si è cominciato a registrare.
11. Si regoli il livello di riproduzione del canale 1 in modo da evitare *overload* tramite la manopola sul pannello frontale.
12. Si crei un file nuovo in Cool Edit Pro: mono, 44 kHz, 16 bit.
13. Si metta Cool Edit Pro in registrazione e si riproduca il primo frammento di 10 secondi dal Teac.
14. Si salvi tramite il comando File->Save selection as di Cool Edi Pro una porzione di circa 5 secondi al centro del frammento registrato. Il nome da dare al file sarà 1eq1.wav. Si chiuda il file.
15. Si crei un file nuovo in Cool Edit Pro: mono, 44 kHz, 16 bit.
16. Si metta Cool Edit Pro in registrazione e si riproduca il secondo frammento di 10 secondi dal Teac.
17. Si salvi tramite il comando File->Save selection as di Cool Edi Pro una porzione di circa 5 secondi al centro del frammento registrato. Il nome da dare al file sarà 1eq2.wav. Si chiuda il file.
18. Si crei un file nuovo in Cool Edit Pro: mono, 44 kHz, 16 bit.
19. Si metta Cool Edit Pro in registrazione e si riproduca il terzo frammento di 10 secondi dal Teac.
20. Si salvi tramite il comando File->Save selection as di Cool Edi Pro una porzione di circa 5 secondi al centro del frammento registrato. Il nome da dare al file sarà 2eq1.wav. Si chiuda il file.
21. Si crei un file nuovo in Cool Edit Pro: mono, 44 kHz, 16 bit.
22. Si metta Cool Edit Pro in registrazione e si riproduca il quarto frammento di 10 secondi dal Teac.
23. Si salvi tramite il comando File->Save selection as di Cool Edi Pro una porzione di circa 5 secondi al centro del frammento registrato. Il nome da dare al file sarà 2eq2.wav. Si chiuda il file.

A questo punto si dovrebbero avere 4 files audio.

24. Si avvii Matlab e ci si posizioni nella cartella dei files audio.
25. Si avvii lo script `analizza_teac.m`, avendo cura di copiare nella medesima cartella anche lo script `trovaindice.m` (vedi appendice A).

Lo script analizza la psd di ognuno dei files .wav e trova, all'interno di intervalli costruiti intorno alle frequenze delle sinusoidi del segnale i test, il massimo assoluto.

Costruisce una matrice di questi massimi, avente per dimensioni l'indice del parametro EQ, quello del parametro BIAS e l'indice della frequenza del segnale di test. I valori dei massimi sono espressi in dBFS.

L'esecuzione dello script fornisce in uscita due files denominati:

- bias1.txt, contenente i massimi relativi dei test effettuati con la regolazione del BIAS su 1.
- bias2.txt, contenente i massimi relativi dei test effettuati con la regolazione del BIAS su 2.

L'analisi dei risultati è stata effettuata importando questi dati in Microsoft Excel.

#### 4.4.5 Risultati

I risultati di questo esperimento sono riportati integralmente nell'Appendice B e nel cd-rom allegato. Essi sono suddivisi in due tabelle:

- la tabella BIAS 1, che riporta i risultati relativi alla variazione del parametro di equalizzazione, mantenendo fisso il BIAS in posizione 1;
- la tabella BIAS 2, che riporta i risultati relativi alla variazione del parametro di equalizzazione, mantenendo fisso il BIAS in posizione 2;

Per la spiegazione delle caratteristiche dei tipi di grafici ottenuti si rimanda al paragrafo 4.2.5.

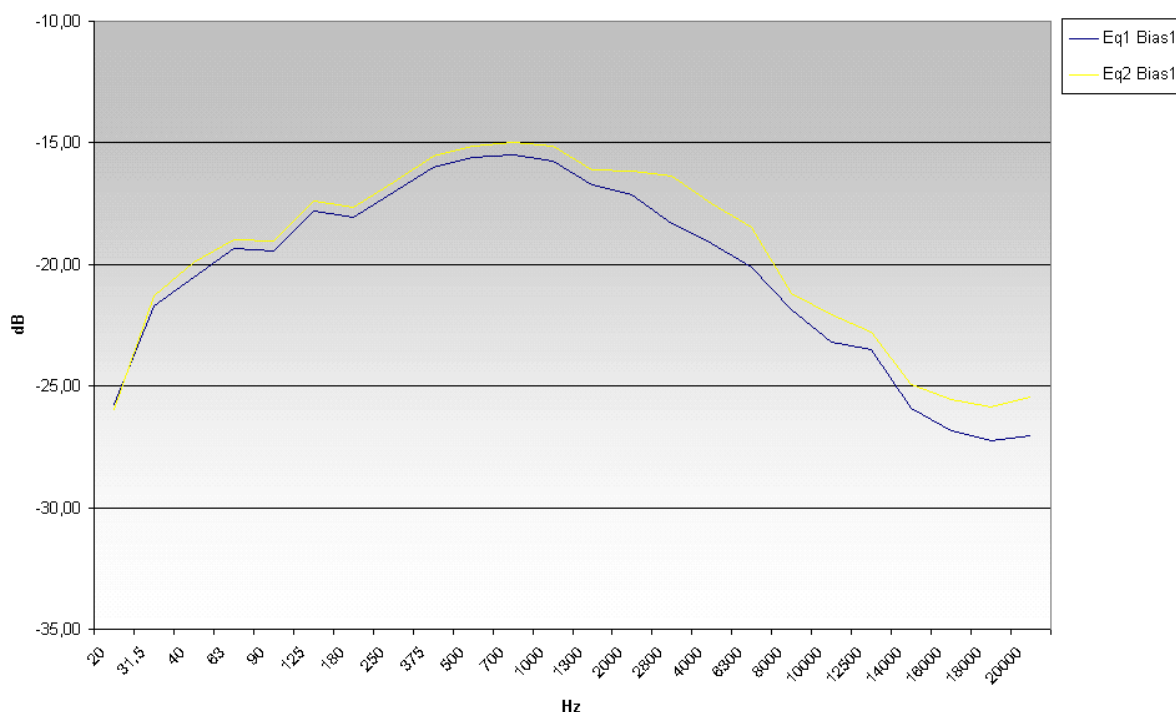


FIGURA 4.28 Grafico di tipo 'A' relativo alla risposta del Teac con BIAS impostato a 1.

La differenza tra le due curve di figura 4.28 è davvero minima. Oltre ad una differenza di livello indipendente dalla frequenza, si nota soltanto una leggerissima accentuazione degli acuti.

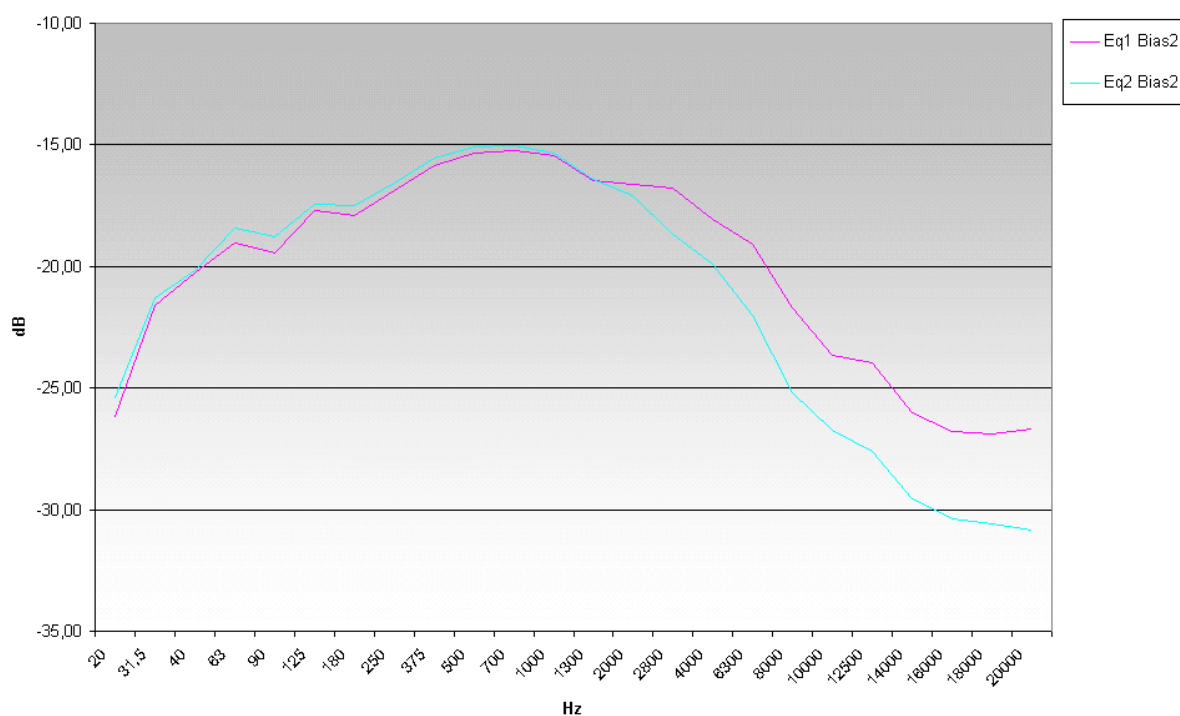


Figura 4.29 Grafico di tipo 'A' relativo alla risposta del Teac con BIAS impostato a 2.

Nel caso della figura 4.29, relativa all'impostazione "2" per quanto riguarda il BIAS, si evidenzia un maggiore scostamento tra le due curve, per frequenze superiori ai 2 kHz. Il comportamento del filtro è in questo caso vicino a quello di un filtro passa-basso.

#### 4.4.6 Discussione

Il sistema di equalizzazione del Teac A-3340S è di gran lunga più modesto rispetto agli altri due casi analizzati. La possibilità di scegliere soltanto tra due curve è molto limitante. Le curve a disposizione, inoltre, non si riferiscono ad alcuno degli standard più celebri, il che rende la macchina inadatta all'utilizzo nel riversamento.

Per quanto riguarda la regolazione del BIAS, l'utilizzo del parametro "2" provoca sostanzialmente una perdita alle alte frequenze, tipica di correnti di BIAS insufficienti. Si consiglia pertanto, per nastri BASF 911, l'utilizzo del valore "1". Questo concorda con il consiglio, riportato sul manuale, di utilizzare entrambi i valori "1" per nastri con basso contenuto di rumore<sup>73</sup>.

<sup>73</sup> "Low noise type", in contrapposizione a "conventional".

# Bibliografia

## Monografie

AA. VV., *Guide to the Basic Technical Equipment Required by Audio, Film, and Television Archives*, UNESCO, Paris, 1991

BELLETTI, G., *Livelli audio digitali*, RAI, Milano, 2000

CALAS, M., FONTAINE, J., *La conservation des documents sonores*, CNRS Editions, Paris, 1996

CAMRAS, M., *Magnetic Recording Handbook*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1987

CANAZZA TARGON, S., *Dispense per il corso di Basi di dati e sistemi informativi*, Laboratorio Mirage, Università di Udine, Gorizia, a.a. 1999-2000

CISCATO, S., *Dispense per il corso di Elettronica Industriale*, Dipartimento di Elettronica e Informatica, Università di Padova, a.a. 1997-98

EVEREST, F. A., *Manuale di acustica*, Hoepli, Milano, 1996

JEANS, J., *Science & Music*, The Macmillan company, New York, - The University press, Cambridge, 1937

MEE, C. D., *The Physics of Magnetic Recording*, North-Holland, Amsterdam, 1964

MILLMAN, J., SAMUEL, S., *Electronics*, McGraw-Hill Book Company, New York - London, 1941

OLSON, H. F., *Music, Physics and Engineering*, Dover Publications, New York, 1967

PIERCE, J. R., *La scienza del suono*, Zanichelli, Bologna, 1992

PLOMP, R., *Aspects of Tone Sensation : a Psychophysical Study*, Academic Press, London - New York, 1976

POWELL, J. R., STEHLE, R. G., *Playback equalizer settings for 78rpm recordings*, Gramophone Adventures, Portage (MI), 1993

ROCCHESSE, D., *Elaborazione del suono: Appunti per il corso di Informatica Musicale per il Centro Tempo Reale*, Centro di Sonologia Computazionale, Università di Padova, Padova, 1998

ROEDERER, J. G., *The Physics and Psychophysics of Music: an Introduction*, Springer-Verlag, New York, 1995

STEIGLITZ, K., *A Digital Signal Processing Primer*, Addison-Wesley, Menlo Park (CA), 1996

STUDER INTERNATIONAL AG, *Studer A812: Preliminary Operating Instructions - Revised and Supplemented Issue*, Regensburg, 1986

STUDER INTERNATIONAL AG, *Studer A812: Operating and Service Instructions*, Regensburg, 1987

STUDER INTERNATIONAL AG, *Studer A812: Operating and Service Instructions*, Regensburg, 1990

TEWKSBURY, G.E., *A Complete Manual of the Edison Phonograph*, Ringer, New York, 1987

### *Articoli*

DEUTSCH, W., NOLL, A., "The restoration of historical sound recordings by means of digital signal processing: psychoacoustical aspects", in *Phonographic Bulletin*, IASA, n. 45, 1986

CAMPBELL, G. A., "On Loaded Lines in Telephonic Transmission" in *Philosophical Magazine*, Cambridge, March 1903

FESLER, J.C., "Electrical Reproduction of Acoustically Recorded Cylinders and Disks, Part 2", in *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 31, n. 9, September 1983

FLETCHER, MUNSON, "Loudness, its Definition, Measurement and Calculation" in *Journal of Acoustics Society of America*, Vol. 5, No. 2, 1933

MAXFIELD, J. P., HARRISON, H. C., "Methods of High-Quality Recording and Reproducing of Music and Speech Based on Telephone Research" in *Disk Recording*, vol. 1, Audio Engineering Society, 1981

McKNIGHT, J. G., "Flux and Flux-Frequency Measurements and Standardization in Magnetic Recording" in *Journal of the SMPTE*, vol. 78, 1969

MINTER, J. B., MICCIOLI, A. R., "Effect of High-Frequency Pre-Emphasis on Groove Shape" in *Disk Recording*, vol. 2, Audio Engineering Society, 1981

OWEN, T., "Electrical Reproduction of Acoustically Recorded Cylinders and Disks, Part 1", in *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 31, n. 4, New York, September 1983

SCHÜLLER, D., "The Ethics of Preservation, Restoration, and Re-Issues of Historical Sound Recordings" in *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 39, n. 12, December 1991

SCHÜLLER, D., "Preserving the Facts for the Future: Principles and Practices for the Transfer of Analog Audio Documents into the Digital Domain", presentato alla 106<sup>th</sup> AES Convention, München, 1999

SMITH, O., "Some Possible Forms of Phonograph" in *The Electrical World*, n. 12, 1888

STORM, W. D., "The Establishment of International Re-recording Standards" in *Phonographic Bulletin*, n. 27, Vienna, 1980

WILSON, P., WILSON, G. L., "Horn theory and the phonograph", in *Disk Recording*, vol. 2, Audio Engineering Society, 1981

### *Risorse elettroniche*

AUDIO ENGINEERING SOCIETY. HISTORICAL COMMITTEE, *An Audio Timeline*, <1999, <http://recordist.com/aeshc/docs/audio.history.timeline.html>>

VAN BOGART, J. W. C., *Magnetic Tape Storage and Handling*, National Media Laboratory, 1995, <[http://www.clir.org/pubs/reports/pub54/2what\\_wrong.html](http://www.clir.org/pubs/reports/pub54/2what_wrong.html)>

LIBRARY OF CONGRESS, *The History of the Edison Cylinder Phonograph*, <<http://memory.loc.gov/ammem/edhtml/edcyldr.html>>

WOLVERINE ANTIQUE MUSIC SOCIETY, *History of Antique Phonographics 1877-1957*, <<http://www.shellac.org/wams/whistory.html>>

# A. Script utilizzati

## Analizza\_trb.m

```
% Parametri generali
Fs=44100;
N=8192;

% vettore delle frequenze corrispondenti ai toni generati
freq=[20 31.5 40 63 90 125 180 250 375 500 700 1000 1300 2000 2800 4000 6300 8000 10000 12500
14000 16000 18000 20000];

% calcola vettore dei bins centrali corrispondenti alle frequenze
for i=1:24
    bins(i)=trovaindice(freq(i));
end

% calcola vettore dei bins di frontiera - tra i quali vengono calcolati i minimi
frontier(1)=1;
for i=2:24
    frontier(i)=mean(bins(i-1:i));
end
frontier(25)=N/2;

% Il ciclo si ripete per ognuno dei 289 files
for irec=1:17
    for irep=1:17
        % forma matrice analisi(index,irec,irep)
        % dove irec è l'indice del parametro Studer di registrazione con uno scarto di 1
        % irep è l'indice del parametro Studer di riproduzione con uno scarto di 1
        % index è l'indice della frequenza del vettore freq a cui si riferisce il valore
        % il valore è espresso in dB

        % trova il valore del parametro Studer corrispondente all'indice
        rec=(irec-1)*16;
        rep=(irep-1)*16;

        % corregge l'errore sull'ultimo indice, che è FF
        if rec==256
            rec=255;
        end
        if rep==256
            rep=255;
        end

        % traduce in esadecimale per risalire al file, tenendo in considerazione l'errore sullo 0 a
        % due cifre
        hrec=dec2hex(rec);
        hrep=dec2hex(rep);

        if rec==0
            hrec='00';
        end
        if rep==0
            hrep='00';
        end

        % ricostruisce il nome del file e lo apre
        dati=strcat(hrec,'rep',hrep,'.wav');
        x=wavread(dati);

        % calcola il vettore Psd del file audio
        P=psd(x,N);
        Pdb=10*log10(abs(P));

        % Costruisce il vettore dei massimi assoluti per ogni settore
        for index=1:24
            analisi(index,irec,irep)=max(Pdb(frontier(index):frontier(index+1)));
        end

        %fine del for per ogni file rep
    end

    testo=strcat(hrec,'rep.txt');
```

```

expvect(testo,analisi(:,irec,1),analisi(:,irec,2),analisi(:,irec,3),analisi(:,irec,4),analisi(
(:,irec,5),analisi(:,irec,6),analisi(:,irec,7),analisi(:,irec,8),analisi(:,irec,9),analisi(:,ir
ec,10),analisi(:,irec,11),analisi(:,irec,12));
testo=strcat(hrec,'rep2.txt');
expvect(testo,analisi(:,irec,13),analisi(:,irec,14),analisi(:,irec,15),analisi(:,irec,16),anal
isi(:,irec,17));
%fine del for per ogni file rec
end

```

## Analizza\_equ.m

```

% Parametri generali
Fs=44100;
N=8192;

% vettore delle frequenze corrispondenti ai toni generati
freq=[20 31.5 40 63 90 125 180 250 375 500 700 1000 1300 2000 2800 4000 6300 8000 10000 12500
14000 16000 18000 20000];

% vettori dei parametri EQ
eqrep=['26';'44';'61';'87';'A3';'E5']
eqrec=['0E';'4C';'75';'82';'BA';'DE']

% calcola vettore dei bins centrali corrispondenti alle frequenze
for i=1:24
    bins(i)=trovaindice(freq(i));
end

% calcola vettore dei bins di frontiera - tra i quali vengono calcolati i minimi
frontier(1)=1;
for i=2:24
    frontier(i)=mean(bins(i-1:i));
end
frontier(25)=N/2;

% Il ciclo si ripete per ognuno dei 36 files
for irec=1:6
for irep=1:6
% forma matrice analisi(index,irec,irep)
% dove irec è l'indice del parametro Studer di registrazione
% irep è l'indice del parametro Studer di riproduzione
% index è l'indice della frequenza del vettore freq a cui si riferisce il valore
% il valore è espresso in dB

% trova il valore del parametro Studer corrispondente all'indice
hrec=eqrec(irec,1:2);
hrep=eqrep(irep,1:2);

% ricostruisce il nome del file e lo apre
dati=strcat(hrec,'rep',hrep,'.wav');
disp(strcat('Dati relativi al file ',dati));
x=wavread(dati);

% calcola il vettore Psd del file audio
P=psd(x,N);
Pdb=10*log10(abs(P));

% Costruisce il vettore dei massimi assoluti per ogni settore
for index=1:24
    analisi(index,irec,irep)=max(Pdb(frontier(index):frontier(index+1)));
end

%fine del for per ogni file rep
end

testo=strcat(hrec,'rep.txt');
expvect(testo,analisi(:,irec,1),analisi(:,irec,2),analisi(:,irec,3),analisi(:,irec,4),analisi(
(:,irec,5),analisi(:,irec,6));
%fine del for per ogni file rec
end

```



## Analizza\_bas.m

```
% Parametri generali
Fs=44100;
N=8192;

% vettore delle frequenze corrispondenti ai toni generati
freq=[20 31.5 40 63 90 125 180 250 375 500 700 1000 1300 2000 2800 4000 6300 8000 10000 12500
14000 16000 18000 20000];

% calcola vettore dei bins centrali corrispondenti alle frequenze
for i=1:24
    bins(i)=trovaindice(freq(i));
end

% calcola vettore dei bins di frontiera - tra i quali vengono calcolati i minimi
frontier(1)=1;
for i=2:24
    frontier(i)=mean(bins(i-1:i));
end
frontier(25)=N/2;

% Il ciclo si ripete per ognuno dei 17 files
for irep=1:17
% forma matrice analisi(index,irep)
% irep è l'indice del parametro Studer di riproduzione con uno scarto di 1
% index è l'indice della frequenza del vettore freq a cui si riferisce il valore
% il valore è espresso in dB

% trova il valore del parametro Studer corrispondente all'indice
rep=(irep-1)*16;

% corregge l'errore sull'ultimo indice, che è FF
if rep==256
    rep=255;
end

% traduce in esadecimale per risalire al file, tenendo in considerazione l'errore sullo 0 a
due cifre
hrep=dec2hex(rep);

if rep==0
    hrep='00';
end

% ricostruisce il nome del file e lo apre
dati=strcat('rep',hrep, '.wav');
x=wavread(dati);

% calcola il vettore Psd del file audio
P=psd(x,N);
Pdb=10*log10(abs(P));

% Costruisce il vettore dei massimi assoluti per ogni settore
for index=1:24
    analisi(index,irec,irep)=max(Pdb(frontier(index):frontier(index+1)));
end

%fine del for per ogni file rep
end

testo=strcat('rep.txt');
expvect(testo,analisi(:,1),analisi(:,2),analisi(:,3),analisi(:,4),analisi(:,5),analisi(:,6),an
alisi(:,7),analisi(:,8),analisi(:,9),analisi(:,10),analisi(:,11),analisi(:,12));
testo=strcat('rep2.txt');
expvect(testo,analisi(:,13),analisi(:,14),analisi(:,15),analisi(:,16),analisi(:,17));
```

## Analizza\_nc.m

```
% Parametri generali
Fs=44100;
N=8192;
% vettore delle frequenze corrispondenti ai toni generati
```

```

freq=[20 31.5 40 63 90 125 180 250 375 500 700 1000 1300 2000 2800 4000 6300 8000 10000 12500
14000 16000 18000 20000];

% vettori dei parametri EQ
par=['N', 'C']

% calcola vettore dei bins centrali corrispondenti alle frequenze
for i=1:24
    bins(i)=trovaindice(freq(i));
end

% calcola vettore dei bins di frontiera - tra i quali vengono calcolati i minimi
frontier(1)=1;
for i=2:24
    frontier(i)=mean(bins(i-1:i));
end
frontier(25)=N/2;

% Il ciclo si ripete per ognuno dei 36 files
for irec=1:2
for irep=1:2
% forma matrice analisi(index,irec,irep)
% dove irec è l'indice del parametro Studer di registrazione
% irep è l'indice del parametro Studer di registrazione
% index è l'indice della frequenza del vettore freq a cui si riferisce il valore
% il valore è espresso in dB

% trova il valore del parametro Studer corrispondente all'indice
hrec=par(irec);
hrep=par(irep);

% ricostruisce il nome del file e lo apre
dati=strcat(hrec,'rep',hrep,'.wav');
disp(strcat('Dati relativi al file ',dati));
x=wavread(dati);

% calcola il vettore Psd del file audio
P=psd(x,N);
Pdb=10*log10(abs(P));

% Costruisce il vettore dei massimi assoluti per ogni settore
for index=1:24
    analisi(index,irec,irep)=max(Pdb(frontier(index):frontier(index+1)));
end

%fine del for per ogni file rep
end

testo=strcat(hrec,'rep.txt');
expect(testo,analisi(:,irec,1),analisi(:,irec,2));
%fine del for per ogni file rec
end

```

## Analizza\_rec.m

```

% Parametri generali
Fs=44100;
N=8192;
f=9; % Si inserisca qui il numero totale dei files

% vettore delle frequenze corrispondenti ai toni generati
freq=[20 31.5 40 63 90 125 180 250 375 500 700 1000 1300 2000 2800 4000 6300 8000 10000 12500
14000 16000 18000 20000];

% calcola vettore dei bins centrali corrispondenti alle frequenze
for i=1:24
    bins(i)=trovaindice(freq(i));
end

% calcola vettore dei bins di frontiera - tra i quali vengono calcolati i minimi
frontier(1)=1;
for i=2:24
    frontier(i)=mean(bins(i-1:i));
end
frontier(25)=N/2;

```

```

% Il ciclo si ripete per ognuno dei files
for irep=1:f
% forma matrice analisi(index,irep)
% irep è l'indice del file
% index è l'indice della frequenza del vettore freq a cui si riferisce il valore
% il valore è espresso in dB

% ricostruisce il nome del file e lo apre
dati=strcat('rec', int2str(irep),'.wav');
x=wavread(dati);

% calcola il vettore Psd del file audio
P=psd(x,N);
Pdb=10*log10(abs(P));

% Costruisce il vettore dei massimi assoluti per ogni settore
for index=1:24
    analisi(index,irec,irep)=max(Pdb(frontier(index):frontier(index+1)));
end

%fine del for per ogni file
end

save rec.txt analisi -ascii -double -tabs

```

## Analizza\_rep.m

```

% Parametri generali
Fs=44100;
N=8192;
f=7; % Si inserisca qui il numero totale dei files

% vettore delle frequenze corrispondenti ai toni generati
freq=[20 31.5 40 63 90 125 180 250 375 500 700 1000 1300 2000 2800 4000 6300 8000 10000 12500
14000 16000 18000 20000];

% calcola vettore dei bins centrali corrispondenti alle frequenze
for i=1:24
    bins(i)=trovaindice(freq(i));
end

% calcola vettore dei bins di frontiera - tra i quali vengono calcolati i minimi
frontier(1)=1;
for i=2:24
    frontier(i)=mean(bins(i-1:i));
end
frontier(25)=N/2;

% Il ciclo si ripete per ognuno dei files
for irep=1:f
% forma matrice analisi(index,irep)
% irep è l'indice del file
% index è l'indice della frequenza del vettore freq a cui si riferisce il valore
% il valore è espresso in dB

% ricostruisce il nome del file e lo apre
dati=strcat('rep', int2str(irep),'.wav');
x=wavread(dati);

% calcola il vettore Psd del file audio
P=psd(x,N);
Pdb=10*log10(abs(P));

% Costruisce il vettore dei massimi assoluti per ogni settore
for index=1:24
    analisi(index,irec,irep)=max(Pdb(frontier(index):frontier(index+1)));
end

%fine del for per ogni file
end

save rep.txt analisi -ascii -double -tabs

```

## Analizza\_teac.m

```
% Parametri generali
Fs=44100;
N=8192;

% vettore delle frequenze corrispondenti ai toni generati
freq=[20 31.5 40 63 90 125 180 250 375 500 700 1000 1300 2000 2800 4000 6300 8000 10000 12500
14000 16000 18000 20000];

% calcola vettore dei bins centrali corrispondenti alle frequenze
for i=1:24
    bins(i)=trovaindice(freq(i));
end

% calcola vettore dei bins di frontiera - tra i quali vengono calcolati i minimi
frontier(1)=1;
for i=2:24
    frontier(i)=mean(bins(i-1:i));
end
frontier(25)=N/2;

% Il ciclo si ripete per ognuno dei 289 files
for irec=1:2
    for irep=1:2
        % forma matrice analisi(index,irec,irep)
        % dove irec è l'indice del parametro di bias
        % irep è l'indice del parametro di eq
        % index è l'indice della frequenza del vettore freq a cui si riferisce il valore
        % il valore è espresso in dB

        % traduce in esadecimale per risalire al file, tenendo in considerazione l'errore sullo 0 a
        % due cifre
        hrec=int2str(irec);
        hrep=int2str(irep);

        % ricostruisce il nome del file e lo apre
        dati=strcat(hrec,'eq',hrep,'.wav');
        x=wavread(dati);

        % calcola il vettore Psd del file audio
        P=psd(x,N);
        Pdb=10*log10(abs(P));

        % Costruisce il vettore dei massimi assoluti per ogni settore
        for index=1:24
            analisi(index,irec,irep)=max(Pdb(frontier(index):frontier(index+1)));
        end

        %fine del for per ogni file rep

        testo=strcat('bias', hrec,'.txt');
        expvect(testo,analisi(:,irec,1),analisi(:,irec,2));

        %fine del for per ogni file rec
    end
end
```

## Trovaindice.m

```
function ind=trovaindice(freq)
% trova l'indice del bin corrispondente ad una determinata frequenza

% Parametri generali
Fs=44100;
N=8192;

wbin=Fs/N;
ind=round(freq/wbin+1);
```

## **B. Tabelle dei risultati**

Vengono riportate nelle pagine seguenti le tabelle dei risultati dei test di cui si è trattato nel capitolo 4. Si rinvia a questo capitolo per la spiegazione dettagliata di come sono state ottenute queste tavole.

I valori delle celle sono generalmente espressi in dBFS, eccezion fatta per le tabelle delle pendenze, in cui i valori sono numeri puri.

Studer n.1 – Batteria TRB - TRB REC 00

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-31,77	-31,83	-31,51	-31,54	-31,65	-31,66	-31,57	-31,59	-31,65	-31,51	-31,85	-31,61	-31,65	-31,80	-31,56	-31,66	-31,60
31,5	-26,20	-26,26	-26,19	-26,23	-26,33	-26,17	-26,31	-26,27	-26,32	-26,13	-26,29	-26,31	-26,14	-26,23	-26,30	-26,21	-26,30
40	-26,20	-26,26	-26,19	-26,23	-26,33	-26,17	-26,31	-26,27	-26,32	-26,13	-26,29	-26,31	-26,14	-26,23	-26,30	-26,21	-26,30
63	-22,98	-22,97	-22,97	-22,96	-22,93	-22,95	-22,91	-22,95	-22,94	-22,94	-22,93	-22,94	-22,90	-22,94	-22,93	-22,96	-22,92
90	-20,93	-20,93	-20,89	-20,89	-20,89	-20,87	-20,88	-20,87	-20,85	-20,86	-20,87	-20,86	-20,86	-20,86	-20,88	-20,88	-20,88
125	-19,42	-19,42	-19,39	-19,40	-19,38	-19,38	-19,38	-19,38	-19,37	-19,37	-19,38	-19,37	-19,37	-19,37	-19,38	-19,39	-19,38
180	-19,25	-19,25	-19,23	-19,22	-19,22	-19,21	-19,21	-19,22	-19,22	-19,22	-19,22	-19,22	-19,21	-19,22	-19,23	-19,24	-19,23
250	-18,82	-18,82	-18,81	-18,81	-18,80	-18,80	-18,79	-18,80	-18,80	-18,80	-18,81	-18,80	-18,80	-18,80	-18,81	-18,82	-18,81
375	-18,02	-18,02	-17,98	-17,97	-17,97	-17,95	-17,95	-17,94	-17,93	-17,94	-17,94	-17,93	-17,92	-17,92	-17,94	-17,95	-17,95
500	-17,43	-17,43	-17,40	-17,39	-17,39	-17,38	-17,38	-17,37	-17,37	-17,37	-17,38	-17,36	-17,36	-17,36	-17,38	-17,39	-17,39
700	-17,50	-17,50	-17,49	-17,47	-17,47	-17,47	-17,47	-17,47	-17,46	-17,46	-17,48	-17,46	-17,46	-17,46	-17,48	-17,49	-17,48
1000	-18,01	-18,02	-17,98	-17,95	-17,96	-17,94	-17,94	-17,93	-17,92	-17,92	-17,93	-17,90	-17,90	-17,91	-17,93	-17,94	-17,94
1300	-19,40	-19,40	-19,33	-19,28	-19,30	-19,25	-19,25	-19,21	-19,20	-19,21	-19,21	-19,16	-19,16	-19,18	-19,20	-19,21	-19,22
2000	-20,25	-20,25	-20,18	-20,08	-20,12	-20,06	-20,06	-20,00	-19,98	-19,97	-20,00	-19,91	-19,92	-19,94	-19,97	-19,97	-19,98
2800	-21,18	-21,15	-21,30	-21,16	-21,20	-21,27	-21,25	-21,21	-21,21	-21,15	-21,25	-21,14	-21,19	-21,18	-21,19	-21,16	-21,06
4000	-23,41	-23,34	-23,59	-23,29	-23,37	-23,44	-23,41	-23,29	-23,29	-23,15	-23,33	-23,06	-23,16	-23,14	-23,14	-23,06	-22,87
6300	-28,68	-28,48	-28,60	-27,69	-27,96	-27,70	-27,66	-27,09	-27,06	-26,77	-27,09	-26,27	-26,41	-26,45	-26,47	-26,25	-26,02
8000	-31,53	-31,15	-32,19	-30,94	-31,30	-30,94	-30,95	-29,95	-29,93	-29,48	-29,99	-28,72	-28,90	-28,98	-29,02	-28,70	-28,32
10000	-34,34	-33,88	-34,90	-32,82	-33,43	-33,33	-33,09	-32,15	-32,20	-31,34	-32,31	-30,50	-31,05	-31,05	-31,01	-30,42	-29,60
12500	-39,81	-38,83	-40,43	-36,97	-37,92	-37,29	-37,38	-35,37	-35,54	-34,34	-35,92	-32,94	-33,68	-33,91	-34,08	-33,17	-32,17
14000	-41,60	-40,65	-42,98	-39,11	-40,43	-40,23	-39,67	-37,77	-38,10	-36,83	-38,62	-35,27	-35,81	-36,18	-36,46	-35,64	-34,26
16000	-45,26	-44,05	-45,91	-41,42	-43,08	-42,67	-42,41	-40,07	-40,46	-38,56	-41,20	-36,74	-37,95	-38,43	-38,45	-37,11	-35,51
18000	-48,81	-47,05	-48,88	-44,72	-46,59	-45,52	-45,37	-42,37	-42,98	-40,82	-43,51	-38,68	-40,00	-40,79	-41,13	-39,46	-37,73
20000	-52,05	-50,26	-51,29	-47,18	-49,76	-48,41	-47,45	-44,80	-45,62	-43,67	-45,49	-41,66	-42,47	-43,31	-43,27	-42,19	-40,01

Studer n.1 – Batteria TRB - TRB REC 10

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-31,72	-31,77	-31,70	-31,89	-31,98	-31,74	-31,85	-31,54	-31,79	-31,84	-31,69	-31,53	-31,91	-31,60	-31,74	-31,81	-31,84
31,5	-26,38	-26,36	-26,23	-26,28	-26,44	-26,22	-26,31	-26,32	-26,34	-26,31	-26,38	-26,36	-26,31	-26,18	-26,24	-26,30	-26,33
40	-26,38	-26,36	-26,23	-26,28	-26,44	-26,22	-26,31	-26,32	-26,34	-26,31	-26,38	-26,36	-26,31	-26,18	-26,24	-26,30	-26,33
63	-23,06	-23,08	-23,01	-23,04	-23,01	-22,99	-23,02	-23,03	-23,00	-23,00	-23,01	-23,01	-23,02	-23,00	-22,99	-23,03	-23,00
90	-20,98	-20,98	-20,97	-20,95	-20,96	-20,96	-20,95	-20,94	-20,95	-20,94	-20,94	-20,93	-20,92	-20,94	-20,95	-20,94	-20,95
125	-19,47	-19,47	-19,45	-19,44	-19,44	-19,44	-19,44	-19,44	-19,44	-19,44	-19,44	-19,44	-19,43	-19,43	-19,44	-19,44	-19,44
180	-19,30	-19,31	-19,29	-19,28	-19,28	-19,27	-19,28	-19,28	-19,27	-19,28	-19,27	-19,28	-19,27	-19,27	-19,28	-19,29	-19,29
250	-18,87	-18,88	-18,86	-18,86	-18,86	-18,85	-18,86	-18,86	-18,85	-18,86	-18,85	-18,86	-18,86	-18,86	-18,86	-18,87	-18,87
375	-18,10	-18,11	-18,07	-18,05	-18,04	-18,04	-18,04	-18,04	-18,03	-18,02	-18,03	-18,01	-18,00	-18,01	-18,03	-18,03	-18,04
500	-17,50	-17,51	-17,47	-17,46	-17,46	-17,45	-17,45	-17,45	-17,44	-17,44	-17,45	-17,43	-17,43	-17,43	-17,45	-17,45	-17,46
700	-17,54	-17,55	-17,53	-17,53	-17,53	-17,52	-17,52	-17,53	-17,52	-17,52	-17,53	-17,52	-17,51	-17,52	-17,53	-17,53	-17,54
1000	-18,09	-18,09	-18,05	-18,03	-18,03	-18,02	-18,01	-18,02	-18,00	-17,99	-18,01	-17,98	-17,97	-17,99	-18,00	-18,00	-18,02
1300	-19,53	-19,53	-19,45	-19,40	-19,39	-19,38	-19,36	-19,37	-19,33	-19,32	-19,35	-19,27	-19,27	-19,28	-19,30	-19,31	-19,33
2000	-20,37	-20,37	-20,27	-20,20	-20,19	-20,16	-20,14	-20,17	-20,08	-20,06	-20,13	-20,00	-20,00	-20,02	-20,03	-20,02	-20,06
2800	-20,95	-21,01	-21,02	-21,04	-21,08	-20,98	-21,03	-21,12	-20,96	-20,97	-21,03	-21,01	-21,00	-21,01	-20,95	-20,89	-20,92
4000	-23,02	-23,10	-23,07	-23,07	-23,14	-22,93	-22,98	-23,15	-22,82	-22,80	-22,94	-22,81	-22,81	-22,83	-22,68	-22,53	-22,60
6300	-27,88	-27,91	-27,99	-27,66	-27,56	-27,30	-27,21	-27,48	-26,67	-26,50	-26,89	-26,14	-26,16	-26,15	-25,93	-25,60	-25,87
8000	-30,01	-30,08	-30,07	-29,93	-30,29	-29,37	-29,60	-29,95	-28,96	-28,89	-29,16	-28,47	-28,49	-28,42	-27,98	-27,64	-27,56
10000	-32,91	-33,11	-32,40	-32,16	-32,28	-31,08	-31,07	-31,90	-30,10	-29,78	-30,78	-29,47	-29,46	-29,73	-28,82	-27,92	-28,44
12500	-36,74	-36,61	-36,56	-35,97	-35,55	-34,87	-34,86	-35,47	-33,18	-32,77	-34,21	-32,15	-32,20	-32,26	-31,23	-30,25	-31,04
14000	-38,67	-38,75	-37,83	-37,48	-37,53	-35,82	-36,01	-36,73	-34,56	-34,19	-35,42	-33,43	-33,22	-33,87	-32,20	-31,33	-31,54
16000	-42,00	-41,14	-40,05	-39,89	-39,67	-37,98	-37,86	-38,49	-35,98	-35,37	-37,12	-34,94	-34,83	-35,45	-33,48	-32,16	-33,20
18000	-44,13	-43,60	-42,69	-41,94	-41,28	-40,09	-40,57	-40,20	-37,94	-37,58	-38,20	-36,77	-36,57	-36,48	-35,08	-34,37	-34,42
20000	-47,05	-45,73	-44,42	-44,02	-43,06	-42,07	-41,83	-41,67	-39,75	-39,23	-39,67	-38,04	-38,16	-37,70	-36,33	-35,60	-36,05

Studer n. 1 - Batteria TRB - TRB REC 20

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-31,70	-31,58	-31,61	-31,65	-31,74	-31,91	-31,64	-31,63	-31,77	-31,95	-31,72	-31,68	-31,90	-31,64	-31,68	-31,61	-31,75
31,5	-26,33	-26,32	-26,25	-26,57	-26,35	-26,45	-26,33	-26,34	-26,23	-26,30	-26,35	-26,22	-26,32	-26,21	-26,31	-26,41	-26,39
40	-26,33	-26,32	-26,25	-26,57	-26,35	-26,45	-26,33	-26,34	-26,23	-26,30	-26,35	-26,22	-26,32	-26,21	-26,31	-26,41	-26,39
63	-23,07	-23,06	-23,06	-23,02	-23,02	-23,04	-23,00	-23,04	-22,99	-23,03	-23,00	-23,00	-22,98	-23,02	-23,00	-23,00	-23,00
90	-20,99	-21,00	-20,96	-20,97	-20,96	-20,94	-20,96	-20,94	-20,95	-20,93	-20,95	-20,94	-20,94	-20,93	-20,95	-20,96	-20,96
125	-19,48	-19,48	-19,46	-19,46	-19,45	-19,45	-19,45	-19,45	-19,44	-19,45	-19,44	-19,44	-19,44	-19,44	-19,45	-19,45	-19,46
180	-19,31	-19,31	-19,30	-19,33	-19,29	-19,29	-19,29	-19,29	-19,29	-19,29	-19,29	-19,29	-19,29	-19,29	-19,28	-19,30	-19,30
250	-18,86	-18,87	-18,86	-18,87	-18,86	-18,86	-18,85	-18,87	-18,86	-18,87	-18,85	-18,86	-18,87	-18,85	-18,88	-18,88	-18,87
375	-18,11	-18,11	-18,06	-18,07	-18,04	-18,02	-18,03	-18,02	-18,01	-18,02	-18,02	-18,00	-18,00	-18,01	-18,02	-18,02	-18,04
500	-17,50	-17,50	-17,47	-17,47	-17,45	-17,44	-17,44	-17,45	-17,43	-17,44	-17,44	-17,43	-17,43	-17,43	-17,44	-17,45	-17,46
700	-17,55	-17,56	-17,54	-17,57	-17,52	-17,52	-17,52	-17,53	-17,51	-17,53	-17,52	-17,52	-17,52	-17,52	-17,53	-17,54	-17,54
1000	-18,08	-18,08	-18,02	-18,05	-17,99	-17,97	-17,99	-17,98	-17,96	-17,98	-17,97	-17,96	-17,96	-17,97	-17,96	-17,97	-18,00
1300	-19,52	-19,50	-19,36	-19,36	-19,31	-19,26	-19,30	-19,27	-19,23	-19,25	-19,26	-19,21	-19,20	-19,25	-19,21	-19,23	-19,28
2000	-20,32	-20,29	-20,12	-20,15	-20,04	-19,96	-20,02	-19,99	-19,91	-19,96	-19,95	-19,91	-19,90	-19,94	-19,87	-19,89	-19,98
2800	-20,84	-20,89	-20,95	-20,99	-20,91	-20,89	-20,87	-21,01	-20,84	-20,99	-20,83	-20,97	-20,97	-20,82	-20,87	-20,84	-20,87
4000	-22,80	-22,85	-22,89	-22,96	-22,76	-22,66	-22,66	-22,87	-22,53	-22,79	-22,51	-22,71	-22,70	-22,45	-22,46	-22,39	-22,47
6300	-27,37	-27,43	-27,34	-27,33	-26,69	-26,09	-26,26	-26,51	-25,60	-26,14	-25,58	-25,68	-25,67	-25,39	-24,96	-24,90	-25,35
8000	-29,35	-29,39	-29,25	-29,48	-28,74	-28,49	-28,49	-28,62	-27,73	-28,57	-27,50	-27,82	-27,85	-27,22	-26,64	-26,64	-27,07
10000	-31,98	-32,00	-31,43	-31,66	-30,34	-29,21	-29,49	-30,04	-28,30	-29,55	-28,14	-29,11	-28,80	-27,75	-27,37	-27,05	-27,59
12500	-35,81	-35,56	-34,28	-34,89	-33,36	-31,94	-32,35	-32,29	-30,57	-32,38	-30,11	-31,63	-31,42	-29,98	-29,00	-28,80	-29,62
14000	-37,59	-37,47	-35,92	-36,41	-34,54	-33,02	-33,86	-33,43	-31,71	-33,14	-31,02	-32,94	-31,86	-30,50	-29,73	-29,88	-29,92
16000	-40,36	-39,56	-37,40	-37,82	-36,20	-34,26	-35,27	-34,29	-32,63	-34,55	-31,91	-33,89	-33,35	-31,67	-30,64	-30,51	-30,82
18000	-42,13	-41,33	-39,39	-38,87	-37,67	-36,58	-37,36	-35,50	-34,60	-35,47	-33,30	-35,01	-34,16	-32,74	-31,44	-32,23	-31,76
20000	-43,94	-43,06	-41,02	-40,56	-38,85	-37,56	-38,70	-36,44	-35,75	-36,76	-34,49	-35,65	-35,52	-33,79	-32,37	-32,73	-32,64



Studer n. 1 - Batteria TRB - TRB REC 30

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-31,75	-31,74	-31,59	-31,58	-31,81	-31,81	-31,80	-31,73	-31,86	-31,70	-31,73	-31,54	-31,89	-31,83	-31,74	-31,65	-31,81
31,5	-26,40	-26,43	-26,26	-26,30	-26,44	-26,38	-26,39	-26,26	-26,24	-26,37	-26,10	-26,41	-26,31	-26,24	-26,32	-26,32	-26,41
40	-26,40	-26,43	-26,26	-26,30	-26,44	-26,38	-26,39	-26,26	-26,24	-26,37	-26,10	-26,41	-26,31	-26,24	-26,32	-26,32	-26,41
63	-23,07	-23,07	-23,02	-23,04	-23,04	-23,04	-23,02	-23,01	-23,01	-23,02	-22,99	-23,02	-22,98	-23,02	-23,01	-23,03	-23,03
90	-21,01	-21,00	-20,99	-20,96	-20,96	-20,95	-20,95	-20,96	-20,96	-20,94	-20,97	-20,95	-20,95	-20,94	-20,95	-20,95	-20,95
125	-19,48	-19,48	-19,46	-19,47	-19,45	-19,46	-19,46	-19,46	-19,46	-19,45	-19,49	-19,44	-19,44	-19,44	-19,46	-19,46	-19,46
180	-19,31	-19,31	-19,30	-19,30	-19,29	-19,29	-19,30	-19,30	-19,31	-19,30	-19,46	-19,28	-19,29	-19,28	-19,30	-19,30	-19,31
250	-18,87	-18,87	-18,87	-18,87	-18,86	-18,86	-18,88	-18,88	-18,89	-18,88	-18,91	-18,85	-18,86	-18,85	-18,88	-18,89	-18,90
375	-18,11	-18,11	-18,06	-18,04	-18,04	-18,03	-18,02	-18,01	-18,01	-18,01	-18,12	-18,02	-18,00	-18,02	-18,02	-18,02	-18,02
500	-17,50	-17,50	-17,47	-17,46	-17,45	-17,45	-17,44	-17,43	-17,44	-17,43	-17,50	-17,44	-17,42	-17,43	-17,44	-17,45	-17,45
700	-17,54	-17,53	-17,52	-17,52	-17,51	-17,51	-17,52	-17,51	-17,53	-17,51	-17,67	-17,50	-17,50	-17,50	-17,53	-17,53	-17,53
1000	-18,07	-18,06	-18,01	-17,97	-17,98	-17,97	-17,95	-17,93	-17,95	-17,93	-18,09	-17,97	-17,92	-17,95	-17,96	-17,96	-17,94
1300	-19,50	-19,48	-19,37	-19,27	-19,30	-19,27	-19,20	-19,18	-19,19	-19,16	-19,29	-19,28	-19,17	-19,24	-19,20	-19,19	-19,16
2000	-20,25	-20,22	-20,07	-19,93	-19,99	-19,96	-19,86	-19,79	-19,85	-19,77	-19,90	-19,93	-19,78	-19,88	-19,84	-19,81	-19,75
2800	-20,63	-20,60	-20,65	-20,70	-20,72	-20,76	-20,81	-20,65	-20,89	-20,67	-20,74	-20,59	-20,68	-20,62	-20,77	-20,73	-20,66
4000	-22,41	-22,32	-22,36	-22,36	-22,44	-22,47	-22,48	-22,16	-22,59	-22,16	-22,23	-22,07	-22,16	-22,07	-22,29	-22,19	-22,01
6300	-26,37	-26,35	-26,48	-25,83	-26,21	-26,05	-25,54	-24,72	-25,61	-24,55	-25,16	-25,12	-24,49	-24,78	-24,77	-24,34	-23,85
8000	-28,04	-27,78	-27,80	-27,87	-28,15	-27,60	-27,74	-26,44	-27,76	-26,09	-27,03	-26,31	-26,03	-26,20	-26,52	-25,72	-25,09
10000	-30,75	-29,88	-29,43	-28,68	-29,43	-28,98	-28,58	-26,69	-28,70	-26,59	-27,29	-26,83	-26,63	-26,52	-27,20	-26,61	-25,35
12500	-33,32	-32,96	-32,53	-31,62	-32,98	-30,89	-31,14	-28,29	-30,59	-27,94	-29,07	-29,22	-27,99	-28,55	-28,86	-27,65	-26,16
14000	-35,17	-34,37	-33,69	-32,86	-34,15	-31,99	-31,78	-29,42	-31,38	-28,94	-30,39	-29,47	-29,09	-28,85	-30,23	-28,23	-27,39
16000	-36,90	-37,49	-36,08	-34,27	-34,72	-32,92	-33,40	-29,86	-32,15	-29,59	-30,71	-31,09	-30,06	-30,01	-30,45	-28,63	-27,87
18000	-38,30	-38,95	-37,87	-36,65	-36,37	-34,40	-34,31	-31,53	-33,27	-30,68	-31,61	-32,00	-30,54	-30,79	-31,32	-29,16	-28,70
20000	-40,34	-40,25	-39,25	-38,20	-37,34	-35,60	-35,58	-32,56	-34,33	-31,78	-32,74	-33,41	-31,21	-31,86	-31,91	-30,33	-30,03

Studer n. 1 - Batteria TRB - TRB REC 40

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-31,70	-31,85	-31,86	-31,95	-31,78	-31,74	-31,80	-31,89	-31,75	-31,93	-31,64	-31,90	-31,80	-31,95	-31,74	-31,63	-31,55
31,5	-26,35	-26,33	-26,33	-26,30	-26,43	-26,27	-26,39	-26,28	-26,32	-26,19	-26,27	-26,20	-26,35	-26,24	-26,37	-26,37	-26,42
40	-26,35	-26,33	-26,33	-26,30	-26,43	-26,27	-26,39	-26,28	-26,32	-26,19	-26,27	-26,20	-26,35	-26,24	-26,37	-26,37	-26,42
63	-23,05	-23,05	-23,04	-23,05	-23,02	-22,99	-23,03	-23,00	-23,03	-22,99	-22,99	-22,98	-23,01	-23,02	-23,01	-23,00	-23,02
90	-21,00	-20,99	-20,97	-20,95	-20,95	-20,97	-20,96	-20,96	-20,94	-20,95	-20,95	-20,94	-20,93	-20,93	-20,95	-20,95	-20,95
125	-19,47	-19,48	-19,46	-19,45	-19,45	-19,45	-19,45	-19,45	-19,44	-19,44	-19,44	-19,44	-19,43	-19,44	-19,45	-19,45	-19,45
180	-19,30	-19,31	-19,29	-19,30	-19,29	-19,29	-19,29	-19,29	-19,29	-19,29	-19,29	-19,29	-19,29	-19,28	-19,29	-19,30	-19,30
250	-18,85	-18,86	-18,85	-18,85	-18,84	-18,85	-18,85	-18,86	-18,85	-18,86	-18,86	-18,86	-18,85	-18,85	-18,87	-18,87	-18,87
375	-18,11	-18,10	-18,06	-18,04	-18,03	-18,03	-18,03	-18,03	-18,02	-18,01	-18,01	-18,00	-18,00	-18,00	-18,02	-18,03	-18,02
500	-17,49	-17,49	-17,46	-17,45	-17,44	-17,44	-17,44	-17,43	-17,44	-17,43	-17,43	-17,42	-17,41	-17,42	-17,44	-17,44	-17,44
700	-17,52	-17,53	-17,51	-17,50	-17,50	-17,49	-17,50	-17,49	-17,49	-17,49	-17,50	-17,50	-17,48	-17,49	-17,51	-17,51	-17,51
1000	-18,04	-18,03	-17,99	-17,95	-17,95	-17,95	-17,95	-17,92	-17,93	-17,91	-17,93	-17,91	-17,90	-17,91	-17,94	-17,93	-17,93
1300	-19,48	-19,42	-19,35	-19,27	-19,25	-19,26	-19,25	-19,20	-19,21	-19,17	-19,18	-19,15	-19,13	-19,16	-19,18	-19,19	-19,17
2000	-20,17	-20,09	-20,01	-19,88	-19,86	-19,86	-19,85	-19,77	-19,80	-19,73	-19,77	-19,72	-19,67	-19,72	-19,76	-19,74	-19,70
2800	-20,37	-20,45	-20,50	-20,45	-20,51	-20,42	-20,40	-20,33	-20,48	-20,34	-20,53	-20,52	-20,33	-20,40	-20,55	-20,36	-20,32
4000	-21,96	-22,04	-22,12	-21,95	-22,05	-21,84	-21,80	-21,62	-21,89	-21,60	-21,96	-21,91	-21,53	-21,65	-21,93	-21,53	-21,43
6300	-25,52	-25,77	-25,93	-25,19	-25,26	-24,94	-24,72	-24,09	-24,61	-23,84	-24,40	-24,12	-23,40	-23,71	-24,02	-23,45	-23,10
8000	-26,88	-27,09	-27,35	-26,71	-26,94	-26,11	-25,81	-25,16	-26,25	-24,91	-25,99	-25,56	-24,53	-25,00	-25,31	-24,48	-24,05
10000	-28,90	-28,98	-29,10	-27,59	-28,00	-26,64	-26,34	-25,01	-26,42	-24,76	-26,51	-26,16	-24,05	-24,78	-26,24	-24,09	-23,38
12500	-31,83	-32,21	-31,64	-29,90	-30,44	-29,05	-28,41	-26,45	-28,32	-26,03	-27,99	-27,64	-24,91	-26,02	-26,83	-25,32	-24,14
14000	-33,07	-33,67	-32,63	-31,29	-31,56	-29,57	-28,91	-26,89	-29,22	-26,30	-29,11	-28,69	-25,89	-27,02	-27,27	-25,75	-24,63
16000	-35,18	-35,46	-33,67	-32,53	-32,34	-30,74	-30,08	-27,32	-29,69	-26,98	-30,16	-29,67	-25,79	-27,39	-27,83	-26,48	-24,79
18000	-37,14	-36,81	-35,03	-33,66	-33,48	-32,30	-31,36	-28,48	-30,99	-27,81	-30,63	-30,51	-26,75	-28,54	-28,56	-27,37	-25,74
20000	-38,90	-38,28	-36,58	-34,59	-34,74	-33,64	-32,39	-29,61	-31,66	-28,72	-31,13	-30,87	-28,19	-29,80	-29,16	-27,71	-26,66

Studer n. 1 - Batteria TRB - TRB REC 50

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-31,93	-31,93	-31,75	-31,77	-31,66	-31,86	-31,78	-31,64	-31,53	-31,91	-31,67	-31,97	-31,83	-31,77	-31,62	-31,66	-31,74
31,5	-26,31	-26,32	-26,28	-26,28	-26,40	-26,20	-26,37	-26,36	-26,39	-26,29	-26,36	-26,22	-26,30	-26,38	-26,34	-26,36	-26,27
40	-26,31	-26,32	-26,28	-26,28	-26,40	-26,20	-26,37	-26,36	-26,39	-26,29	-26,36	-26,22	-26,30	-26,38	-26,34	-26,36	-26,27
63	-23,04	-23,06	-23,04	-23,01	-23,00	-23,03	-22,99	-23,01	-22,98	-23,01	-22,98	-23,01	-22,98	-23,01	-22,99	-23,01	-23,01
90	-21,01	-21,00	-20,97	-20,97	-20,97	-20,95	-20,97	-20,96	-20,96	-20,95	-20,95	-20,93	-20,95	-20,94	-20,96	-20,96	-20,95
125	-19,48	-19,48	-19,45	-19,45	-19,44	-19,44	-19,44	-19,44	-19,44	-19,44	-19,44	-19,44	-19,44	-19,43	-19,43	-19,44	-19,45
180	-19,31	-19,31	-19,29	-19,29	-19,29	-19,28	-19,29	-19,28	-19,30	-19,29	-19,29	-19,30	-19,28	-19,29	-19,29	-19,30	-19,31
250	-18,87	-18,87	-18,86	-18,85	-18,86	-18,86	-18,86	-18,85	-18,87	-18,85	-18,85	-18,87	-18,85	-18,85	-18,87	-18,88	-18,89
375	-18,10	-18,10	-18,06	-18,04	-18,03	-18,03	-18,03	-18,04	-18,00	-18,02	-18,02	-17,99	-18,00	-18,01	-18,02	-18,02	-18,01
500	-17,48	-17,49	-17,46	-17,44	-17,44	-17,43	-17,43	-17,43	-17,42	-17,42	-17,42	-17,41	-17,41	-17,42	-17,43	-17,44	-17,43
700	-17,51	-17,51	-17,49	-17,48	-17,48	-17,48	-17,49	-17,48	-17,49	-17,48	-17,48	-17,48	-17,47	-17,48	-17,50	-17,51	-17,50
1000	-18,00	-18,00	-17,96	-17,93	-17,92	-17,91	-17,92	-17,93	-17,88	-17,90	-17,91	-17,87	-17,89	-17,90	-17,92	-17,92	-17,89
1300	-19,37	-19,37	-19,29	-19,23	-19,20	-19,19	-19,20	-19,25	-19,09	-19,16	-19,17	-19,05	-19,14	-19,14	-19,16	-19,15	-19,07
2000	-19,98	-19,97	-19,88	-19,79	-19,76	-19,73	-19,77	-19,81	-19,60	-19,67	-19,71	-19,54	-19,64	-19,66	-19,68	-19,66	-19,53
2800	-20,25	-20,19	-20,30	-20,18	-20,33	-20,21	-20,30	-20,21	-20,37	-20,19	-20,26	-20,30	-20,13	-20,22	-20,24	-20,27	-20,21
4000	-21,72	-21,57	-21,75	-21,48	-21,72	-21,46	-21,65	-21,48	-21,67	-21,38	-21,49	-21,48	-21,21	-21,36	-21,37	-21,38	-21,21
6300	-25,05	-24,66	-25,20	-24,47	-24,46	-24,19	-24,48	-24,38	-23,74	-23,48	-23,83	-23,05	-23,14	-23,27	-23,33	-23,17	-22,31
8000	-26,32	-25,66	-26,29	-25,22	-26,09	-25,15	-25,61	-25,10	-25,19	-24,62	-24,93	-24,06	-23,93	-24,38	-24,17	-24,07	-22,97
10000	-28,45	-27,26	-27,77	-25,91	-26,80	-25,57	-26,59	-25,70	-25,87	-24,64	-25,29	-24,20	-23,71	-24,17	-24,17	-24,04	-22,66
12500	-30,98	-29,30	-30,44	-28,01	-28,35	-28,01	-28,31	-27,74	-27,53	-25,60	-27,01	-25,06	-25,00	-25,05	-25,34	-25,10	-22,98
14000	-31,79	-30,46	-31,58	-28,34	-29,36	-28,36	-28,96	-27,96	-28,47	-26,26	-27,59	-25,34	-25,27	-25,64	-25,66	-25,47	-23,70
16000	-32,90	-32,24	-32,82	-29,48	-30,61	-29,89	-29,47	-28,89	-28,87	-27,06	-28,36	-25,72	-26,00	-26,15	-26,21	-25,80	-23,88
18000	-34,47	-33,63	-33,91	-30,94	-31,69	-30,95	-30,09	-29,87	-29,47	-27,72	-28,54	-26,41	-26,75	-26,35	-26,70	-26,28	-24,52
20000	-35,96	-35,14	-35,42	-31,84	-32,77	-31,31	-30,97	-30,39	-30,09	-28,21	-29,23	-26,77	-27,41	-26,98	-27,23	-26,78	-25,44

Studer n. 1 - Batteria TRB - TRB REC 60

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-31,93	-31,61	-31,58	-31,85	-31,58	-31,45	-31,64	-31,72	-31,91	-31,74	-31,94	-31,64	-31,81	-31,79	-31,60	-31,77	-31,85
31,5	-26,29	-26,33	-26,31	-26,39	-26,22	-26,43	-26,23	-26,39	-26,18	-26,39	-26,18	-26,23	-26,33	-26,34	-26,29	-26,27	-26,31
40	-26,29	-26,33	-26,31	-26,39	-26,22	-26,43	-26,23	-26,39	-26,18	-26,39	-26,18	-26,23	-26,33	-26,34	-26,29	-26,27	-26,31
63	-23,06	-23,03	-23,00	-23,01	-23,04	-22,99	-23,00	-23,00	-23,00	-23,02	-23,00	-22,99	-22,99	-22,98	-23,03	-22,98	-23,00
90	-20,98	-21,00	-20,96	-20,95	-20,95	-20,96	-20,95	-20,96	-20,95	-20,93	-20,94	-20,94	-20,93	-20,95	-20,94	-20,95	-20,95
125	-19,46	-19,47	-19,44	-19,44	-19,43	-19,43	-19,43	-19,43	-19,42	-19,43	-19,42	-19,41	-19,42	-19,42	-19,43	-19,43	-19,43
180	-19,30	-19,30	-19,27	-19,28	-19,28	-19,27	-19,26	-19,26	-19,26	-19,28	-19,27	-19,26	-19,27	-19,26	-19,28	-19,28	-19,28
250	-18,85	-18,85	-18,84	-18,84	-18,85	-18,84	-18,83	-18,84	-18,83	-18,84	-18,84	-18,83	-18,84	-18,84	-18,86	-18,86	-18,86
375	-18,06	-18,09	-18,04	-18,02	-18,01	-18,01	-18,02	-18,01	-18,01	-17,99	-18,00	-18,00	-17,97	-18,00	-18,00	-18,00	-18,00
500	-17,45	-17,46	-17,42	-17,42	-17,41	-17,41	-17,41	-17,41	-17,41	-17,40	-17,41	-17,40	-17,38	-17,40	-17,41	-17,41	-17,40
700	-17,48	-17,49	-17,45	-17,46	-17,46	-17,46	-17,45	-17,45	-17,45	-17,45	-17,46	-17,45	-17,44	-17,45	-17,47	-17,47	-17,47
1000	-17,93	-17,97	-17,90	-17,88	-17,86	-17,88	-17,89	-17,87	-17,88	-17,85	-17,87	-17,87	-17,82	-17,87	-17,86	-17,86	-17,84
1300	-19,24	-19,31	-19,18	-19,14	-19,07	-19,13	-19,16	-19,13	-19,14	-19,04	-19,11	-19,13	-18,98	-19,10	-19,05	-19,06	-19,01
2000	-19,75	-19,85	-19,66	-19,62	-19,51	-19,60	-19,63	-19,58	-19,59	-19,46	-19,55	-19,59	-19,36	-19,53	-19,45	-19,45	-19,39
2800	-20,00	-20,01	-19,88	-20,05	-19,98	-20,02	-19,88	-19,89	-19,88	-19,94	-19,94	-19,94	-19,87	-19,85	-19,95	-19,82	-19,86
4000	-21,23	-21,27	-20,96	-21,23	-21,03	-21,14	-20,89	-20,87	-20,86	-20,89	-20,91	-20,92	-20,67	-20,69	-20,81	-20,55	-20,57
6300	-24,32	-24,35	-23,65	-23,69	-22,90	-23,46	-23,18	-22,95	-23,01	-22,31	-22,70	-22,85	-21,49	-22,21	-21,89	-21,48	-21,22
8000	-25,07	-25,28	-23,94	-25,17	-24,04	-24,41	-23,43	-23,44	-23,24	-23,07	-23,62	-23,56	-21,99	-22,58	-22,56	-21,74	-21,55
10000	-26,44	-26,61	-24,51	-25,41	-23,89	-24,59	-23,53	-23,27	-23,22	-22,76	-23,16	-23,35	-21,03	-21,72	-22,03	-20,56	-20,46
12500	-28,63	-29,06	-26,17	-26,90	-25,06	-26,47	-24,96	-25,00	-24,54	-23,27	-24,26	-24,69	-21,03	-22,86	-22,48	-20,82	-20,35
14000	-29,88	-30,38	-26,67	-27,98	-25,98	-26,81	-25,02	-25,16	-24,59	-23,76	-25,29	-25,37	-21,95	-22,79	-23,40	-20,52	-21,18
16000	-31,47	-31,47	-28,12	-29,00	-26,76	-27,74	-26,00	-26,19	-25,72	-24,41	-25,38	-25,84	-21,12	-23,03	-24,04	-20,48	-20,47
18000	-33,01	-32,79	-28,99	-29,59	-27,63	-28,97	-26,69	-27,61	-26,26	-24,61	-25,89	-26,04	-21,71	-24,33	-24,51	-21,07	-20,95
20000	-34,39	-34,87	-30,42	-30,93	-28,41	-29,82	-27,58	-28,38	-27,29	-25,10	-26,72	-26,88	-22,87	-24,67	-25,20	-21,19	-22,14

Studer n. 1 - Batteria TRB - TRB REC 70

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-31,85	-31,74	-31,59	-31,93	-31,71	-31,47	-31,98	-31,53	-31,70	-31,63	-31,76	-31,75	-31,88	-31,77	-31,51	-31,75	-31,78
31,5	-26,38	-26,29	-26,22	-26,36	-26,38	-26,42	-26,29	-26,30	-26,27	-26,27	-26,34	-26,29	-26,30	-26,38	-26,28	-26,25	-26,34
40	-26,38	-26,29	-26,22	-26,36	-26,38	-26,42	-26,29	-26,30	-26,27	-26,27	-26,34	-26,29	-26,30	-26,38	-26,28	-26,25	-26,34
63	-23,05	-23,02	-23,04	-23,05	-23,03	-23,01	-22,97	-22,98	-22,99	-22,97	-23,00	-22,98	-22,97	-23,00	-23,00	-23,01	-23,01
90	-20,98	-20,99	-20,95	-20,96	-20,93	-20,92	-20,94	-20,94	-20,93	-20,93	-20,92	-20,92	-20,93	-20,91	-20,92	-20,93	-20,92
125	-19,47	-19,47	-19,45	-19,45	-19,43	-19,43	-19,43	-19,43	-19,43	-19,43	-19,43	-19,42	-19,42	-19,43	-19,43	-19,44	-19,44
180	-19,27	-19,28	-19,26	-19,25	-19,25	-19,25	-19,25	-19,26	-19,25	-19,26	-19,26	-19,25	-19,25	-19,25	-19,27	-19,27	-19,26
250	-18,84	-18,85	-18,85	-18,85	-18,83	-18,83	-18,83	-18,84	-18,84	-18,84	-18,84	-18,83	-18,83	-18,84	-18,85	-18,86	-18,84
375	-18,08	-18,08	-18,04	-18,03	-18,02	-18,01	-18,01	-18,01	-17,99	-18,00	-18,00	-17,99	-17,98	-17,98	-18,00	-18,00	-18,01
500	-17,45	-17,45	-17,42	-17,42	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,39	-17,40	-17,39	-17,39	-17,38	-17,38	-17,40	-17,40	-17,40
700	-17,45	-17,47	-17,45	-17,45	-17,44	-17,43	-17,44	-17,44	-17,43	-17,44	-17,43	-17,43	-17,43	-17,43	-17,45	-17,46	-17,45
1000	-17,91	-17,93	-17,86	-17,86	-17,84	-17,84	-17,84	-17,83	-17,81	-17,83	-17,81	-17,82	-17,82	-17,80	-17,82	-17,84	-17,84
1300	-19,25	-19,26	-19,11	-19,10	-19,09	-19,08	-19,08	-19,06	-19,01	-19,05	-19,02	-19,03	-19,02	-18,98	-19,00	-19,01	-19,05
2000	-19,69	-19,72	-19,51	-19,50	-19,47	-19,45	-19,47	-19,43	-19,35	-19,42	-19,35	-19,40	-19,37	-19,29	-19,31	-19,36	-19,39
2800	-19,58	-19,73	-19,67	-19,71	-19,63	-19,62	-19,67	-19,68	-19,62	-19,72	-19,56	-19,70	-19,67	-19,54	-19,55	-19,72	-19,58
4000	-20,51	-20,78	-20,58	-20,63	-20,46	-20,43	-20,51	-20,48	-20,34	-20,54	-20,20	-20,48	-20,38	-20,09	-20,10	-20,40	-20,15
6300	-22,74	-23,47	-22,78	-22,79	-22,44	-22,25	-22,33	-22,15	-21,55	-22,03	-21,31	-21,67	-21,58	-20,75	-20,75	-21,16	-21,10
8000	-23,10	-24,14	-23,16	-23,34	-22,67	-22,44	-22,52	-22,66	-22,00	-22,54	-21,52	-22,30	-22,06	-21,01	-21,01	-21,50	-21,09
10000	-24,07	-25,00	-23,38	-23,48	-22,48	-22,17	-22,48	-22,13	-21,14	-22,27	-20,27	-21,77	-21,15	-19,34	-19,38	-20,79	-19,85
12500	-25,76	-26,53	-25,28	-25,40	-24,11	-23,47	-23,54	-23,56	-21,81	-23,29	-21,00	-21,98	-22,12	-19,46	-19,65	-20,90	-20,70
14000	-26,60	-27,40	-25,59	-25,69	-24,21	-23,56	-23,66	-23,80	-22,02	-23,45	-20,73	-22,67	-22,10	-19,43	-19,66	-21,36	-20,32
16000	-28,31	-28,42	-26,66	-26,80	-24,92	-24,11	-24,65	-24,24	-22,13	-24,04	-20,60	-23,20	-22,34	-18,78	-19,22	-21,09	-20,37
18000	-30,01	-28,97	-28,26	-28,12	-26,30	-25,10	-24,91	-25,49	-22,91	-24,65	-21,94	-23,40	-23,33	-19,70	-20,41	-21,55	-21,69
20000	-31,39	-30,87	-29,37	-29,29	-27,49	-26,23	-26,04	-26,36	-23,80	-25,34	-21,91	-24,21	-23,77	-19,90	-20,73	-22,11	-21,59

Studer n. 1 - Batteria TRB - TRB REC 80

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-31,69	-31,88	-31,68	-31,74	-31,92	-31,91	-31,85	-31,70	-31,85	-31,70	-31,68	-31,65	-31,61	-31,58	-31,72	-31,60	-31,90
31,5	-26,40	-26,35	-26,22	-26,31	-26,16	-26,16	-26,28	-26,23	-26,41	-26,15	-26,34	-26,23	-26,27	-26,32	-26,24	-26,34	-26,39
40	-26,40	-26,35	-26,22	-26,31	-26,16	-26,16	-26,28	-26,23	-26,41	-26,15	-26,34	-26,23	-26,27	-26,32	-26,24	-26,34	-26,39
63	-23,04	-23,03	-22,98	-22,98	-23,01	-22,95	-23,00	-22,98	-22,98	-23,00	-22,98	-22,99	-22,95	-22,99	-23,00	-22,96	-22,99
90	-20,96	-20,96	-20,95	-20,94	-20,91	-20,93	-20,91	-20,92	-20,91	-20,90	-20,91	-20,89	-20,92	-20,90	-20,91	-20,93	-20,92
125	-19,44	-19,44	-19,43	-19,42	-19,41	-19,41	-19,41	-19,41	-19,41	-19,41	-19,41	-19,41	-19,41	-19,40	-19,41	-19,41	-19,42
180	-19,26	-19,27	-19,26	-19,26	-19,24	-19,25	-19,25	-19,25	-19,24	-19,25	-19,25	-19,25	-19,25	-19,25	-19,24	-19,26	-19,25
250	-18,82	-18,83	-18,83	-18,82	-18,80	-18,80	-18,82	-18,81	-18,81	-18,82	-18,82	-18,82	-18,82	-18,81	-18,82	-18,82	-18,83
375	-18,07	-18,06	-18,02	-18,01	-18,00	-17,99	-17,98	-17,99	-17,98	-17,98	-17,98	-17,98	-17,96	-17,97	-17,97	-17,98	-17,99
500	-17,43	-17,43	-17,40	-17,39	-17,38	-17,38	-17,38	-17,38	-17,37	-17,38	-17,37	-17,36	-17,37	-17,37	-17,38	-17,39	-17,39
700	-17,44	-17,45	-17,43	-17,42	-17,41	-17,42	-17,43	-17,42	-17,41	-17,42	-17,41	-17,42	-17,42	-17,42	-17,42	-17,44	-17,44
1000	-17,89	-17,88	-17,82	-17,82	-17,80	-17,80	-17,81	-17,80	-17,78	-17,80	-17,78	-17,77	-17,78	-17,77	-17,77	-17,81	-17,81
1300	-19,22	-19,18	-19,06	-19,04	-19,02	-19,00	-18,99	-19,01	-18,97	-18,97	-18,95	-18,92	-18,94	-18,93	-18,94	-18,99	-18,99
2000	-19,62	-19,56	-19,39	-19,37	-19,33	-19,31	-19,33	-19,34	-19,25	-19,28	-19,20	-19,19	-19,23	-19,19	-19,16	-19,28	-19,27
2800	-19,45	-19,47	-19,50	-19,47	-19,46	-19,45	-19,65	-19,54	-19,37	-19,60	-19,33	-19,49	-19,51	-19,36	-19,25	-19,46	-19,43
4000	-20,33	-20,33	-20,29	-20,22	-20,18	-20,14	-20,48	-20,28	-19,93	-20,34	-19,79	-20,07	-20,12	-19,80	-19,58	-19,98	-19,91
6300	-22,47	-22,57	-22,29	-22,13	-21,89	-21,77	-22,11	-21,89	-21,02	-21,43	-20,49	-20,76	-21,00	-20,30	-19,82	-20,64	-20,64
8000	-23,03	-23,02	-22,86	-22,58	-22,40	-21,94	-22,93	-22,62	-21,02	-22,13	-20,66	-21,28	-21,65	-20,60	-19,74	-20,93	-20,85
10000	-24,77	-24,00	-23,12	-22,61	-22,21	-21,78	-23,22	-22,16	-20,34	-22,14	-19,18	-20,57	-20,71	-19,07	-17,79	-20,15	-19,69
12500	-26,24	-26,20	-25,14	-24,67	-23,96	-22,98	-24,39	-23,64	-21,06	-22,78	-19,68	-21,12	-21,67	-19,48	-17,71	-20,30	-20,59
14000	-27,36	-27,14	-26,08	-25,22	-24,74	-23,18	-24,87	-24,09	-20,85	-23,51	-19,61	-21,90	-21,66	-19,68	-17,38	-20,85	-20,35
16000	-28,73	-28,40	-27,21	-26,33	-25,62	-24,23	-25,37	-24,19	-21,68	-24,21	-19,31	-22,03	-22,14	-19,55	-16,62	-21,32	-20,48
18000	-29,56	-29,74	-28,77	-27,81	-27,03	-24,69	-25,83	-25,21	-21,56	-24,66	-20,62	-22,80	-22,97	-20,85	-17,57	-21,94	-21,41
20000	-31,63	-31,42	-30,41	-29,00	-28,38	-25,76	-26,70	-25,88	-22,48	-25,19	-20,87	-23,53	-23,51	-21,45	-17,31	-22,59	-21,40

Studer n. 1 - Batteria TRB - TRB REC 90

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-31,62	-31,91	-31,88	-31,75	-31,70	-31,97	-31,72	-31,69	-31,84	-31,69	-31,69	-31,74	-31,77	-31,76	-31,82	-31,79	-31,81
31,5	-26,35	-26,28	-26,27	-26,30	-26,28	-26,37	-26,21	-26,22	-26,30	-26,17	-26,22	-26,24	-26,13	-26,25	-26,18	-26,36	-26,32
40	-26,35	-26,28	-26,27	-26,30	-26,28	-26,37	-26,21	-26,22	-26,30	-26,17	-26,22	-26,24	-26,13	-26,25	-26,18	-26,36	-26,32
63	-23,02	-22,99	-23,00	-23,00	-22,98	-22,98	-22,97	-23,00	-22,96	-22,95	-22,95	-22,99	-22,99	-22,98	-22,97	-22,96	-22,96
90	-20,95	-20,96	-20,93	-20,91	-20,91	-20,90	-20,91	-20,89	-20,90	-20,90	-20,91	-20,89	-20,88	-20,90	-20,90	-20,91	-20,92
125	-19,43	-19,43	-19,42	-19,41	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,39	-19,39	-19,40	-19,39	-19,39	-19,40	-19,41	-19,41
180	-19,25	-19,26	-19,25	-19,25	-19,23	-19,23	-19,23	-19,24	-19,23	-19,23	-19,23	-19,24	-19,22	-19,23	-19,25	-19,24	-19,25
250	-18,81	-18,82	-18,83	-18,82	-18,80	-18,80	-18,81	-18,81	-18,81	-18,81	-18,81	-18,81	-18,81	-18,79	-18,80	-18,82	-18,83
375	-18,05	-18,04	-18,00	-17,99	-17,98	-17,97	-17,97	-17,97	-17,96	-17,95	-17,96	-17,95	-17,95	-17,97	-17,97	-17,97	-17,98
500	-17,41	-17,41	-17,39	-17,38	-17,37	-17,36	-17,37	-17,36	-17,36	-17,35	-17,36	-17,35	-17,35	-17,36	-17,37	-17,37	-17,38
700	-17,40	-17,42	-17,41	-17,40	-17,39	-17,39	-17,39	-17,39	-17,39	-17,39	-17,39	-17,39	-17,39	-17,38	-17,39	-17,41	-17,41
1000	-17,83	-17,83	-17,78	-17,76	-17,77	-17,74	-17,75	-17,73	-17,73	-17,73	-17,74	-17,73	-17,73	-17,74	-17,75	-17,76	-17,75
1300	-19,11	-19,09	-18,95	-18,94	-18,97	-18,92	-18,92	-18,89	-18,88	-18,86	-18,90	-18,86	-18,87	-18,89	-18,88	-18,90	-18,89
2000	-19,38	-19,37	-19,20	-19,17	-19,21	-19,13	-19,14	-19,08	-19,07	-19,05	-19,09	-19,06	-19,05	-19,06	-19,07	-19,09	-19,06
2800	-19,03	-19,21	-19,27	-19,18	-19,21	-19,13	-19,19	-19,14	-19,12	-19,15	-19,07	-19,19	-19,07	-18,98	-19,11	-19,16	-19,07
4000	-19,55	-19,86	-19,87	-19,70	-19,78	-19,57	-19,67	-19,53	-19,50	-19,52	-19,40	-19,57	-19,35	-19,16	-19,38	-19,44	-19,26
6300	-21,07	-21,75	-21,37	-20,97	-21,12	-20,61	-20,67	-20,17	-20,13	-19,98	-19,99	-19,92	-19,70	-19,37	-19,58	-19,66	-19,28
8000	-20,95	-21,93	-21,78	-21,38	-21,62	-20,67	-20,92	-20,52	-20,30	-20,21	-19,88	-20,21	-19,76	-18,93	-19,72	-19,58	-19,24
10000	-21,38	-22,53	-21,99	-20,96	-21,38	-19,87	-20,52	-19,35	-19,22	-19,10	-18,65	-19,40	-18,30	-17,15	-18,18	-18,41	-17,50
12500	-22,65	-24,33	-23,32	-22,16	-22,21	-21,03	-21,61	-19,94	-19,81	-19,62	-19,46	-19,58	-18,77	-17,35	-18,46	-18,60	-17,55
14000	-23,06	-24,88	-23,91	-22,94	-22,96	-20,67	-21,89	-20,26	-19,82	-19,42	-18,97	-20,31	-18,82	-16,63	-18,50	-18,43	-17,65
16000	-24,73	-26,20	-24,73	-23,34	-23,74	-21,09	-22,72	-20,28	-19,96	-19,68	-19,25	-20,89	-18,86	-16,23	-18,30	-18,39	-17,28
18000	-25,69	-27,55	-25,62	-24,32	-24,26	-22,37	-23,41	-21,36	-21,01	-20,17	-20,06	-21,25	-20,18	-17,35	-19,36	-19,02	-18,10
20000	-27,13	-28,89	-26,63	-25,77	-25,26	-22,59	-23,77	-22,16	-21,45	-20,57	-20,35	-21,99	-20,67	-16,80	-19,31	-19,17	-18,61

Studer n. 1 - Batteria TRB - TRB REC A0

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-31,60	-31,70	-31,60	-31,70	-31,70	-31,80	-31,90	-31,90	-31,70	-31,70	-31,90	-31,80	-31,90	-31,60	-31,70	-31,70	-31,80
31,5	-26,30	-26,30	-26,30	-26,20	-26,10	-26,40	-26,30	-26,40	-26,20	-26,30	-26,20	-26,40	-26,30	-26,30	-26,20	-26,30	-26,40
40	-26,30	-26,30	-26,30	-26,20	-26,10	-26,40	-26,30	-26,40	-26,20	-26,30	-26,20	-26,40	-26,30	-26,30	-26,20	-26,30	-26,40
63	-23,00	-23,00	-23,00	-23,00	-23,00	-23,00	-23,00	-23,00	-22,90	-23,00	-23,00	-22,90	-22,90	-22,90	-23,00	-23,00	-23,00
90	-21,00	-21,00	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90
125	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40
180	-19,30	-19,30	-19,30	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20
250	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80
375	-18,00	-18,00	-18,00	-18,00	-18,00	-18,00	-18,00	-18,00	-18,00	-18,00	-18,00	-18,00	-17,90	-18,00	-18,00	-18,00	-18,00
500	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,30	-17,40	-17,40	-17,40	-17,30	-17,30	-17,30	-17,40	-17,40	-17,40
700	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40
1000	-17,80	-17,80	-17,80	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70
1300	-19,10	-19,00	-19,00	-18,90	-18,90	-18,90	-18,90	-18,80	-18,90	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,90	-18,80	-18,80	-18,80
2000	-19,30	-19,30	-19,20	-19,10	-19,10	-19,00	-19,10	-19,00	-19,10	-19,00	-19,00	-18,90	-18,90	-19,00	-18,90	-18,90	-18,90
2800	-18,90	-19,00	-19,00	-18,90	-19,00	-19,00	-19,10	-18,90	-19,00	-18,90	-18,90	-18,90	-18,80	-18,90	-18,90	-18,90	-18,70
4000	-19,50	-19,50	-19,50	-19,30	-19,40	-19,50	-19,50	-19,20	-19,30	-19,10	-19,20	-19,00	-18,90	-19,20	-19,00	-19,00	-18,70
6300	-21,10	-21,10	-21,00	-20,40	-20,40	-20,50	-20,40	-19,70	-20,30	-19,40	-19,50	-19,00	-18,60	-19,40	-19,00	-18,70	-18,10
8000	-21,40	-21,30	-21,40	-20,70	-21,00	-21,00	-21,10	-20,00	-20,20	-19,60	-19,90	-19,00	-18,60	-19,80	-19,20	-18,50	-17,80
10000	-22,80	-22,00	-21,80	-20,40	-20,70	-20,70	-21,10	-19,00	-19,80	-18,60	-18,80	-17,80	-16,90	-18,40	-17,70	-17,40	-15,50
12500	-24,20	-23,80	-23,40	-21,60	-21,60	-22,30	-21,50	-20,10	-20,60	-18,80	-19,20	-17,70	-16,80	-18,90	-18,00	-17,00	-15,10
14000	-25,90	-24,50	-24,40	-22,50	-22,20	-22,40	-21,90	-20,30	-20,60	-19,50	-20,10	-18,00	-16,90	-19,20	-18,80	-17,10	-14,80
16000	-27,10	-25,90	-25,40	-23,40	-22,50	-23,20	-22,50	-20,90	-21,40	-19,50	-19,80	-18,20	-16,50	-18,60	-18,50	-17,20	-13,90
18000	-28,60	-26,90	-26,50	-23,90	-23,00	-24,20	-23,00	-22,40	-21,40	-20,20	-20,30	-18,40	-17,40	-19,10	-19,00	-17,20	-14,80
20000	-30,40	-28,20	-27,50	-24,50	-23,90	-24,90	-23,50	-23,00	-22,10	-21,00	-21,20	-18,50	-17,50	-19,10	-19,20	-17,80	-14,70



Studer n. 1 - Batteria TRB - TRB REC B0

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-31,70	-31,70	-31,80	-31,60	-31,60	-31,70	-31,90	-31,80	-31,50	-31,90	-31,70	-31,50	-31,60	-31,40	-31,80	-31,60	-31,50
31,5	-26,20	-26,30	-26,40	-26,30	-26,30	-26,40	-26,20	-26,20	-26,20	-26,20	-26,20	-26,10	-26,30	-26,30	-26,30	-26,20	-26,30
40	-26,20	-26,30	-26,40	-26,30	-26,30	-26,40	-26,20	-26,20	-26,20	-26,20	-26,20	-26,10	-26,30	-26,30	-26,30	-26,20	-26,30
63	-23,00	-23,00	-23,00	-22,90	-23,00	-23,00	-23,00	-23,00	-23,00	-23,00	-22,90	-22,90	-22,90	-23,10	-23,00	-22,90	-22,90
90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-21,10	-20,90	-20,90	-20,90
125	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,60	-19,40	-19,40	-19,40
180	-19,30	-19,30	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,30	-19,20	-19,30	-19,20
250	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80
375	-18,00	-18,00	-18,00	-18,00	-18,00	-18,00	-18,00	-18,00	-18,00	-17,90	-18,00	-17,90	-17,90	-18,10	-18,00	-18,00	-18,00
500	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,30	-17,30	-17,30	-17,30	-17,30	-17,30	-17,30	-17,30	-17,30	-17,50	-17,30	-17,40	-17,30
700	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,40	-17,60	-17,40	-17,40	-17,40
1000	-17,80	-17,80	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70	-17,90	-17,70	-17,80	-17,70
1300	-19,10	-19,00	-18,90	-18,90	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,70	-18,70	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80
2000	-19,20	-19,20	-18,90	-19,00	-18,90	-18,90	-18,90	-18,80	-18,90	-18,80	-18,90	-18,80	-18,70	-19,00	-18,80	-18,80	-18,80
2800	-18,50	-18,70	-18,60	-18,60	-18,50	-18,70	-18,60	-18,60	-18,70	-18,60	-18,60	-18,60	-18,40	-18,70	-18,50	-18,50	-18,40
4000	-18,80	-19,10	-18,80	-18,80	-18,60	-18,80	-18,70	-18,60	-18,80	-18,70	-18,60	-18,60	-18,30	-18,70	-18,40	-18,30	-18,10
6300	-19,80	-20,70	-19,70	-20,00	-19,20	-19,30	-19,30	-18,70	-19,10	-18,60	-18,90	-18,30	-17,80	-18,40	-18,20	-17,70	-17,40
8000	-19,70	-21,00	-19,40	-19,80	-18,80	-19,70	-19,00	-18,60	-19,40	-18,60	-18,80	-18,30	-17,30	-18,10	-17,90	-17,00	-16,60
10000	-20,40	-21,60	-19,20	-19,60	-18,00	-18,90	-18,40	-17,20	-18,50	-17,50	-17,50	-17,10	-15,30	-16,60	-16,20	-15,20	-14,30
12500	-21,70	-22,80	-20,30	-21,20	-19,00	-19,50	-19,20	-18,00	-19,10	-17,70	-18,30	-16,90	-15,10	-17,20	-16,50	-14,70	-14,00
14000	-22,50	-23,60	-20,60	-21,40	-18,70	-20,40	-19,30	-17,80	-19,80	-17,80	-18,20	-17,50	-14,50	-16,90	-16,60	-14,30	-13,20
16000	-24,40	-24,80	-21,50	-22,50	-19,30	-20,60	-19,70	-18,00	-19,90	-18,00	-18,20	-17,40	-14,10	-16,90	-16,50	-13,80	-12,50
18000	-25,70	-26,00	-22,60	-23,70	-20,40	-21,00	-20,50	-19,70	-20,30	-18,30	-19,60	-17,60	-14,90	-18,10	-17,50	-14,00	-13,50
20000	-27,10	-27,10	-23,50	-24,90	-21,30	-22,30	-21,30	-20,10	-20,90	-19,10	-19,40	-18,50	-14,60	-18,30	-18,10	-14,10	-12,90

Studer n. 1 - Batteria TRB - TRB REC C0

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-31,70	-31,80	-31,70	-31,70	-31,80	-31,70	-31,60	-31,80	-31,60	-31,60	-31,60	-31,70	-31,76	-31,66	-31,62	-31,73	-31,81
31,5	-26,30	-26,40	-26,20	-26,20	-26,20	-26,40	-26,20	-26,20	-26,40	-26,30	-26,30	-26,30	-26,11	-26,14	-26,25	-26,22	-26,15
40	-26,30	-26,40	-26,20	-26,20	-26,20	-26,40	-26,20	-26,20	-26,40	-26,30	-26,30	-26,30	-26,11	-26,14	-26,25	-26,22	-26,15
63	-23,00	-23,00	-23,00	-23,00	-22,90	-22,90	-22,90	-22,90	-22,90	-22,90	-22,90	-22,90	-22,91	-22,94	-22,96	-22,93	-22,94
90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,90	-20,87	-20,87	-20,87	-20,90	-20,88
125	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,40	-19,36	-19,37	-19,37	-19,38	-19,38
180	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,22	-19,22	-19,23	-19,23	-19,23
250	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,78	-18,78	-18,79	-18,80	-18,79
375	-18,00	-18,00	-18,00	-18,00	-17,90	-17,90	-17,90	-17,90	-17,90	-17,90	-17,90	-17,90	-17,91	-17,93	-17,94	-17,95	-17,95
500	-17,40	-17,40	-17,30	-17,30	-17,30	-17,30	-17,30	-17,30	-17,30	-17,30	-17,30	-17,30	-17,30	-17,31	-17,32	-17,33	-17,32
700	-17,40	-17,40	-17,30	-17,30	-17,30	-17,30	-17,30	-17,30	-17,30	-17,30	-17,30	-17,30	-17,33	-17,35	-17,35	-17,36	-17,35
1000	-17,70	-17,80	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70	-17,70	-17,60	-17,60	-17,60	-17,60	-17,61	-17,64	-17,65	-17,66	-17,66
1300	-18,90	-19,00	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,70	-18,80	-18,70	-18,70	-18,70	-18,70	-18,65	-18,70	-18,73	-18,74	-18,74
2000	-19,00	-19,10	-18,80	-18,80	-18,80	-18,80	-18,70	-18,70	-18,70	-18,70	-18,70	-18,70	-18,58	-18,65	-18,68	-18,67	-18,68
2800	-18,20	-18,30	-18,30	-18,40	-18,30	-18,40	-18,40	-18,30	-18,40	-18,30	-18,40	-18,30	-18,29	-18,28	-18,25	-18,16	-18,16
4000	-18,20	-18,50	-18,20	-18,40	-18,20	-18,40	-18,40	-18,20	-18,30	-18,20	-18,20	-18,20	-18,06	-18,05	-17,98	-17,79	-17,78
6300	-18,90	-19,40	-18,90	-19,20	-18,60	-18,70	-18,50	-18,40	-18,10	-17,80	-17,90	-17,80	-17,26	-17,36	-17,40	-17,01	-17,06
8000	-18,50	-19,50	-18,40	-19,00	-18,20	-19,10	-18,40	-18,10	-18,10	-17,70	-18,10	-17,80	-17,04	-17,16	-17,09	-16,13	-16,19
10000	-19,00	-20,40	-18,10	-18,70	-17,50	-18,40	-17,70	-17,00	-17,30	-16,50	-16,80	-16,40	-15,56	-15,58	-15,36	-14,28	-14,30
12500	-20,10	-21,90	-19,00	-20,10	-18,40	-18,80	-18,40	-18,60	-17,20	-16,60	-17,00	-16,90	-15,40	-15,15	-15,39	-13,95	-14,34
14000	-20,90	-22,80	-19,20	-20,40	-18,70	-19,20	-18,60	-18,20	-17,70	-16,90	-17,90	-16,90	-15,85	-15,65	-15,75	-13,57	-13,80
16000	-22,80	-23,80	-20,50	-21,90	-19,20	-19,60	-19,10	-19,10	-18,30	-17,10	-17,70	-17,10	-15,89	-15,44	-15,51	-13,28	-13,74
18000	-24,00	-24,70	-21,10	-22,40	-19,70	-20,40	-19,90	-19,80	-18,70	-17,40	-18,10	-17,90	-15,93	-15,43	-16,06	-13,74	-14,70
20000	-26,00	-25,90	-22,70	-23,50	-20,40	-21,10	-20,60	-19,10	-19,50	-17,80	-18,70	-18,00	-16,36	-16,12	-16,70	-14,20	-14,98

Studer n. 1 - Batteria TRB - TRB REC D0

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-31,71	-31,86	-31,50	-31,72	-31,80	-31,31	-31,72	-31,65	-31,68	-31,68	-31,69	-31,63	-31,67	-32,11	-31,85	-31,77	-31,44
31,5	-26,31	-26,24	-26,33	-26,25	-26,19	-26,38	-26,15	-26,29	-26,17	-26,17	-26,24	-26,17	-26,14	-25,95	-26,18	-26,24	-26,34
40	-26,31	-26,24	-26,33	-26,25	-26,19	-26,38	-26,15	-26,29	-26,17	-26,17	-26,24	-26,17	-26,14	-25,95	-26,18	-26,24	-26,34
63	-22,96	-22,96	-22,97	-22,94	-22,94	-22,94	-22,92	-22,95	-22,94	-22,92	-22,91	-22,92	-22,93	-23,00	-22,92	-22,95	-22,95
90	-20,92	-20,92	-20,88	-20,89	-20,87	-20,87	-20,88	-20,87	-20,87	-20,87	-20,87	-20,87	-20,86	-20,86	-20,92	-20,88	-20,87
125	-19,40	-19,40	-19,38	-19,37	-19,37	-19,36	-19,36	-19,37	-19,37	-19,36	-19,35	-19,36	-19,36	-19,37	-19,37	-19,37	-19,37
180	-19,22	-19,23	-19,21	-19,21	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,21	-19,20	-19,20	-19,20	-19,20	-19,39	-19,21	-19,21
250	-18,77	-18,78	-18,77	-18,76	-18,75	-18,76	-18,76	-18,76	-18,76	-18,77	-18,77	-18,77	-18,76	-18,77	-18,83	-18,78	-18,77
375	-18,00	-18,00	-17,95	-17,94	-17,94	-17,94	-17,93	-17,93	-17,92	-17,92	-17,91	-17,91	-17,90	-18,06	-17,93	-17,94	-17,93
500	-17,35	-17,35	-17,32	-17,31	-17,30	-17,31	-17,30	-17,30	-17,30	-17,29	-17,29	-17,28	-17,28	-17,36	-17,30	-17,31	-17,31
700	-17,34	-17,35	-17,33	-17,32	-17,32	-17,33	-17,32	-17,32	-17,32	-17,32	-17,32	-17,32	-17,32	-17,32	-17,53	-17,33	-17,34
1000	-17,69	-17,70	-17,64	-17,63	-17,62	-17,63	-17,62	-17,61	-17,61	-17,60	-17,59	-17,60	-17,59	-17,79	-17,61	-17,62	-17,62
1300	-18,88	-18,87	-18,74	-18,72	-18,72	-18,72	-18,70	-18,68	-18,66	-18,65	-18,62	-18,64	-18,61	-18,74	-18,66	-18,67	-18,66
2000	-18,82	-18,82	-18,66	-18,63	-18,61	-18,62	-18,61	-18,57	-18,53	-18,53	-18,48	-18,52	-18,47	-18,54	-18,52	-18,53	-18,52
2800	-17,91	-18,01	-18,02	-18,03	-17,95	-17,99	-18,02	-18,03	-17,98	-18,01	-17,99	-18,06	-18,01	-17,94	-17,88	-17,90	-17,95
4000	-17,74	-17,91	-17,86	-17,86	-17,71	-17,76	-17,79	-17,76	-17,65	-17,71	-17,63	-17,77	-17,65	-17,41	-17,38	-17,41	-17,48
6300	-18,16	-18,41	-18,23	-18,23	-17,86	-17,91	-17,68	-17,46	-17,11	-17,13	-16,77	-17,22	-16,66	-16,55	-16,42	-16,39	-16,36
8000	-17,71	-18,14	-17,83	-17,91	-17,29	-17,36	-17,30	-17,37	-16,69	-16,92	-16,64	-17,19	-16,36	-15,69	-15,71	-15,52	-15,91
10000	-17,95	-18,78	-17,51	-17,44	-16,48	-16,67	-16,55	-16,04	-15,37	-15,79	-15,01	-15,87	-15,16	-13,89	-13,77	-13,92	-14,18
12500	-18,96	-19,61	-18,67	-18,86	-17,61	-17,56	-16,91	-16,59	-15,66	-15,78	-14,84	-16,75	-14,69	-13,51	-13,71	-13,67	-13,52
14000	-19,65	-21,00	-18,98	-19,07	-17,43	-17,58	-17,25	-16,96	-15,32	-16,02	-15,62	-16,38	-14,79	-13,15	-13,52	-13,35	-13,76
16000	-21,43	-21,51	-20,21	-20,57	-18,49	-18,51	-17,48	-16,96	-15,56	-15,98	-15,22	-17,08	-14,61	-12,82	-13,36	-13,30	-13,87
18000	-22,50	-22,72	-21,49	-21,52	-19,57	-19,30	-17,71	-17,80	-16,01	-16,46	-15,67	-16,91	-14,82	-13,37	-14,31	-13,37	-13,65
20000	-24,17	-23,96	-22,58	-22,40	-20,95	-20,37	-18,21	-18,83	-16,36	-16,24	-16,53	-17,66	-15,07	-13,33	-15,00	-13,20	-13,79

Studer n. 1 - Batteria TRB - TRB REC E0

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-31,48	-31,84	-31,56	-31,51	-31,94	-31,49	-31,80	-31,56	-31,65	-31,66	-31,65	-31,62	-31,72	-31,85	-31,56	-31,60	-31,65
31,5	-26,23	-26,23	-26,24	-26,21	-26,17	-26,18	-26,26	-26,17	-26,31	-26,12	-26,18	-26,28	-26,22	-26,33	-26,31	-26,27	-26,32
40	-26,23	-26,23	-26,24	-26,21	-26,17	-26,18	-26,26	-26,17	-26,31	-26,12	-26,18	-26,28	-26,22	-26,33	-26,31	-26,27	-26,32
63	-22,94	-22,98	-22,95	-22,91	-22,92	-22,91	-22,90	-22,90	-22,91	-22,89	-22,89	-22,91	-22,89	-22,92	-22,93	-22,90	-22,89
90	-20,91	-20,89	-20,87	-20,87	-20,87	-20,86	-20,86	-20,86	-20,85	-20,86	-20,86	-20,84	-20,86	-20,86	-20,85	-20,86	-20,87
125	-19,39	-19,39	-19,37	-19,36	-19,37	-19,37	-19,36	-19,36	-19,36	-19,35	-19,35	-19,35	-19,35	-19,36	-19,36	-19,37	-19,36
180	-19,21	-19,21	-19,19	-19,18	-19,20	-19,19	-19,18	-19,19	-19,19	-19,18	-19,18	-19,17	-19,18	-19,21	-19,19	-19,20	-19,19
250	-18,76	-18,76	-18,76	-18,75	-18,75	-18,76	-18,76	-18,76	-18,76	-18,76	-18,75	-18,75	-18,75	-18,76	-18,77	-18,77	-18,77
375	-17,98	-17,99	-17,94	-17,93	-17,91	-17,91	-17,90	-17,92	-17,90	-17,90	-17,91	-17,89	-17,89	-17,91	-17,91	-17,92	-17,91
500	-17,32	-17,33	-17,30	-17,29	-17,28	-17,28	-17,27	-17,28	-17,27	-17,27	-17,28	-17,26	-17,26	-17,28	-17,29	-17,29	-17,28
700	-17,32	-17,34	-17,31	-17,30	-17,31	-17,31	-17,30	-17,30	-17,31	-17,30	-17,31	-17,29	-17,30	-17,33	-17,32	-17,31	-17,31
1000	-17,66	-17,69	-17,61	-17,60	-17,58	-17,59	-17,57	-17,57	-17,58	-17,56	-17,59	-17,56	-17,56	-17,59	-17,59	-17,57	-17,58
1300	-18,81	-18,85	-18,70	-18,68	-18,62	-18,63	-18,61	-18,62	-18,60	-18,58	-18,64	-18,59	-18,58	-18,59	-18,62	-18,59	-18,59
2000	-18,67	-18,76	-18,53	-18,53	-18,44	-18,49	-18,43	-18,42	-18,44	-18,36	-18,48	-18,38	-18,36	-18,42	-18,43	-18,35	-18,36
2800	-17,66	-17,78	-17,66	-17,71	-17,78	-17,88	-17,80	-17,64	-17,86	-17,67	-17,78	-17,66	-17,62	-17,82	-17,70	-17,55	-17,57
4000	-17,38	-17,62	-17,30	-17,38	-17,45	-17,64	-17,45	-17,15	-17,53	-17,16	-17,40	-17,13	-17,03	-17,38	-17,16	-16,84	-16,87
6300	-17,72	-17,88	-17,40	-17,53	-17,15	-17,68	-17,00	-16,52	-17,17	-16,12	-17,01	-16,18	-15,84	-16,57	-16,17	-15,29	-15,38
8000	-17,37	-17,82	-16,75	-17,15	-17,22	-17,65	-16,96	-16,07	-16,85	-15,82	-16,68	-15,86	-15,19	-16,39	-15,71	-14,40	-14,55
10000	-17,79	-18,95	-16,28	-16,65	-16,52	-17,40	-16,17	-14,61	-16,27	-14,34	-15,67	-14,12	-13,61	-15,17	-14,23	-12,27	-12,55
12500	-19,16	-19,31	-17,17	-18,07	-17,47	-18,15	-16,89	-15,18	-16,24	-14,12	-16,19	-14,33	-13,38	-15,32	-14,47	-11,56	-12,07
14000	-20,18	-20,24	-17,46	-18,31	-18,15	-18,69	-17,15	-15,16	-16,51	-14,51	-15,74	-14,39	-13,18	-15,11	-14,31	-11,15	-11,93
16000	-22,22	-21,19	-18,47	-19,15	-19,15	-18,99	-17,73	-15,48	-16,57	-14,62	-15,95	-14,29	-13,50	-15,35	-14,49	-10,76	-11,92
18000	-23,56	-22,34	-19,49	-20,57	-19,87	-19,67	-18,50	-16,96	-16,60	-14,96	-15,61	-15,25	-13,41	-15,33	-14,64	-11,03	-12,19
20000	-24,94	-23,65	-20,77	-21,36	-20,41	-20,41	-18,75	-17,25	-17,41	-15,49	-15,72	-15,62	-13,82	-15,77	-14,94	-11,12	-12,13

Studer n. 1 - Batteria TRB - TRB REC F0

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-31,48	-31,63	-31,73	-31,44	-31,75	-31,73	-31,34	-31,51	-31,63	-31,59	-31,69	-31,63	-31,52	-31,68	-31,53	-31,68	-31,72
31,5	-26,19	-26,27	-26,15	-26,20	-26,18	-26,26	-26,24	-26,21	-26,10	-26,22	-26,30	-26,10	-26,15	-26,16	-26,25	-26,29	-26,19
40	-26,19	-26,27	-26,15	-26,20	-26,18	-26,26	-26,24	-26,21	-26,10	-26,22	-26,30	-26,10	-26,15	-26,16	-26,25	-26,29	-26,19
63	-22,92	-22,92	-22,93	-22,89	-22,87	-22,90	-22,92	-22,90	-22,91	-22,86	-22,90	-22,86	-22,86	-22,90	-22,89	-22,89	-22,89
90	-20,88	-20,87	-20,84	-20,85	-20,84	-20,83	-20,82	-20,82	-20,81	-20,83	-20,82	-20,83	-20,83	-20,82	-20,83	-20,83	-20,82
125	-19,35	-19,35	-19,33	-19,32	-19,32	-19,32	-19,32	-19,32	-19,31	-19,31	-19,32	-19,31	-19,31	-19,31	-19,32	-19,33	-19,33
180	-19,17	-19,18	-19,16	-19,15	-19,15	-19,16	-19,16	-19,16	-19,15	-19,16	-19,15	-19,15	-19,15	-19,14	-19,16	-19,16	-19,17
250	-18,72	-18,73	-18,73	-18,71	-18,72	-18,71	-18,72	-18,72	-18,72	-18,72	-18,72	-18,72	-18,72	-18,72	-18,73	-18,73	-18,74
375	-17,96	-17,96	-17,90	-17,90	-17,89	-17,90	-17,89	-17,88	-17,87	-17,88	-17,88	-17,87	-17,86	-17,87	-17,89	-17,90	-17,88
500	-17,29	-17,29	-17,26	-17,25	-17,24	-17,25	-17,24	-17,24	-17,23	-17,24	-17,24	-17,23	-17,23	-17,24	-17,25	-17,26	-17,25
700	-17,29	-17,30	-17,28	-17,27	-17,27	-17,28	-17,28	-17,28	-17,27	-17,27	-17,27	-17,27	-17,27	-17,27	-17,28	-17,28	-17,30
1000	-17,62	-17,62	-17,55	-17,56	-17,53	-17,57	-17,54	-17,53	-17,51	-17,54	-17,53	-17,50	-17,51	-17,52	-17,53	-17,56	-17,54
1300	-18,78	-18,76	-18,60	-18,62	-18,58	-18,63	-18,56	-18,55	-18,51	-18,58	-18,54	-18,49	-18,50	-18,50	-18,55	-18,59	-18,52
2000	-18,59	-18,57	-18,38	-18,42	-18,33	-18,44	-18,32	-18,31	-18,23	-18,35	-18,29	-18,20	-18,26	-18,22	-18,26	-18,34	-18,26
2800	-17,29	-17,39	-17,42	-17,47	-17,32	-17,47	-17,42	-17,43	-17,36	-17,42	-17,37	-17,31	-17,46	-17,35	-17,21	-17,31	-17,43
4000	-16,84	-16,99	-16,96	-17,09	-16,74	-17,07	-16,88	-16,90	-16,74	-16,87	-16,76	-16,58	-16,88	-16,63	-16,37	-16,57	-16,74
6300	-16,68	-17,07	-16,94	-17,32	-16,30	-16,76	-16,25	-16,11	-15,55	-16,37	-15,59	-15,11	-15,78	-15,01	-14,77	-15,45	-15,21
8000	-16,33	-16,79	-16,43	-16,95	-15,66	-16,79	-15,96	-16,11	-15,17	-15,59	-15,39	-14,83	-15,27	-14,54	-13,73	-14,30	-14,93
10000	-17,03	-17,15	-16,28	-17,00	-14,64	-16,28	-15,05	-14,92	-13,82	-14,87	-14,12	-12,86	-14,13	-13,11	-11,80	-12,98	-13,43
12500	-17,76	-18,58	-17,03	-18,16	-15,68	-16,18	-16,07	-15,23	-13,75	-14,82	-13,55	-12,64	-13,91	-12,37	-11,15	-12,59	-13,39
14000	-19,31	-19,32	-17,97	-19,08	-15,48	-16,46	-16,16	-15,95	-13,86	-15,21	-13,75	-13,18	-13,98	-12,53	-11,07	-12,68	-13,47
16000	-20,36	-20,19	-18,39	-19,50	-16,49	-16,67	-17,14	-15,94	-13,98	-15,38	-13,60	-13,00	-14,37	-12,27	-10,82	-12,46	-13,04
18000	-22,16	-20,93	-18,93	-20,61	-17,52	-17,32	-17,94	-16,55	-14,55	-15,80	-13,61	-13,69	-14,71	-12,00	-10,78	-12,33	-12,87
20000	-23,69	-22,31	-19,97	-21,62	-18,76	-17,76	-18,01	-17,23	-15,18	-16,52	-14,24	-13,70	-14,77	-12,17	-10,74	-12,66	-12,94

Studer n. 1 - Batteria TRB - TRB REC FF

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-31,82	-31,46	-31,42	-31,67	-31,45	-31,59	-31,35	-31,63	-31,61	-31,73	-31,61	-31,74	-31,49	-31,77	-31,55	-31,44	-31,51
31,5	-26,20	-26,19	-26,13	-26,12	-26,20	-26,24	-26,17	-26,10	-26,10	-26,26	-26,08	-26,19	-26,11	-26,12	-26,16	-26,08	-26,09
40	-26,20	-26,19	-26,13	-26,12	-26,20	-26,24	-26,17	-26,10	-26,10	-26,26	-26,08	-26,19	-26,11	-26,12	-26,16	-26,08	-26,09
63	-22,94	-22,92	-22,92	-22,91	-22,88	-22,88	-22,91	-22,88	-22,90	-22,87	-22,87	-22,85	-22,86	-22,90	-22,89	-22,90	-22,89
90	-20,86	-20,86	-20,83	-20,82	-20,84	-20,83	-20,81	-20,82	-20,80	-20,82	-20,81	-20,81	-20,82	-20,81	-20,81	-20,82	-20,82
125	-19,34	-19,34	-19,32	-19,32	-19,32	-19,31	-19,32	-19,32	-19,30	-19,30	-19,31	-19,31	-19,30	-19,31	-19,31	-19,32	-19,33
180	-19,17	-19,18	-19,16	-19,15	-19,16	-19,15	-19,16	-19,16	-19,16	-19,16	-19,15	-19,15	-19,15	-19,16	-19,17	-19,17	-19,17
250	-18,72	-18,73	-18,72	-18,72	-18,72	-18,73	-18,72	-18,73	-18,72	-18,72	-18,72	-18,72	-18,72	-18,72	-18,74	-18,74	-18,74
375	-17,96	-17,94	-17,91	-17,89	-17,88	-17,88	-17,87	-17,88	-17,87	-17,87	-17,87	-17,85	-17,85	-17,88	-17,87	-17,89	-17,88
500	-17,28	-17,27	-17,25	-17,23	-17,23	-17,22	-17,23	-17,22	-17,22	-17,22	-17,22	-17,20	-17,21	-17,23	-17,23	-17,24	-17,23
700	-17,27	-17,29	-17,27	-17,26	-17,26	-17,27	-17,26	-17,26	-17,26	-17,26	-17,26	-17,25	-17,26	-17,27	-17,28	-17,28	-17,28
1000	-17,60	-17,59	-17,55	-17,51	-17,51	-17,52	-17,50	-17,50	-17,51	-17,50	-17,50	-17,47	-17,49	-17,52	-17,51	-17,51	-17,51
1300	-18,74	-18,68	-18,60	-18,53	-18,53	-18,51	-18,50	-18,49	-18,50	-18,49	-18,48	-18,43	-18,44	-18,51	-18,47	-18,50	-18,47
2000	-18,49	-18,45	-18,34	-18,24	-18,22	-18,24	-18,20	-18,17	-18,20	-18,17	-18,17	-18,08	-18,12	-18,20	-18,16	-18,16	-18,13
2800	-16,93	-17,17	-17,07	-17,09	-17,04	-17,24	-17,13	-17,07	-17,12	-17,04	-17,04	-17,01	-17,12	-17,07	-17,07	-16,94	-17,00
4000	-16,27	-16,68	-16,45	-16,44	-16,31	-16,68	-16,46	-16,30	-16,42	-16,24	-16,23	-16,12	-16,32	-16,24	-16,20	-15,94	-16,03
6300	-15,56	-16,53	-16,07	-15,75	-15,37	-15,84	-15,23	-14,98	-15,18	-14,78	-14,72	-14,15	-14,46	-14,70	-14,39	-13,89	-13,81
8000	-14,96	-16,32	-15,47	-15,38	-14,81	-15,77	-15,24	-14,42	-14,97	-14,27	-14,11	-13,75	-14,12	-13,90	-13,67	-12,92	-13,02
10000	-15,18	-16,60	-14,91	-14,45	-13,46	-15,18	-13,96	-13,00	-13,71	-12,61	-12,52	-11,60	-12,55	-12,47	-11,94	-10,54	-10,88
12500	-15,39	-17,82	-15,80	-15,75	-14,22	-15,58	-13,66	-13,04	-13,94	-12,50	-12,81	-10,98	-12,02	-12,13	-11,56	-9,77	-10,06
14000	-16,35	-18,81	-16,43	-15,74	-13,99	-15,96	-14,29	-12,81	-14,39	-12,74	-12,46	-11,26	-12,26	-12,08	-11,21	-9,57	-9,77
16000	-17,65	-19,80	-17,05	-16,76	-14,33	-16,94	-14,76	-13,45	-14,63	-12,72	-13,10	-10,83	-12,08	-12,20	-11,74	-8,84	-9,70
18000	-18,72	-20,67	-17,89	-18,32	-15,98	-17,20	-14,76	-13,26	-15,40	-13,10	-13,44	-11,58	-12,32	-12,13	-11,32	-9,37	-9,44
20000	-20,39	-22,13	-18,92	-19,44	-16,17	-18,27	-15,36	-14,31	-15,70	-13,54	-14,46	-12,20	-12,41	-12,92	-12,33	-9,54	-9,97

Studer n. 1 – Batteria TRB– Pendenze medie 4-16 kHz

TRBREC->	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
00	-10,93	-10,35	-11,16	-9,07	-9,85	-9,61	-9,50	-8,39	-8,58	-7,70	-8,94	-6,84	-7,39	-7,64	-7,66	-7,03	-6,32
10	-9,49	-9,02	-8,49	-8,41	-8,27	-7,52	-7,44	-7,67	-6,58	-6,29	-7,09	-6,06	-6,01	-6,31	-5,40	-4,81	-5,30
20	-8,78	-8,35	-7,25	-7,43	-6,72	-5,80	-6,31	-5,71	-5,05	-5,88	-4,70	-5,59	-5,32	-4,61	-4,09	-4,06	-4,18
30	-7,25	-7,58	-6,86	-5,95	-6,14	-5,23	-5,46	-3,85	-4,78	-3,71	-4,24	-4,51	-3,95	-3,97	-4,08	-3,22	-2,93
40	-6,61	-6,71	-5,77	-5,29	-5,15	-4,45	-4,14	-2,85	-3,90	-2,69	-4,10	-3,88	-2,13	-2,87	-2,95	-2,47	-1,68
50	-5,59	-5,33	-5,53	-4,00	-4,45	-4,21	-3,91	-3,70	-3,60	-2,84	-3,44	-2,12	-2,39	-2,39	-2,42	-2,21	-1,34
60	-5,12	-5,10	-3,58	-3,89	-2,87	-3,30	-2,56	-2,66	-2,43	-1,76	-2,24	-2,46	-0,23	-1,17	-1,62	0,03	0,05
70	-3,90	-3,82	-3,04	-3,08	-2,23	-1,84	-2,07	-1,88	-0,90	-1,75	-0,20	-1,36	-0,98	0,66	0,44	-0,35	-0,11
80	-4,20	-4,04	-3,46	-3,05	-2,72	-2,04	-2,44	-1,96	-0,88	-1,93	0,24	-0,98	-1,01	0,12	1,48	-0,67	-0,28
90	-2,59	-3,17	-2,43	-1,82	-1,98	-0,76	-1,53	-0,37	-0,23	-0,08	0,07	-0,66	0,24	1,47	0,54	0,53	0,99
A0	-3,80	-3,20	-2,95	-2,05	-1,55	-1,85	-1,50	-0,85	-1,05	-0,20	-0,30	0,40	1,20	0,30	0,25	0,90	2,40
B0	-2,80	-2,85	-1,35	-1,85	-0,35	-0,90	-0,50	0,30	-0,55	0,35	0,20	0,60	2,10	0,90	0,95	2,25	2,80
C0	-2,30	-2,65	-1,15	-1,75	-0,50	-0,60	-0,35	-0,45	0,00	0,55	0,25	0,55	1,08	1,31	1,24	2,25	2,02
D0	-1,85	-1,80	-1,18	-1,36	-0,39	-0,37	0,15	0,40	1,04	0,86	1,20	0,35	1,52	2,29	2,01	2,05	1,80
E0	-2,42	-1,78	-0,59	-0,89	-0,85	-0,67	-0,14	0,83	0,48	1,27	0,72	1,42	1,77	1,02	1,33	3,04	2,48
F0	-1,76	-1,60	-0,72	-1,21	0,13	0,20	-0,13	0,48	1,38	0,75	1,58	1,79	1,25	2,18	2,77	2,05	1,85
FF	-0,69	-1,56	-0,30	-0,16	0,99	-0,13	0,85	1,43	0,90	1,76	1,56	2,65	2,12	2,02	2,23	3,55	3,17

In rosso i valori positivi.

Studer n. 2 - Batteria TRB - TRB REC 00

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-27,27	-27,20	-27,31	-27,20	-27,43	-27,33	-27,42	-27,25	-27,39	-27,43	-27,44	-27,36	-27,54	-27,32	-27,31	-27,44	-27,39
31,5	-21,97	-21,95	-21,98	-22,01	-21,94	-21,99	-21,88	-22,05	-22,02	-22,07	-22,02	-21,88	-22,00	-22,13	-21,99	-22,09	-21,90
40	-21,97	-21,95	-21,98	-22,01	-21,94	-21,99	-21,88	-22,05	-22,02	-22,07	-22,02	-21,88	-22,00	-22,13	-21,99	-22,09	-21,90
63	-18,50	-18,53	-18,52	-18,51	-18,51	-18,51	-18,52	-18,50	-18,50	-18,54	-18,51	-18,54	-18,51	-18,51	-18,52	-18,54	-18,51
90	-16,29	-16,29	-16,30	-16,31	-16,31	-16,31	-16,31	-16,31	-16,31	-16,30	-16,31	-16,30	-16,30	-16,32	-16,31	-16,30	-16,31
125	-14,56	-14,57	-14,58	-14,60	-14,60	-14,60	-14,61	-14,62	-14,62	-14,63	-14,63	-14,64	-14,63	-14,64	-14,64	-14,64	-14,64
180	-14,24	-14,26	-14,28	-14,30	-14,31	-14,32	-14,34	-14,35	-14,36	-14,36	-14,37	-14,38	-14,38	-14,38	-14,38	-14,38	-14,39
250	-13,70	-13,72	-13,75	-13,76	-13,78	-13,80	-13,82	-13,83	-13,84	-13,86	-13,86	-13,87	-13,88	-13,88	-13,88	-13,88	-13,89
375	-12,95	-12,95	-12,94	-12,94	-12,92	-12,92	-12,91	-12,91	-12,89	-12,90	-12,89	-12,89	-12,88	-12,89	-12,89	-12,89	-12,88
500	-12,39	-12,40	-12,40	-12,40	-12,40	-12,40	-12,40	-12,40	-12,40	-12,41	-12,40	-12,41	-12,40	-12,41	-12,40	-12,41	-12,41
700	-12,50	-12,53	-12,54	-12,55	-12,55	-12,56	-12,58	-12,59	-12,59	-12,60	-12,61	-12,61	-12,61	-12,61	-12,62	-12,62	-12,63
1000	-13,25	-13,27	-13,23	-13,22	-13,19	-13,18	-13,16	-13,15	-13,13	-13,14	-13,13	-13,13	-13,11	-13,12	-13,12	-13,13	-13,12
1300	-14,89	-14,92	-14,81	-14,76	-14,67	-14,64	-14,57	-14,52	-14,46	-14,45	-14,42	-14,41	-14,36	-14,38	-14,38	-14,39	-14,35
2000	-16,10	-16,12	-15,95	-15,85	-15,73	-15,69	-15,59	-15,52	-15,45	-15,43	-15,40	-15,37	-15,31	-15,33	-15,33	-15,34	-15,29
2800	-16,56	-16,76	-16,74	-16,74	-16,78	-16,86	-16,93	-17,02	-17,09	-17,12	-17,21	-17,18	-17,25	-17,20	-17,20	-17,20	-17,26
4000	-18,56	-18,89	-18,74	-18,66	-18,67	-18,76	-18,81	-18,93	-19,00	-19,01	-19,13	-19,05	-19,15	-19,04	-19,03	-19,01	-19,08
6300	-22,68	-23,50	-23,29	-23,02	-22,47	-22,31	-21,78	-21,56	-21,28	-21,08	-21,03	-20,70	-20,55	-20,38	-20,36	-20,32	-20,12
8000	-24,76	-25,81	-25,15	-24,76	-24,80	-25,01	-24,14	-23,76	-23,31	-23,00	-22,89	-22,37	-22,14	-21,89	-21,86	-21,79	-21,49
10000	-28,27	-29,29	-27,82	-26,66	-26,16	-26,28	-25,86	-26,00	-26,06	-25,77	-25,90	-25,12	-24,57	-24,35	-24,32	-24,21	-23,65
12500	-31,72	-33,61	-32,12	-31,09	-30,15	-29,96	-28,59	-28,31	-27,84	-27,30	-27,38	-26,45	-26,44	-25,74	-25,74	-25,72	-25,40
14000	-34,45	-36,02	-34,08	-32,19	-31,62	-31,99	-31,19	-30,56	-29,68	-29,04	-28,96	-27,72	-27,56	-26,81	-26,91	-26,87	-26,35
16000	-37,81	-40,26	-38,33	-35,05	-33,83	-34,02	-32,78	-32,92	-32,78	-32,16	-31,78	-30,17	-29,69	-29,01	-29,24	-29,11	-28,33
18000	-41,03	-42,79	-40,88	-38,27	-37,58	-37,48	-35,20	-35,00	-34,49	-33,61	-33,80	-32,47	-32,41	-31,62	-31,55	-31,79	-31,07
20000	-44,90	-46,51	-44,85	-40,56	-39,30	-39,82	-38,69	-38,04	-36,84	-35,92	-35,93	-33,99	-34,23	-32,87	-33,14	-33,36	-32,59



Studer n. 2 - Batteria TRB - TRB REC 10

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-27,22	-27,18	-27,11	-27,13	-27,35	-27,22	-27,33	-27,23	-27,42	-27,24	-27,43	-27,67	-27,13	-27,40	-27,30	-27,36	-27,43
31,5	-21,94	-21,95	-21,98	-22,00	-21,95	-22,08	-21,97	-21,94	-22,06	-22,05	-21,93	-21,86	-22,03	-21,95	-21,99	-21,99	-21,99
40	-21,94	-21,95	-21,98	-22,00	-21,95	-22,08	-21,97	-21,94	-22,06	-22,05	-21,93	-21,86	-22,03	-21,95	-21,99	-21,99	-21,99
63	-18,51	-18,54	-18,51	-18,55	-18,55	-18,55	-18,54	-18,52	-18,51	-18,52	-18,54	-18,55	-18,55	-18,54	-18,55	-18,56	-18,54
90	-16,30	-16,28	-16,31	-16,30	-16,30	-16,31	-16,30	-16,32	-16,32	-16,32	-16,31	-16,30	-16,30	-16,30	-16,30	-16,31	-16,30
125	-14,58	-14,58	-14,60	-14,61	-14,61	-14,62	-14,63	-14,63	-14,63	-14,64	-14,64	-14,65	-14,66	-14,65	-14,66	-14,66	-14,66
180	-14,25	-14,27	-14,29	-14,31	-14,32	-14,33	-14,35	-14,36	-14,36	-14,38	-14,38	-14,38	-14,39	-14,38	-14,40	-14,39	-14,40
250	-13,71	-13,73	-13,75	-13,78	-13,79	-13,81	-13,83	-13,84	-13,85	-13,87	-13,87	-13,88	-13,89	-13,88	-13,90	-13,89	-13,90
375	-12,95	-12,94	-12,94	-12,93	-12,92	-12,92	-12,90	-12,89	-12,89	-12,88	-12,89	-12,89	-12,88	-12,88	-12,88	-12,89	-12,87
500	-12,39	-12,39	-12,40	-12,41	-12,40	-12,41	-12,40	-12,40	-12,40	-12,40	-12,41	-12,42	-12,41	-12,41	-12,42	-12,42	-12,41
700	-12,51	-12,53	-12,55	-12,56	-12,56	-12,59	-12,58	-12,60	-12,60	-12,62	-12,62	-12,63	-12,63	-12,62	-12,64	-12,64	-12,64
1000	-13,25	-13,24	-13,24	-13,22	-13,20	-13,21	-13,15	-13,15	-13,15	-13,14	-13,15	-13,16	-13,13	-13,14	-13,14	-13,16	-13,13
1300	-14,92	-14,85	-14,83	-14,74	-14,68	-14,66	-14,52	-14,49	-14,49	-14,43	-14,45	-14,46	-14,38	-14,41	-14,38	-14,43	-14,34
2000	-16,10	-16,02	-16,00	-15,86	-15,79	-15,78	-15,53	-15,53	-15,51	-15,46	-15,47	-15,50	-15,35	-15,39	-15,39	-15,44	-15,32
2800	-16,63	-16,79	-16,91	-16,94	-16,99	-17,16	-17,05	-17,24	-17,22	-17,44	-17,36	-17,47	-17,35	-17,33	-17,59	-17,44	-17,52
4000	-18,70	-18,94	-19,11	-19,06	-19,10	-19,36	-19,03	-19,34	-19,29	-19,63	-19,47	-19,66	-19,36	-19,34	-19,78	-19,52	-19,58
6300	-23,15	-23,90	-24,27	-23,81	-23,40	-23,64	-21,89	-22,25	-22,01	-22,12	-21,93	-22,25	-21,04	-21,26	-21,71	-21,53	-21,04
8000	-25,47	-26,36	-26,75	-26,50	-26,68	-27,22	-24,33	-24,93	-24,53	-24,72	-24,39	-24,98	-22,99	-23,39	-24,15	-23,81	-23,02
10000	-29,16	-29,99	-30,25	-29,26	-28,99	-29,93	-27,08	-28,58	-28,09	-28,40	-28,19	-28,55	-26,01	-26,74	-27,71	-27,28	-25,83
12500	-33,36	-34,08	-34,16	-33,56	-33,24	-31,99	-29,80	-31,23	-31,03	-30,39	-30,42	-29,79	-28,42	-29,23	-28,69	-28,88	-28,57
14000	-36,06	-35,78	-35,69	-34,80	-34,50	-34,56	-32,12	-32,65	-32,09	-31,52	-31,40	-30,98	-30,07	-29,85	-29,53	-29,52	-29,19
16000	-39,59	-39,15	-38,64	-37,13	-36,71	-36,21	-34,97	-34,82	-34,48	-33,87	-33,42	-33,36	-32,06	-31,24	-31,21	-31,33	-30,58
18000	-42,21	-41,52	-41,46	-40,54	-40,03	-38,69	-36,86	-36,82	-36,17	-36,08	-35,95	-35,56	-34,03	-33,68	-33,99	-34,10	-32,71
20000	-45,33	-45,21	-44,37	-42,62	-41,94	-41,37	-39,05	-39,36	-38,28	-38,46	-37,63	-37,26	-35,33	-35,59	-35,13	-35,66	-35,02

Studer n. 2 - Batteria TRB - TRB REC 20

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-27,38	-27,17	-27,23	-27,33	-27,26	-27,13	-27,41	-27,43	-27,57	-27,42	-27,43	-27,44	-27,56	-27,25	-27,50	-27,22	-27,02
31,5	-21,87	-21,94	-21,97	-21,90	-21,97	-22,12	-22,05	-21,91	-22,01	-22,01	-22,06	-22,13	-21,85	-21,88	-21,99	-22,01	-22,14
40	-21,87	-21,94	-21,97	-21,90	-21,97	-22,12	-22,05	-21,91	-22,01	-22,01	-22,06	-22,13	-21,85	-21,88	-21,99	-22,01	-22,14
63	-18,50	-18,50	-18,50	-18,54	-18,55	-18,51	-18,54	-18,51	-18,52	-18,51	-18,50	-18,55	-18,55	-18,52	-18,54	-18,52	-18,56
90	-16,31	-16,32	-16,32	-16,31	-16,30	-16,33	-16,30	-16,32	-16,32	-16,32	-16,33	-16,32	-16,31	-16,31	-16,32	-16,31	-16,33
125	-14,58	-14,59	-14,60	-14,62	-14,62	-14,63	-14,63	-14,63	-14,65	-14,66	-14,65	-14,65	-14,65	-14,65	-14,65	-14,66	-14,66
180	-14,26	-14,28	-14,28	-14,32	-14,33	-14,34	-14,35	-14,36	-14,38	-14,39	-14,38	-14,39	-14,39	-14,39	-14,40	-14,40	-14,41
250	-13,71	-13,74	-13,75	-13,78	-13,80	-13,82	-13,84	-13,84	-13,86	-13,87	-13,88	-13,88	-13,89	-13,89	-13,89	-13,89	-13,90
375	-12,94	-12,94	-12,94	-12,93	-12,92	-12,90	-12,89	-12,89	-12,89	-12,88	-12,87	-12,88	-12,88	-12,88	-12,88	-12,88	-12,87
500	-12,38	-12,39	-12,39	-12,39	-12,39	-12,39	-12,39	-12,39	-12,39	-12,39	-12,39	-12,40	-12,40	-12,39	-12,40	-12,40	-12,40
700	-12,49	-12,51	-12,51	-12,53	-12,54	-12,56	-12,56	-12,57	-12,59	-12,60	-12,59	-12,60	-12,61	-12,61	-12,61	-12,62	-12,62
1000	-13,20	-13,19	-13,18	-13,16	-13,14	-13,12	-13,10	-13,10	-13,09	-13,09	-13,08	-13,08	-13,09	-13,08	-13,08	-13,09	-13,07
1300	-14,83	-14,77	-14,73	-14,64	-14,56	-14,49	-14,42	-14,40	-14,36	-14,34	-14,31	-14,31	-14,30	-14,29	-14,28	-14,29	-14,25
2000	-15,91	-15,81	-15,75	-15,63	-15,52	-15,43	-15,33	-15,31	-15,26	-15,22	-15,19	-15,19	-15,18	-15,16	-15,15	-15,15	-15,10
2800	-16,29	-16,37	-16,38	-16,49	-16,57	-16,69	-16,77	-16,82	-16,90	-16,96	-17,01	-17,01	-17,04	-17,00	-17,05	-17,03	-17,10
4000	-18,05	-18,09	-18,06	-18,17	-18,24	-18,39	-18,46	-18,51	-18,61	-18,68	-18,75	-18,71	-18,73	-18,66	-18,71	-18,66	-18,75
6300	-21,65	-21,86	-21,85	-21,66	-21,21	-20,83	-20,39	-20,26	-20,05	-19,88	-19,80	-19,63	-19,54	-19,36	-19,28	-19,19	-18,99
8000	-23,14	-23,15	-22,97	-23,27	-23,41	-22,76	-22,04	-21,84	-21,48	-21,20	-21,07	-20,80	-20,64	-20,39	-20,24	-20,12	-19,81
10000	-25,78	-25,15	-24,57	-24,21	-24,01	-24,02	-23,85	-23,86	-23,94	-23,45	-23,14	-22,71	-22,41	-22,10	-21,78	-21,66	-21,01
12500	-28,33	-28,09	-27,59	-27,65	-26,64	-25,88	-24,87	-24,67	-24,32	-24,05	-24,15	-23,59	-23,46	-22,96	-22,90	-22,59	-22,44
14000	-30,27	-29,38	-28,46	-28,19	-28,24	-27,90	-26,33	-25,98	-25,35	-24,83	-24,81	-24,11	-23,91	-23,36	-23,18	-22,94	-22,47
16000	-32,90	-32,69	-31,22	-29,91	-29,21	-28,87	-28,27	-28,35	-27,52	-26,63	-26,41	-25,54	-25,19	-24,62	-24,26	-24,12	-23,19
18000	-35,01	-33,90	-32,66	-32,56	-31,63	-30,49	-28,95	-28,85	-28,49	-28,19	-28,76	-27,79	-27,20	-26,73	-26,11	-26,12	-24,69
20000	-38,07	-36,78	-34,90	-33,74	-33,39	-33,24	-30,80	-30,48	-29,69	-29,04	-29,46	-28,31	-28,19	-27,37	-27,33	-26,90	-26,52

Studer n. 2 - Batteria TRB - TRB REC 30

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-27,38	-27,12	-27,48	-27,30	-27,45	-27,30	-27,30	-27,17	-27,27	-27,42	-27,28	-27,15	-27,10	-27,48	-27,35	-27,16	-27,16
31,5	-22,04	-21,99	-22,12	-22,02	-21,92	-22,09	-21,94	-22,05	-22,17	-22,06	-22,07	-22,09	-21,87	-22,29	-22,06	-22,15	-21,99
40	-22,04	-21,99	-22,12	-22,02	-21,92	-22,09	-21,94	-22,05	-22,17	-22,06	-22,07	-22,09	-21,87	-22,29	-22,06	-22,15	-21,99
63	-18,54	-18,54	-18,51	-18,54	-18,55	-18,53	-18,52	-18,52	-18,57	-18,52	-18,53	-18,55	-18,56	-18,72	-18,54	-18,56	-18,56
90	-16,31	-16,31	-16,32	-16,32	-16,31	-16,32	-16,32	-16,33	-16,31	-16,34	-16,32	-16,32	-16,31	-16,56	-16,32	-16,32	-16,31
125	-14,58	-14,60	-14,60	-14,61	-14,62	-14,62	-14,63	-14,64	-14,65	-14,65	-14,65	-14,65	-14,66	-14,92	-14,66	-14,67	-14,66
180	-14,27	-14,28	-14,30	-14,32	-14,33	-14,35	-14,36	-14,38	-14,39	-14,40	-14,40	-14,40	-14,41	-14,52	-14,41	-14,42	-14,42
250	-13,73	-13,75	-13,76	-13,80	-13,80	-13,83	-13,84	-13,86	-13,88	-13,89	-13,90	-13,91	-13,91	-14,20	-13,91	-13,93	-13,92
375	-12,95	-12,95	-12,93	-12,92	-12,92	-12,91	-12,89	-12,89	-12,89	-12,88	-12,87	-12,88	-12,87	-13,08	-12,87	-12,87	-12,87
500	-12,39	-12,40	-12,39	-12,39	-12,40	-12,40	-12,39	-12,40	-12,41	-12,40	-12,40	-12,40	-12,40	-12,82	-12,40	-12,40	-12,40
700	-12,49	-12,51	-12,52	-12,54	-12,54	-12,56	-12,56	-12,58	-12,60	-12,60	-12,60	-12,61	-12,62	-12,77	-12,62	-12,63	-12,62
1000	-13,19	-13,18	-13,16	-13,13	-13,13	-13,11	-13,09	-13,09	-13,08	-13,07	-13,06	-13,07	-13,06	-13,20	-13,06	-13,06	-13,06
1300	-14,79	-14,74	-14,65	-14,56	-14,55	-14,47	-14,40	-14,36	-14,31	-14,27	-14,25	-14,24	-14,21	-14,47	-14,22	-14,19	-14,21
2000	-15,82	-15,75	-15,62	-15,48	-15,48	-15,37	-15,27	-15,22	-15,17	-15,11	-15,09	-15,08	-15,03	-15,21	-15,04	-15,00	-15,02
2800	-16,17	-16,24	-16,31	-16,42	-16,43	-16,54	-16,67	-16,76	-16,86	-16,93	-16,96	-17,00	-17,06	-17,35	-17,02	-17,12	-17,02
4000	-17,79	-17,84	-17,88	-17,98	-17,98	-18,10	-18,26	-18,38	-18,50	-18,58	-18,62	-18,66	-18,73	-18,59	-18,63	-18,51	-18,58
6300	-21,13	-21,34	-21,50	-20,83	-20,73	-20,23	-19,93	-19,75	-19,51	-19,34	-19,20	-19,12	-18,93	-19,28	-18,71	-18,64	-18,49
8000	-22,30	-22,38	-22,48	-22,78	-22,68	-21,90	-21,38	-21,08	-20,68	-20,39	-20,17	-20,05	-19,74	-20,07	-19,41	-19,29	-19,08
10000	-24,43	-24,08	-23,50	-23,06	-22,90	-22,74	-22,97	-23,19	-22,73	-22,11	-21,71	-21,44	-20,84	-21,12	-20,43	-20,07	-19,92
12500	-26,62	-26,64	-26,62	-25,56	-25,24	-24,11	-23,69	-23,50	-23,11	-22,93	-22,69	-22,69	-22,36	-22,14	-21,73	-21,83	-21,27
14000	-28,11	-27,70	-26,98	-26,66	-26,39	-25,91	-24,96	-24,49	-23,74	-23,32	-22,93	-22,86	-22,26	-22,27	-21,60	-21,68	-21,04
16000	-30,66	-30,69	-28,99	-27,48	-27,16	-26,43	-26,71	-26,61	-25,36	-24,56	-23,94	-23,74	-22,77	-22,94	-22,10	-21,91	-21,38
18000	-32,05	-31,67	-30,91	-29,88	-29,45	-27,62	-27,24	-27,25	-26,84	-26,57	-25,76	-25,32	-24,05	-24,43	-23,38	-22,87	-22,50
20000	-35,23	-34,30	-32,40	-31,00	-30,65	-30,15	-28,88	-28,49	-27,48	-27,02	-26,62	-26,87	-26,04	-25,96	-25,22	-24,51	-24,37

Studer n. 2 - Batteria TRB - TRB REC 40

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-27,04	-27,46	-27,27	-27,54	-27,42	-27,04	-27,25	-27,16	-27,48	-27,39	-27,28	-27,11	-27,16	-27,32	-27,31	-27,15	-27,32
31,5	-22,10	-21,97	-21,86	-21,90	-22,09	-22,03	-21,97	-21,92	-21,99	-21,92	-21,97	-22,13	-21,99	-21,97	-22,11	-22,00	-22,06
40	-22,10	-21,97	-21,86	-21,90	-22,09	-22,03	-21,97	-21,92	-21,99	-21,92	-21,97	-22,13	-21,99	-21,97	-22,11	-22,00	-22,06
63	-18,53	-18,52	-18,55	-18,55	-18,53	-18,53	-18,53	-18,52	-18,52	-18,52	-18,53	-18,51	-18,56	-18,54	-18,55	-18,53	-18,53
90	-16,34	-16,30	-16,30	-16,30	-16,31	-16,30	-16,30	-16,32	-16,31	-16,32	-16,32	-16,31	-16,30	-16,31	-16,30	-16,31	-16,31
125	-14,64	-14,58	-14,60	-14,61	-14,61	-14,61	-14,62	-14,63	-14,63	-14,63	-14,64	-14,65	-14,64	-14,65	-14,65	-14,64	-14,65
180	-14,25	-14,27	-14,29	-14,31	-14,32	-14,32	-14,34	-14,35	-14,36	-14,37	-14,37	-14,38	-14,39	-14,38	-14,38	-14,38	-14,39
250	-13,80	-13,73	-13,75	-13,78	-13,79	-13,80	-13,82	-13,84	-13,85	-13,86	-13,87	-13,88	-13,88	-13,88	-13,88	-13,88	-13,89
375	-12,99	-12,93	-12,93	-12,91	-12,92	-12,90	-12,90	-12,89	-12,88	-12,88	-12,88	-12,88	-12,88	-12,88	-12,88	-12,87	-12,87
500	-12,48	-12,38	-12,38	-12,38	-12,38	-12,38	-12,38	-12,39	-12,38	-12,39	-12,39	-12,39	-12,39	-12,39	-12,39	-12,39	-12,39
700	-12,47	-12,49	-12,50	-12,52	-12,53	-12,53	-12,54	-12,56	-12,56	-12,57	-12,58	-12,58	-12,59	-12,59	-12,58	-12,59	-12,60
1000	-13,19	-13,16	-13,14	-13,11	-13,11	-13,09	-13,08	-13,08	-13,06	-13,06	-13,06	-13,05	-13,05	-13,06	-13,05	-13,05	-13,04
1300	-14,80	-14,73	-14,64	-14,54	-14,53	-14,46	-14,42	-14,39	-14,31	-14,30	-14,28	-14,27	-14,25	-14,27	-14,26	-14,23	-14,22
2000	-15,84	-15,71	-15,58	-15,44	-15,42	-15,32	-15,27	-15,22	-15,13	-15,11	-15,09	-15,08	-15,04	-15,06	-15,06	-15,01	-14,99
2800	-16,07	-16,08	-16,14	-16,25	-16,28	-16,36	-16,40	-16,49	-16,60	-16,63	-16,68	-16,70	-16,76	-16,68	-16,68	-16,75	-16,74
4000	-17,70	-17,58	-17,59	-17,70	-17,71	-17,80	-17,83	-17,93	-18,07	-18,09	-18,14	-18,15	-18,22	-18,08	-18,06	-18,16	-18,11
6300	-20,79	-20,73	-20,96	-20,47	-20,28	-19,87	-19,56	-19,37	-19,05	-18,89	-18,78	-18,66	-18,51	-18,40	-18,30	-18,15	-17,95
8000	-21,80	-21,63	-21,61	-21,94	-21,91	-21,43	-20,93	-20,59	-20,08	-19,82	-19,63	-19,44	-19,20	-19,03	-18,89	-18,65	-18,34
10000	-23,85	-23,26	-22,50	-22,19	-21,96	-21,84	-21,55	-21,68	-21,86	-21,72	-21,33	-21,01	-20,51	-20,40	-20,18	-19,65	-19,21
12500	-25,88	-25,38	-25,10	-24,68	-24,17	-23,24	-22,43	-22,17	-21,70	-21,32	-21,21	-20,95	-20,76	-20,26	-20,05	-19,99	-19,44
14000	-27,48	-26,47	-25,41	-25,28	-24,98	-25,08	-23,99	-23,40	-22,44	-21,90	-21,65	-21,30	-20,93	-20,46	-20,22	-19,95	-19,25
16000	-29,87	-29,24	-27,47	-26,25	-25,70	-25,16	-24,38	-24,63	-24,27	-23,52	-23,02	-22,55	-21,89	-21,51	-21,21	-20,60	-19,76
18000	-31,36	-30,12	-28,81	-28,77	-28,01	-26,57	-25,26	-25,13	-24,62	-24,10	-24,19	-23,88	-23,73	-23,00	-22,73	-22,06	-21,20
20000	-34,33	-32,96	-30,41	-29,42	-28,84	-28,68	-27,56	-26,91	-25,58	-24,84	-24,72	-24,31	-23,92	-23,20	-22,95	-22,85	-21,71

Studer n. 2 - Batteria TRB - TRB REC 50

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-26,75	-27,18	-27,21	-27,23	-27,37	-27,42	-27,29	-26,94	-27,27	-27,24	-27,64	-27,22	-27,31	-26,97	-26,98	-27,27	-26,86
31,5	-21,78	-21,73	-21,71	-21,84	-21,87	-21,87	-21,80	-22,03	-21,77	-21,91	-21,91	-21,86	-21,75	-21,94	-21,90	-21,92	-22,04
40	-21,78	-21,73	-21,71	-21,84	-21,87	-21,87	-21,80	-22,03	-21,77	-21,91	-21,91	-21,86	-21,75	-21,94	-21,90	-21,92	-22,04
63	-18,42	-18,45	-18,42	-18,46	-18,43	-18,41	-18,46	-18,47	-18,42	-18,41	-18,42	-18,44	-18,42	-18,44	-18,45	-18,42	-18,42
90	-16,23	-16,21	-16,23	-16,22	-16,23	-16,24	-16,22	-16,21	-16,23	-16,23	-16,23	-16,22	-16,23	-16,21	-16,22	-16,22	-16,24
125	-14,50	-14,50	-14,51	-14,50	-14,51	-14,51	-14,51	-14,51	-14,50	-14,51	-14,51	-14,51	-14,52	-14,51	-14,50	-14,51	-14,52
180	-14,18	-14,18	-14,18	-14,18	-14,18	-14,19	-14,19	-14,19	-14,17	-14,18	-14,19	-14,19	-14,19	-14,18	-14,18	-14,18	-14,19
250	-13,63	-13,64	-13,63	-13,63	-13,64	-13,64	-13,64	-13,64	-13,63	-13,64	-13,64	-13,65	-13,65	-13,64	-13,64	-13,64	-13,65
375	-12,89	-12,88	-12,89	-12,89	-12,89	-12,89	-12,89	-12,89	-12,90	-12,89	-12,89	-12,90	-12,90	-12,89	-12,89	-12,89	-12,90
500	-12,33	-12,32	-12,32	-12,32	-12,32	-12,32	-12,32	-12,33	-12,32	-12,32	-12,32	-12,33	-12,33	-12,33	-12,32	-12,32	-12,33
700	-12,42	-12,42	-12,41	-12,41	-12,42	-12,42	-12,42	-12,42	-12,41	-12,42	-12,42	-12,42	-12,42	-12,43	-12,42	-12,42	-12,43
1000	-13,15	-13,12	-13,13	-13,13	-13,13	-13,13	-13,14	-13,14	-13,14	-13,14	-13,13	-13,14	-13,14	-13,13	-13,13	-13,13	-13,14
1300	-14,68	-14,70	-14,68	-14,67	-14,69	-14,69	-14,68	-14,67	-14,63	-14,67	-14,69	-14,68	-14,68	-14,67	-14,68	-14,68	-14,68
2000	-15,83	-15,74	-15,75	-15,76	-15,74	-15,73	-15,75	-15,75	-15,79	-15,73	-15,71	-15,72	-15,73	-15,71	-15,70	-15,68	-15,70
2800	-15,96	-15,85	-15,83	-15,80	-15,80	-15,78	-15,75	-15,74	-15,69	-15,71	-15,70	-15,69	-15,67	-15,65	-15,64	-15,62	-15,61
4000	-17,53	-17,27	-17,21	-17,14	-17,12	-17,07	-17,00	-16,97	-16,91	-16,89	-16,85	-16,81	-16,76	-16,72	-16,67	-16,63	-16,60
6300	-20,41	-19,92	-19,72	-19,50	-19,45	-19,31	-19,08	-18,98	-18,72	-18,74	-18,64	-18,51	-18,34	-18,26	-18,15	-18,04	-17,91
8000	-21,84	-20,81	-20,51	-20,17	-20,04	-19,79	-19,47	-19,31	-19,05	-18,95	-18,75	-18,55	-18,31	-18,19	-18,00	-17,82	-17,66
10000	-24,23	-22,84	-22,51	-22,04	-21,77	-21,36	-20,99	-20,76	-20,68	-20,26	-19,85	-19,65	-19,34	-19,17	-18,84	-18,57	-18,42
12500	-26,57	-24,19	-23,50	-22,74	-22,45	-21,87	-21,20	-20,89	-20,45	-20,21	-19,77	-19,40	-18,95	-18,76	-18,39	-18,08	-17,81
14000	-28,24	-25,80	-25,13	-24,23	-23,81	-23,10	-22,40	-22,06	-21,84	-21,31	-20,69	-20,36	-19,86	-19,66	-19,18	-18,79	-18,57
16000	-30,43	-27,44	-26,39	-25,21	-24,85	-24,07	-23,03	-22,63	-21,88	-21,72	-21,18	-20,65	-20,05	-19,86	-19,42	-19,04	-18,67
18000	-32,63	-29,28	-28,22	-26,83	-26,29	-25,27	-24,24	-23,82	-23,47	-22,90	-22,10	-21,66	-20,96	-20,80	-20,19	-19,71	-19,44
20000	-34,68	-31,47	-30,03	-28,40	-27,98	-26,94	-25,53	-25,03	-24,07	-23,95	-23,29	-22,61	-21,88	-21,71	-21,21	-20,76	-20,31

Studer n. 2 - Batteria TRB - TRB REC 60

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-27,47	-27,36	-27,60	-27,34	-27,31	-27,61	-27,22	-27,19	-27,58	-27,14	-27,23	-27,22	-27,28	-27,10	-27,11	-27,49	-27,38
31,5	-21,89	-21,83	-21,87	-22,01	-22,02	-22,09	-22,06	-21,99	-21,97	-22,11	-21,90	-21,94	-22,00	-22,00	-21,97	-22,01	-21,96
40	-21,89	-21,83	-21,87	-22,01	-22,02	-22,09	-22,06	-21,99	-21,97	-22,11	-21,90	-21,94	-22,00	-22,00	-21,97	-22,01	-21,96
63	-18,48	-18,53	-18,50	-18,50	-18,51	-18,52	-18,50	-18,53	-18,53	-18,49	-18,51	-18,49	-18,53	-18,53	-18,53	-18,53	-18,50
90	-16,29	-16,27	-16,28	-16,30	-16,29	-16,28	-16,30	-16,28	-16,28	-16,29	-16,29	-16,30	-16,28	-16,28	-16,29	-16,29	-16,30
125	-14,57	-14,58	-14,57	-14,58	-14,60	-14,60	-14,61	-14,61	-14,61	-14,62	-14,62	-14,62	-14,63	-14,63	-14,63	-14,63	-14,64
180	-14,23	-14,24	-14,25	-14,27	-14,29	-14,29	-14,31	-14,32	-14,33	-14,33	-14,34	-14,35	-14,34	-14,34	-14,35	-14,35	-14,36
250	-13,69	-13,71	-13,72	-13,74	-13,76	-13,77	-13,79	-13,80	-13,81	-13,82	-13,83	-13,84	-13,84	-13,84	-13,85	-13,85	-13,85
375	-12,94	-12,93	-12,91	-12,91	-12,91	-12,90	-12,89	-12,88	-12,87	-12,87	-12,87	-12,87	-12,87	-12,87	-12,87	-12,86	-12,87
500	-12,36	-12,37	-12,36	-12,37	-12,37	-12,36	-12,37	-12,37	-12,36	-12,36	-12,37	-12,37	-12,37	-12,37	-12,37	-12,37	-12,38
700	-12,44	-12,46	-12,46	-12,48	-12,49	-12,49	-12,51	-12,52	-12,52	-12,53	-12,54	-12,54	-12,54	-12,54	-12,55	-12,56	-12,56
1000	-13,15	-13,14	-13,11	-13,10	-13,09	-13,07	-13,06	-13,04	-13,03	-13,03	-13,03	-13,02	-13,02	-13,02	-13,02	-13,02	-13,02
1300	-14,68	-14,73	-14,64	-14,58	-14,53	-14,48	-14,42	-14,37	-14,32	-14,30	-14,28	-14,27	-14,26	-14,25	-14,24	-14,23	-14,24
2000	-15,72	-15,64	-15,52	-15,44	-15,36	-15,29	-15,20	-15,13	-15,08	-15,04	-15,02	-15,00	-14,99	-14,97	-14,96	-14,94	-14,94
2800	-15,72	-15,75	-15,79	-15,85	-15,91	-15,98	-16,04	-16,11	-16,17	-16,19	-16,24	-16,27	-16,28	-16,25	-16,29	-16,32	-16,28
4000	-17,03	-17,01	-17,00	-17,05	-17,10	-17,16	-17,21	-17,28	-17,34	-17,34	-17,40	-17,42	-17,41	-17,35	-17,39	-17,41	-17,33
6300	-19,44	-19,46	-19,59	-19,81	-19,58	-19,21	-18,77	-18,50	-18,23	-18,00	-17,87	-17,70	-17,63	-17,40	-17,33	-17,20	-17,03
8000	-20,21	-20,00	-19,93	-20,02	-20,15	-20,28	-19,93	-19,47	-19,03	-18,66	-18,44	-18,18	-18,06	-17,71	-17,60	-17,39	-17,14
10000	-22,24	-21,49	-20,79	-20,40	-20,11	-19,87	-19,60	-19,58	-19,47	-19,24	-19,29	-19,17	-19,07	-18,65	-18,75	-18,37	-18,08
12500	-23,31	-22,63	-22,29	-22,35	-22,52	-21,59	-20,54	-20,03	-19,43	-18,85	-18,70	-18,31	-18,20	-17,49	-17,52	-17,31	-16,74
14000	-24,99	-23,74	-22,78	-22,35	-22,11	-21,94	-21,83	-21,32	-20,41	-19,61	-19,28	-18,71	-18,59	-17,73	-17,71	-17,37	-16,73
16000	-26,38	-25,53	-25,23	-24,00	-23,13	-22,38	-21,54	-21,42	-21,07	-20,53	-20,66	-20,22	-19,93	-19,00	-18,86	-18,28	-17,63
18000	-28,26	-26,49	-25,31	-24,98	-24,92	-24,49	-22,81	-22,16	-21,31	-20,43	-20,42	-19,89	-19,94	-18,71	-19,03	-18,86	-17,88
20000	-30,30	-29,09	-27,47	-26,24	-25,48	-24,89	-24,27	-24,15	-22,86	-21,66	-21,41	-20,56	-20,61	-19,15	-19,45	-19,11	-18,00

Studer n. 2 - Batteria TRB - TRB REC 70

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-27,48	-27,29	-27,05	-27,47	-27,40	-27,30	-27,13	-27,52	-27,35	-27,28	-27,13	-27,06	-27,24	-27,32	-27,21	-27,15	-27,20
31,5	-21,94	-21,93	-22,04	-21,95	-21,94	-21,91	-22,07	-21,94	-21,91	-22,03	-21,98	-22,06	-21,86	-21,96	-22,03	-21,95	-22,08
40	-21,94	-21,93	-22,04	-21,95	-21,94	-21,91	-22,07	-21,94	-21,91	-22,03	-21,98	-22,06	-21,86	-21,96	-22,03	-21,95	-22,08
63	-18,53	-18,52	-18,55	-18,51	-18,53	-18,50	-18,49	-18,50	-18,54	-18,53	-18,54	-18,53	-18,55	-18,55	-18,54	-18,53	-18,51
90	-16,26	-16,28	-16,27	-16,29	-16,28	-16,29	-16,29	-16,30	-16,28	-16,27	-16,28	-16,28	-16,27	-16,27	-16,27	-16,29	-16,30
125	-14,55	-14,56	-14,58	-14,57	-14,59	-14,59	-14,59	-14,60	-14,60	-14,60	-14,61	-14,62	-14,62	-14,62	-14,62	-14,63	-14,63
180	-14,22	-14,24	-14,27	-14,27	-14,29	-14,30	-14,31	-14,32	-14,33	-14,33	-14,35	-14,35	-14,36	-14,36	-14,36	-14,36	-14,36
250	-13,67	-13,70	-13,72	-13,74	-13,76	-13,77	-13,78	-13,79	-13,80	-13,81	-13,82	-13,83	-13,85	-13,85	-13,84	-13,86	-13,85
375	-12,92	-12,92	-12,93	-12,91	-12,91	-12,90	-12,88	-12,88	-12,87	-12,86	-12,87	-12,87	-12,88	-12,88	-12,86	-12,87	-12,86
500	-12,35	-12,36	-12,36	-12,36	-12,36	-12,36	-12,36	-12,36	-12,36	-12,36	-12,36	-12,37	-12,37	-12,37	-12,37	-12,38	-12,37
700	-12,43	-12,45	-12,46	-12,47	-12,48	-12,49	-12,49	-12,50	-12,51	-12,51	-12,53	-12,54	-12,54	-12,54	-12,54	-12,55	-12,55
1000	-13,13	-13,12	-13,11	-13,08	-13,07	-13,06	-13,03	-13,03	-13,01	-13,01	-13,01	-13,02	-13,01	-13,01	-13,01	-13,01	-13,00
1300	-14,63	-14,69	-14,64	-14,55	-14,51	-14,45	-14,36	-14,35	-14,29	-14,27	-14,25	-14,25	-14,24	-14,24	-14,22	-14,21	-14,19
2000	-15,63	-15,56	-15,48	-15,35	-15,28	-15,21	-15,09	-15,08	-15,00	-14,96	-14,93	-14,93	-14,92	-14,91	-14,89	-14,87	-14,84
2800	-15,55	-15,59	-15,63	-15,68	-15,74	-15,81	-15,90	-15,92	-16,00	-16,03	-16,07	-16,11	-16,11	-16,10	-16,12	-16,12	-16,12
4000	-16,74	-16,73	-16,74	-16,76	-16,79	-16,85	-16,94	-16,95	-17,04	-17,07	-17,09	-17,13	-17,10	-17,07	-17,08	-17,07	-17,06
6300	-18,88	-18,92	-19,02	-19,25	-19,03	-18,61	-18,18	-17,99	-17,68	-17,51	-17,28	-17,23	-17,05	-16,92	-16,79	-16,63	-16,49
8000	-19,50	-19,34	-19,23	-19,30	-19,33	-19,49	-19,14	-18,84	-18,31	-18,03	-17,67	-17,58	-17,29	-17,10	-16,90	-16,65	-16,45
10000	-21,35	-20,72	-20,06	-19,52	-19,12	-18,82	-18,77	-18,52	-18,53	-18,48	-18,28	-18,32	-18,03	-17,77	-17,76	-17,55	-17,19
12500	-22,23	-21,70	-21,26	-21,25	-21,18	-20,27	-19,42	-18,89	-18,30	-18,02	-17,42	-17,42	-16,90	-16,55	-16,38	-15,98	-15,76
14000	-23,80	-22,84	-21,83	-21,21	-20,72	-20,49	-20,85	-20,28	-19,21	-18,72	-17,91	-17,86	-17,21	-16,80	-16,51	-16,00	-15,69
16000	-25,13	-24,46	-24,02	-22,76	-21,67	-20,71	-20,38	-19,81	-19,68	-19,59	-19,11	-19,31	-18,57	-18,08	-17,62	-16,97	-16,47
18000	-26,83	-25,56	-24,22	-23,65	-23,13	-22,66	-21,44	-20,61	-19,85	-19,58	-18,66	-18,91	-18,10	-17,60	-17,53	-16,97	-16,73
20000	-28,94	-27,93	-26,58	-24,87	-23,69	-22,85	-23,12	-22,51	-21,37	-20,77	-19,52	-19,72	-18,73	-18,17	-17,94	-17,19	-16,86

Studer n. 2 - Batteria TRB - TRB REC 80

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-27.57	-27.57	-27.12	-27.13	-27.05	-27.41	-27.22	-27.24	-27.25	-27.31	-27.60	-27.17	-27.22	-27.44	-27.43	-27.14	-27.50
31.5	-21.95	-21.94	-21.94	-21.99	-21.98	-21.86	-21.89	-21.91	-21.89	-21.97	-21.97	-21.98	-21.88	-22.11	-21.93	-21.99	-22.03
40	-21.95	-21.94	-21.94	-21.99	-21.98	-21.86	-21.89	-21.91	-21.89	-21.97	-21.97	-21.98	-21.88	-22.11	-21.93	-21.99	-22.03
63	-18.52	-18.48	-18.54	-18.49	-18.51	-18.54	-18.49	-18.55	-18.54	-18.53	-18.53	-18.54	-18.52	-18.52	-18.52	-18.54	-18.55
90	-16.28	-16.29	-16.30	-16.31	-16.33	-16.30	-16.30	-16.31	-16.30	-16.28	-16.29	-16.31	-16.32	-16.33	-16.29	-16.29	-16.32
125	-14.56	-14.56	-14.57	-14.58	-14.59	-14.60	-14.60	-14.61	-14.62	-14.61	-14.61	-14.62	-14.63	-14.63	-14.63	-14.63	-14.63
180	-14.22	-14.23	-14.26	-14.27	-14.29	-14.29	-14.31	-14.33	-14.33	-14.33	-14.33	-14.34	-14.35	-14.35	-14.34	-14.35	-14.37
250	-13.68	-13.69	-13.72	-13.74	-13.76	-13.77	-13.78	-13.81	-13.81	-13.81	-13.82	-13.83	-13.84	-13.84	-13.84	-13.84	-13.85
375	-12.93	-12.91	-12.93	-12.91	-12.91	-12.90	-12.88	-12.89	-12.87	-12.87	-12.87	-12.88	-12.87	-12.88	-12.86	-12.86	-12.87
500	-12.36	-12.35	-12.36	-12.36	-12.37	-12.37	-12.36	-12.37	-12.36	-12.36	-12.36	-12.37	-12.37	-12.38	-12.37	-12.37	-12.37
700	-12.42	-12.43	-12.45	-12.46	-12.48	-12.48	-12.49	-12.51	-12.51	-12.51	-12.52	-12.53	-12.53	-12.54	-12.53	-12.54	-12.55
1000	-13.12	-13.09	-13.09	-13.07	-13.06	-13.04	-13.02	-13.02	-13.00	-13.00	-12.99	-13.01	-13.00	-13.01	-12.99	-12.98	-12.99
1300	-14.59	-14.63	-14.61	-14.52	-14.47	-14.42	-14.33	-14.31	-14.26	-14.25	-14.22	-14.24	-14.21	-14.22	-14.18	-14.17	-14.17
2000	-15.58	-15.44	-15.41	-15.28	-15.19	-15.14	-15.02	-14.98	-14.93	-14.89	-14.86	-14.88	-14.85	-14.85	-14.80	-14.78	-14.78
2800	-15.39	-15.43	-15.47	-15.54	-15.61	-15.67	-15.74	-15.81	-15.87	-15.85	-15.91	-15.91	-15.98	-15.92	-15.97	-15.98	-15.98
4000	-16.45	-16.44	-16.46	-16.50	-16.54	-16.61	-16.67	-16.74	-16.81	-16.75	-16.82	-16.78	-16.87	-16.75	-16.82	-16.81	-16.79
6300	-18.28	-18.42	-18.47	-18.75	-18.43	-18.16	-17.63	-17.41	-17.18	-16.94	-16.80	-16.68	-16.57	-16.39	-16.26	-16.10	-15.97
8000	-18.76	-18.65	-18.56	-18.64	-18.78	-18.92	-18.44	-18.06	-17.66	-17.30	-17.08	-16.88	-16.69	-16.42	-16.22	-15.98	-15.76
10000	-20.59	-19.76	-19.25	-18.67	-18.33	-18.24	-17.92	-17.88	-17.84	-17.42	-17.54	-17.22	-17.38	-16.81	-16.98	-16.69	-16.34
12500	-21.15	-20.67	-20.28	-20.28	-20.23	-19.62	-18.38	-17.91	-17.45	-16.75	-16.67	-16.18	-16.14	-15.46	-15.43	-15.11	-14.73
14000	-22.82	-21.61	-20.82	-20.13	-19.84	-19.86	-19.81	-19.05	-18.26	-17.42	-17.14	-16.62	-16.39	-15.68	-15.47	-15.06	-14.58
16000	-23.79	-23.41	-22.91	-21.61	-20.56	-20.20	-19.19	-19.01	-18.86	-17.98	-18.29	-17.64	-17.65	-16.91	-16.40	-15.90	-15.27
18000	-25.72	-24.17	-23.10	-22.43	-22.36	-22.11	-20.16	-19.56	-18.98	-17.80	-18.00	-17.17	-17.35	-16.18	-16.43	-16.03	-15.48
20000	-27.39	-26.90	-25.45	-23.58	-22.66	-22.49	-21.88	-21.46	-20.34	-19.02	-18.92	-18.05	-17.97	-16.75	-16.73	-16.23	-15.52



Studer n. 2 - Batteria TRB - TRB REC 90

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-27,35	-27,31	-27,35	-27,18	-27,58	-27,21	-27,29	-27,22	-27,45	-27,26	-27,38	-27,35	-27,67	-27,13	-27,35	-27,47	-27,47
31,5	-21,94	-21,91	-21,98	-21,98	-21,96	-21,91	-22,09	-21,95	-21,97	-21,96	-22,03	-22,11	-21,85	-21,87	-21,84	-22,01	-21,96
40	-21,94	-21,91	-21,98	-21,98	-21,96	-21,91	-22,09	-21,95	-21,97	-21,96	-22,03	-22,11	-21,85	-21,87	-21,84	-22,01	-21,96
63	-18,47	-18,47	-18,48	-18,52	-18,52	-18,53	-18,51	-18,52	-18,49	-18,53	-18,53	-18,50	-18,53	-18,49	-18,52	-18,53	-18,49
90	-16,29	-16,29	-16,30	-16,29	-16,28	-16,29	-16,28	-16,29	-16,30	-16,30	-16,29	-16,30	-16,30	-16,32	-16,28	-16,29	-16,30
125	-14,54	-14,55	-14,57	-14,58	-14,58	-14,59	-14,59	-14,60	-14,60	-14,62	-14,61	-14,61	-14,62	-14,62	-14,62	-14,62	-14,62
180	-14,21	-14,22	-14,25	-14,27	-14,27	-14,29	-14,30	-14,31	-14,31	-14,33	-14,33	-14,33	-14,33	-14,35	-14,34	-14,34	-14,35
250	-13,67	-13,68	-13,70	-13,73	-13,74	-13,77	-13,78	-13,79	-13,79	-13,82	-13,82	-13,82	-13,83	-13,83	-13,83	-13,84	-13,84
375	-12,92	-12,91	-12,92	-12,91	-12,89	-12,89	-12,88	-12,88	-12,87	-12,88	-12,87	-12,86	-12,87	-12,87	-12,86	-12,86	-12,86
500	-12,34	-12,34	-12,36	-12,36	-12,35	-12,35	-12,35	-12,36	-12,35	-12,36	-12,36	-12,36	-12,37	-12,37	-12,35	-12,36	-12,36
700	-12,41	-12,42	-12,44	-12,45	-12,45	-12,47	-12,48	-12,48	-12,49	-12,51	-12,50	-12,51	-12,52	-12,52	-12,52	-12,52	-12,52
1000	-13,09	-13,07	-13,07	-13,05	-13,03	-13,01	-13,00	-13,00	-12,98	-12,99	-12,97	-12,97	-12,98	-12,98	-12,96	-12,97	-12,97
1300	-14,55	-14,61	-14,59	-14,49	-14,44	-14,37	-14,31	-14,30	-14,26	-14,23	-14,20	-14,18	-14,18	-14,19	-14,15	-14,15	-14,15
2000	-15,47	-15,38	-15,34	-15,20	-15,12	-15,02	-14,94	-14,92	-14,87	-14,83	-14,79	-14,76	-14,76	-14,77	-14,72	-14,71	-14,71
2800	-15,20	-15,26	-15,29	-15,35	-15,39	-15,48	-15,54	-15,56	-15,62	-15,70	-15,70	-15,75	-15,77	-15,72	-15,77	-15,76	-15,75
4000	-16,14	-16,16	-16,15	-16,17	-16,19	-16,27	-16,33	-16,33	-16,39	-16,47	-16,46	-16,50	-16,52	-16,42	-16,48	-16,44	-16,40
6300	-17,72	-17,87	-17,87	-18,13	-17,95	-17,48	-17,10	-16,88	-16,65	-16,44	-16,20	-16,09	-15,97	-15,89	-15,68	-15,54	-15,44
8000	-18,06	-18,02	-17,86	-17,88	-17,93	-18,14	-17,80	-17,43	-17,05	-16,69	-16,32	-16,13	-15,93	-15,81	-15,49	-15,28	-15,13
10000	-19,71	-19,09	-18,54	-17,80	-17,48	-17,16	-16,99	-16,69	-16,67	-16,66	-16,43	-16,47	-16,34	-15,94	-16,02	-15,76	-15,55
12500	-20,18	-19,85	-19,35	-19,16	-19,20	-18,22	-17,39	-16,75	-16,32	-15,90	-15,35	-15,23	-14,91	-14,60	-14,33	-13,93	-13,71
14000	-21,75	-20,87	-19,98	-19,01	-18,70	-18,47	-18,50	-18,07	-17,29	-16,56	-15,81	-15,52	-15,11	-14,88	-14,34	-13,89	-13,65
16000	-22,75	-22,45	-21,83	-20,46	-19,54	-18,50	-17,94	-17,25	-17,17	-17,03	-16,57	-16,74	-16,32	-15,81	-15,20	-14,76	-14,46
18000	-24,58	-23,46	-22,23	-21,13	-20,95	-20,23	-18,97	-17,96	-17,45	-16,92	-16,12	-16,17	-15,75	-15,27	-15,09	-14,49	-14,21
20000	-26,31	-25,81	-24,68	-22,30	-21,49	-20,54	-20,31	-19,58	-19,14	-18,11	-17,03	-16,81	-16,28	-16,00	-15,35	-14,70	-14,47

Studer n. 2 - Batteria TRB - TRB REC A0

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-27,13	-27,18	-27,38	-27,44	-27,54	-27,66	-27,46	-27,45	-27,61	-27,52	-27,25	-27,27	-27,75	-27,23	-27,38	-27,63	-27,33
31,5	-22,01	-22,08	-22,01	-22,09	-22,03	-22,06	-22,05	-22,18	-22,05	-22,07	-22,18	-22,11	-21,96	-22,04	-22,10	-22,14	-22,14
40	-22,01	-22,08	-22,01	-22,09	-22,03	-22,06	-22,05	-22,18	-22,05	-22,07	-22,18	-22,11	-21,96	-22,04	-22,10	-22,14	-22,14
63	-18,64	-18,61	-18,62	-18,60	-18,62	-18,66	-18,63	-18,66	-18,61	-18,66	-18,68	-18,62	-18,58	-18,60	-18,62	-18,66	-18,66
90	-16,41	-16,42	-16,42	-16,38	-16,41	-16,41	-16,44	-16,44	-16,43	-16,44	-16,42	-16,43	-16,40	-16,39	-16,43	-16,44	-16,44
125	-14,67	-14,68	-14,69	-14,67	-14,70	-14,71	-14,73	-14,74	-14,72	-14,75	-14,74	-14,74	-14,71	-14,71	-14,74	-14,76	-14,76
180	-14,35	-14,36	-14,37	-14,37	-14,40	-14,42	-14,44	-14,46	-14,44	-14,47	-14,47	-14,46	-14,44	-14,44	-14,47	-14,49	-14,49
250	-13,80	-13,82	-13,84	-13,83	-13,87	-13,89	-13,93	-13,94	-13,93	-13,96	-13,97	-13,95	-13,92	-13,92	-13,96	-13,98	-13,99
375	-13,05	-13,04	-13,03	-12,99	-13,01	-13,02	-13,02	-13,02	-12,99	-13,01	-13,00	-12,99	-12,95	-12,95	-12,99	-13,00	-13,00
500	-12,47	-12,47	-12,48	-12,44	-12,47	-12,48	-12,49	-12,51	-12,47	-12,50	-12,50	-12,49	-12,45	-12,45	-12,49	-12,51	-12,51
700	-12,54	-12,55	-12,56	-12,54	-12,58	-12,60	-12,62	-12,64	-12,62	-12,65	-12,65	-12,64	-12,61	-12,61	-12,65	-12,67	-12,67
1000	-13,23	-13,21	-13,19	-13,14	-13,15	-13,16	-13,15	-13,16	-13,11	-13,14	-13,12	-13,11	-13,07	-13,06	-13,11	-13,13	-13,12
1300	-14,70	-14,76	-14,69	-14,57	-14,55	-14,53	-14,47	-14,45	-14,37	-14,38	-14,34	-14,33	-14,27	-14,26	-14,31	-14,32	-14,31
2000	-15,60	-15,52	-15,41	-15,25	-15,22	-15,18	-15,09	-15,07	-14,97	-14,97	-14,92	-14,91	-14,83	-14,81	-14,88	-14,88	-14,85
2800	-15,27	-15,32	-15,37	-15,38	-15,47	-15,54	-15,65	-15,70	-15,72	-15,77	-15,85	-15,79	-15,77	-15,76	-15,80	-15,85	-15,85
4000	-16,10	-16,11	-16,12	-16,09	-16,17	-16,24	-16,34	-16,39	-16,41	-16,44	-16,53	-16,43	-16,41	-16,37	-16,39	-16,43	-16,42
6300	-17,42	-17,54	-17,70	-17,86	-17,59	-17,31	-16,86	-16,67	-16,36	-16,14	-15,97	-15,83	-15,65	-15,45	-15,49	-15,34	-15,16
8000	-17,59	-17,54	-17,49	-17,45	-17,56	-17,72	-17,41	-17,08	-16,61	-16,23	-15,95	-15,74	-15,49	-15,18	-15,22	-14,97	-14,69
10000	-19,05	-18,47	-17,79	-17,11	-16,83	-16,67	-16,48	-16,39	-16,32	-15,99	-16,15	-15,73	-15,71	-15,40	-15,30	-15,20	-14,99
12500	-19,24	-18,92	-18,60	-18,42	-18,44	-17,69	-16,65	-16,22	-15,69	-14,96	-14,81	-14,34	-14,16	-13,60	-13,62	-13,27	-12,84
14000	-20,70	-19,87	-18,91	-18,05	-17,75	-17,70	-17,76	-17,36	-16,48	-15,52	-15,11	-14,63	-14,31	-13,62	-13,73	-13,20	-12,62
16000	-21,47	-21,21	-21,04	-19,22	-18,31	-17,75	-17,01	-16,77	-16,62	-15,76	-16,11	-15,40	-15,43	-14,60	-14,75	-14,03	-13,23
18000	-23,11	-22,06	-20,87	-19,95	-19,72	-19,48	-17,87	-17,30	-16,67	-15,41	-15,45	-14,72	-14,72	-13,85	-13,97	-13,49	-12,85
20000	-24,59	-24,21	-22,87	-20,78	-19,89	-19,54	-19,14	-19,09	-18,07	-16,45	-16,11	-15,38	-15,19	-14,11	-14,45	-13,67	-12,79

Studer n. 2 - Batteria TRB - TRB REC B0

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-26,99	-27,53	-27,19	-27,28	-27,09	-27,08	-27,40	-27,27	-27,57	-27,02	-27,19	-27,44	-27,32	-27,20	-27,38	-27,12	-27,11
31,5	-22,00	-21,94	-21,90	-22,03	-22,01	-22,02	-21,95	-22,03	-21,90	-21,96	-21,99	-21,88	-22,04	-22,00	-21,98	-22,07	-22,06
40	-22,00	-21,94	-21,90	-22,03	-22,01	-22,02	-21,95	-22,03	-21,90	-21,96	-21,99	-21,88	-22,04	-22,00	-21,98	-22,07	-22,06
63	-18,49	-18,48	-18,48	-18,50	-18,48	-18,49	-18,49	-18,50	-18,48	-18,50	-18,53	-18,49	-18,53	-18,49	-18,49	-18,49	-18,51
90	-16,28	-16,30	-16,29	-16,28	-16,30	-16,29	-16,29	-16,29	-16,28	-16,30	-16,28	-16,30	-16,28	-16,31	-16,30	-16,29	-16,29
125	-14,56	-14,57	-14,57	-14,58	-14,59	-14,59	-14,59	-14,60	-14,60	-14,61	-14,61	-14,62	-14,62	-14,63	-14,62	-14,61	-14,62
180	-14,22	-14,24	-14,24	-14,26	-14,28	-14,28	-14,30	-14,31	-14,30	-14,33	-14,33	-14,34	-14,34	-14,35	-14,34	-14,33	-14,34
250	-13,67	-13,69	-13,70	-13,73	-13,74	-13,76	-13,77	-13,78	-13,79	-13,81	-13,81	-13,83	-13,83	-13,83	-13,83	-13,83	-13,84
375	-12,91	-12,91	-12,90	-12,89	-12,89	-12,88	-12,87	-12,87	-12,85	-12,86	-12,85	-12,86	-12,86	-12,86	-12,86	-12,85	-12,85
500	-12,34	-12,34	-12,34	-12,34	-12,35	-12,34	-12,34	-12,34	-12,33	-12,35	-12,35	-12,35	-12,35	-12,35	-12,35	-12,35	-12,35
700	-12,39	-12,41	-12,41	-12,42	-12,44	-12,44	-12,45	-12,46	-12,46	-12,48	-12,48	-12,49	-12,49	-12,50	-12,50	-12,49	-12,50
1000	-13,05	-13,04	-13,02	-12,99	-12,99	-12,97	-12,96	-12,95	-12,93	-12,94	-12,93	-12,93	-12,93	-12,94	-12,93	-12,92	-12,92
1300	-14,48	-14,55	-14,48	-14,39	-14,36	-14,31	-14,24	-14,21	-14,15	-14,14	-14,11	-14,10	-14,10	-14,10	-14,08	-14,06	-14,06
2000	-15,29	-15,20	-15,11	-14,98	-14,93	-14,85	-14,76	-14,72	-14,65	-14,62	-14,59	-14,57	-14,56	-14,57	-14,54	-14,51	-14,51
2800	-14,83	-14,87	-14,90	-14,97	-15,02	-15,06	-15,14	-15,18	-15,26	-15,32	-15,34	-15,37	-15,37	-15,36	-15,37	-15,38	-15,38
4000	-15,48	-15,48	-15,47	-15,51	-15,55	-15,57	-15,65	-15,68	-15,78	-15,83	-15,83	-15,86	-15,83	-15,80	-15,79	-15,80	-15,77
6300	-16,52	-16,62	-16,69	-16,97	-16,71	-16,33	-15,93	-15,65	-15,39	-15,21	-14,99	-14,88	-14,73	-14,64	-14,47	-14,32	-14,22
8000	-16,58	-16,45	-16,38	-16,44	-16,49	-16,55	-16,39	-15,93	-15,49	-15,19	-14,83	-14,66	-14,42	-14,29	-14,02	-13,78	-13,65
10000	-17,93	-17,18	-16,64	-16,02	-15,70	-15,37	-15,23	-14,99	-15,09	-15,01	-14,81	-14,75	-14,52	-14,32	-14,15	-14,07	-13,89
12500	-18,07	-17,54	-17,23	-17,18	-17,16	-16,27	-15,40	-14,69	-14,27	-13,92	-13,36	-13,20	-12,77	-12,55	-12,17	-11,88	-11,70
14000	-19,56	-18,39	-17,63	-16,86	-16,50	-16,18	-16,28	-15,85	-15,01	-14,43	-13,67	-13,42	-12,88	-12,65	-12,14	-11,71	-11,51
16000	-20,36	-19,81	-19,52	-18,07	-17,11	-16,20	-15,67	-15,06	-15,17	-14,98	-14,55	-14,44	-13,93	-13,64	-12,98	-12,37	-12,12
18000	-22,08	-20,50	-19,57	-18,77	-18,45	-18,00	-16,67	-15,58	-15,13	-14,73	-13,91	-13,81	-13,18	-12,94	-12,44	-12,12	-11,93
20000	-23,61	-22,86	-21,69	-19,71	-18,76	-17,91	-17,75	-17,25	-16,45	-15,76	-14,59	-14,42	-13,61	-13,41	-12,70	-12,15	-12,01

Studer n. 2 - Batteria TRB - TRB REC C0

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-27,45	-27,20	-27,29	-27,34	-27,37	-27,26	-27,10	-27,33	-27,32	-27,07	-27,53	-27,61	-27,17	-27,09	-27,00	-27,46	-27,51
31,5	-21,85	-21,90	-21,90	-21,89	-22,01	-22,00	-21,95	-22,06	-22,01	-21,95	-21,96	-21,92	-21,97	-22,00	-22,13	-21,85	-22,11
40	-21,85	-21,90	-21,90	-21,89	-22,01	-22,00	-21,95	-22,06	-22,01	-21,95	-21,96	-21,92	-21,97	-22,00	-22,13	-21,85	-22,11
63	-18,48	-18,49	-18,47	-18,46	-18,47	-18,51	-18,51	-18,51	-18,48	-18,50	-18,48	-18,49	-18,50	-18,52	-18,48	-18,48	-18,52
90	-16,27	-16,27	-16,28	-16,29	-16,29	-16,27	-16,28	-16,29	-16,29	-16,29	-16,29	-16,29	-16,30	-16,28	-16,31	-16,30	-16,28
125	-14,53	-14,54	-14,55	-14,55	-14,56	-14,57	-14,58	-14,59	-14,59	-14,59	-14,59	-14,59	-14,59	-14,60	-14,60	-14,61	-14,60
180	-14,20	-14,23	-14,24	-14,25	-14,27	-14,28	-14,29	-14,30	-14,31	-14,32	-14,32	-14,33	-14,33	-14,33	-14,34	-14,34	-14,34
250	-13,66	-13,68	-13,70	-13,72	-13,74	-13,75	-13,77	-13,79	-13,79	-13,80	-13,81	-13,81	-13,82	-13,82	-13,83	-13,83	-13,83
375	-12,90	-12,91	-12,89	-12,89	-12,89	-12,88	-12,87	-12,87	-12,86	-12,85	-12,85	-12,85	-12,85	-12,85	-12,87	-12,85	-12,85
500	-12,33	-12,33	-12,33	-12,33	-12,34	-12,33	-12,34	-12,34	-12,34	-12,34	-12,34	-12,34	-12,34	-12,35	-12,35	-12,36	-12,35
700	-12,37	-12,39	-12,40	-12,41	-12,43	-12,43	-12,44	-12,46	-12,46	-12,47	-12,47	-12,48	-12,48	-12,48	-12,49	-12,49	-12,49
1000	-13,03	-13,02	-13,00	-12,99	-12,97	-12,96	-12,95	-12,94	-12,93	-12,91	-12,91	-12,92	-12,93	-12,92	-12,93	-12,92	-12,91
1300	-14,43	-14,52	-14,45	-14,39	-14,34	-14,28	-14,23	-14,20	-14,15	-14,10	-14,09	-14,09	-14,10	-14,08	-14,10	-14,07	-14,05
2000	-15,21	-15,13	-15,02	-14,93	-14,86	-14,78	-14,70	-14,66	-14,60	-14,53	-14,52	-14,51	-14,52	-14,49	-14,51	-14,48	-14,44
2800	-14,61	-14,67	-14,71	-14,73	-14,81	-14,86	-14,93	-14,98	-15,04	-15,09	-15,13	-15,11	-15,11	-15,12	-15,12	-15,12	-15,14
4000	-15,14	-15,16	-15,15	-15,13	-15,20	-15,23	-15,31	-15,34	-15,41	-15,44	-15,49	-15,43	-15,42	-15,40	-15,38	-15,37	-15,37
6300	-15,89	-16,01	-16,13	-16,18	-16,20	-15,80	-15,42	-15,16	-14,90	-14,56	-14,47	-14,28	-14,26	-14,06	-13,97	-13,83	-13,62
8000	-15,86	-15,80	-15,71	-15,54	-15,74	-15,81	-15,82	-15,39	-14,96	-14,41	-14,27	-13,95	-13,93	-13,61	-13,48	-13,26	-12,93
10000	-17,19	-16,55	-15,82	-15,12	-14,92	-14,59	-14,44	-14,22	-14,18	-13,95	-14,01	-13,60	-13,54	-13,27	-13,06	-12,97	-12,81
12500	-17,11	-16,73	-16,32	-15,81	-16,15	-15,49	-14,63	-13,95	-13,47	-12,65	-12,62	-11,95	-11,97	-11,46	-11,19	-10,97	-10,49
14000	-18,68	-17,73	-16,66	-15,60	-15,56	-15,21	-15,29	-15,10	-14,40	-13,17	-13,05	-12,24	-12,30	-11,64	-11,36	-11,03	-10,34
16000	-19,31	-18,92	-18,62	-17,01	-16,28	-15,33	-14,80	-14,18	-14,05	-13,38	-13,59	-12,76	-12,86	-12,29	-11,95	-11,86	-11,04
18000	-21,10	-19,89	-18,50	-17,10	-17,42	-17,16	-15,91	-14,87	-14,30	-12,98	-13,21	-12,05	-12,32	-11,51	-11,15	-10,99	-10,31
20000	-22,50	-21,89	-20,53	-18,29	-17,86	-16,93	-16,75	-16,23	-15,96	-13,99	-14,12	-12,75	-13,11	-12,10	-11,75	-11,44	-10,39

Studer n. 2 - Batteria TRB - TRB REC D0

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-27,34	-27,36	-27,31	-27,28	-27,27	-27,28	-27,37	-27,31	-27,59	-27,41	-27,29	-27,23	-27,18	-27,26	-27,44	-27,13	-27,29
31,5	-21,84	-21,84	-21,95	-21,86	-21,84	-21,91	-22,02	-21,88	-21,60	-21,96	-22,00	-21,93	-22,02	-22,02	-22,01	-21,95	-21,90
40	-21,84	-21,84	-21,95	-21,86	-21,84	-21,91	-22,02	-21,88	-21,60	-21,96	-22,00	-21,93	-22,02	-22,02	-22,01	-21,95	-21,90
63	-18,48	-18,50	-18,47	-18,46	-18,46	-18,50	-18,50	-18,50	-18,52	-18,51	-18,49	-18,51	-18,47	-18,51	-18,49	-18,51	-18,49
90	-16,27	-16,26	-16,28	-16,29	-16,28	-16,27	-16,27	-16,28	-16,27	-16,27	-16,27	-16,27	-16,27	-16,29	-16,27	-16,28	-16,28
125	-14,53	-14,54	-14,55	-14,56	-14,57	-14,57	-14,58	-14,59	-14,61	-14,59	-14,60	-14,60	-14,60	-14,60	-14,60	-14,61	-14,61
180	-14,21	-14,22	-14,24	-14,25	-14,26	-14,28	-14,29	-14,30	-14,44	-14,31	-14,32	-14,33	-14,32	-14,33	-14,33	-14,33	-14,34
250	-13,65	-13,68	-13,69	-13,71	-13,73	-13,75	-13,76	-13,78	-13,85	-13,79	-13,80	-13,81	-13,81	-13,81	-13,82	-13,82	-13,83
375	-12,91	-12,90	-12,89	-12,89	-12,88	-12,87	-12,86	-12,85	-12,95	-12,85	-12,84	-12,84	-12,84	-12,85	-12,84	-12,84	-12,84
500	-12,32	-12,32	-12,32	-12,33	-12,33	-12,32	-12,33	-12,33	-12,37	-12,33	-12,33	-12,33	-12,33	-12,33	-12,34	-12,33	-12,34
700	-12,37	-12,38	-12,39	-12,40	-12,41	-12,42	-12,43	-12,44	-12,58	-12,45	-12,46	-12,47	-12,47	-12,47	-12,47	-12,48	-12,48
1000	-13,02	-13,01	-12,99	-12,98	-12,95	-12,94	-12,92	-12,91	-13,03	-12,90	-12,89	-12,89	-12,90	-12,90	-12,89	-12,89	-12,89
1300	-14,38	-14,47	-14,44	-14,39	-14,31	-14,24	-14,19	-14,13	-14,19	-14,10	-14,04	-14,04	-14,05	-14,06	-14,02	-14,02	-14,01
2000	-15,17	-15,06	-14,98	-14,89	-14,78	-14,69	-14,61	-14,54	-14,57	-14,49	-14,42	-14,41	-14,42	-14,43	-14,38	-14,38	-14,35
2800	-14,43	-14,47	-14,51	-14,53	-14,61	-14,68	-14,75	-14,83	-14,86	-14,87	-14,96	-14,96	-14,92	-14,92	-14,97	-14,94	-14,98
4000	-14,86	-14,85	-14,86	-14,82	-14,89	-14,95	-15,02	-15,10	-15,08	-15,11	-15,22	-15,19	-15,10	-15,09	-15,14	-15,08	-15,13
6300	-15,37	-15,46	-15,57	-15,55	-15,67	-15,22	-14,87	-14,58	-14,55	-14,19	-13,93	-13,75	-13,64	-13,60	-13,40	-13,24	-13,14
8000	-15,38	-15,23	-15,17	-14,93	-15,14	-15,33	-15,21	-14,71	-14,61	-14,11	-13,67	-13,39	-13,22	-13,16	-12,84	-12,61	-12,45
10000	-16,88	-15,99	-15,42	-14,65	-14,28	-14,00	-13,88	-13,83	-13,69	-13,44	-13,56	-13,25	-12,82	-12,73	-12,75	-12,40	-12,48
12500	-16,71	-16,12	-15,81	-15,15	-15,43	-14,76	-14,01	-13,41	-13,05	-12,43	-12,07	-11,51	-11,08	-11,00	-10,68	-10,24	-10,16
14000	-18,56	-17,20	-16,41	-15,20	-14,90	-14,71	-14,77	-14,52	-14,02	-13,25	-12,51	-11,80	-11,36	-11,31	-10,77	-10,28	-10,08
16000	-19,06	-18,46	-18,14	-16,94	-15,63	-14,78	-14,38	-14,10	-13,71	-13,25	-13,45	-12,74	-12,05	-11,97	-11,75	-11,19	-10,83
18000	-21,26	-19,43	-18,47	-16,86	-16,75	-16,60	-15,56	-14,72	-14,01	-13,28	-13,02	-12,03	-11,39	-11,34	-11,05	-10,40	-10,40
20000	-22,42	-21,63	-20,84	-18,46	-17,24	-16,55	-16,46	-16,49	-15,74	-14,75	-13,95	-12,70	-12,04	-12,06	-11,47	-10,75	-10,59

Studer n. 2 - Batteria TRB - TRB REC E0

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-27,25	-27,03	-27,31	-27,37	-27,54	-27,17	-27,18	-27,27	-27,39	-27,39	-27,39	-27,42	-27,29	-27,04	-27,27	-27,50	-27,14
31,5	-21,93	-21,85	-21,93	-21,87	-21,94	-21,83	-21,92	-21,85	-21,86	-21,92	-22,00	-21,90	-22,04	-22,10	-21,95	-21,97	-22,06
40	-21,93	-21,85	-21,93	-21,87	-21,94	-21,83	-21,92	-21,85	-21,86	-21,92	-22,00	-21,90	-22,04	-22,10	-21,95	-21,97	-22,06
63	-18,45	-18,45	-18,46	-18,47	-18,51	-18,46	-18,48	-18,50	-18,49	-18,51	-18,49	-18,53	-18,53	-18,49	-18,49	-18,52	-18,52
90	-16,28	-16,28	-16,28	-16,29	-16,28	-16,29	-16,29	-16,27	-16,29	-16,27	-16,30	-16,30	-16,30	-16,31	-16,29	-16,30	-16,29
125	-14,53	-14,53	-14,54	-14,56	-14,56	-14,56	-14,58	-14,58	-14,59	-14,58	-14,60	-14,61	-14,61	-14,61	-14,59	-14,61	-14,61
180	-14,20	-14,22	-14,24	-14,25	-14,26	-14,27	-14,29	-14,30	-14,32	-14,31	-14,33	-14,35	-14,35	-14,33	-14,33	-14,35	-14,35
250	-13,65	-13,67	-13,69	-13,72	-13,73	-13,73	-13,76	-13,76	-13,78	-13,79	-13,81	-13,82	-13,83	-13,82	-13,81	-13,82	-13,82
375	-12,90	-12,90	-12,89	-12,88	-12,88	-12,87	-12,86	-12,86	-12,86	-12,84	-12,85	-12,86	-12,86	-12,85	-12,84	-12,85	-12,85
500	-12,31	-12,32	-12,32	-12,33	-12,33	-12,32	-12,33	-12,33	-12,33	-12,33	-12,33	-12,34	-12,34	-12,34	-12,33	-12,34	-12,34
700	-12,36	-12,37	-12,38	-12,40	-12,40	-12,41	-12,42	-12,43	-12,44	-12,44	-12,45	-12,47	-12,47	-12,47	-12,46	-12,47	-12,47
1000	-12,99	-12,98	-12,97	-12,95	-12,94	-12,92	-12,90	-12,90	-12,89	-12,88	-12,87	-12,90	-12,89	-12,88	-12,88	-12,88	-12,87
1300	-14,36	-14,44	-14,38	-14,32	-14,27	-14,23	-14,15	-14,12	-14,09	-14,05	-14,03	-14,05	-14,02	-14,01	-14,01	-14,01	-13,99
2000	-15,04	-14,95	-14,86	-14,76	-14,69	-14,62	-14,52	-14,48	-14,43	-14,39	-14,35	-14,38	-14,34	-14,33	-14,32	-14,31	-14,28
2800	-14,18	-14,22	-14,27	-14,33	-14,38	-14,41	-14,50	-14,54	-14,59	-14,64	-14,68	-14,72	-14,74	-14,72	-14,69	-14,71	-14,72
4000	-14,44	-14,44	-14,45	-14,47	-14,50	-14,51	-14,60	-14,64	-14,67	-14,74	-14,76	-14,80	-14,80	-14,76	-14,70	-14,70	-14,70
6300	-14,59	-14,70	-14,81	-15,01	-14,97	-14,60	-14,09	-13,87	-13,59	-13,43	-13,19	-13,18	-12,97	-12,85	-12,74	-12,58	-12,45
8000	-14,38	-14,29	-14,20	-14,22	-14,26	-14,27	-14,28	-13,92	-13,46	-13,19	-12,81	-12,77	-12,43	-12,25	-12,10	-11,84	-11,65
10000	-15,50	-14,81	-14,12	-13,56	-13,23	-12,92	-12,63	-12,50	-12,32	-12,39	-12,19	-12,21	-12,04	-11,80	-11,52	-11,36	-11,30
12500	-15,06	-14,64	-14,22	-14,11	-14,08	-13,67	-12,43	-11,93	-11,28	-11,08	-10,48	-10,53	-10,03	-9,73	-9,45	-9,05	-8,86
14000	-16,64	-15,62	-14,58	-13,88	-13,49	-13,17	-13,06	-13,06	-12,22	-11,77	-10,93	-10,94	-10,26	-9,90	-9,62	-9,10	-8,80
16000	-17,06	-16,66	-16,27	-15,12	-14,16	-13,34	-12,32	-11,99	-11,53	-11,67	-11,20	-11,34	-11,02	-10,65	-10,16	-9,89	-9,49
18000	-18,82	-17,48	-16,12	-15,39	-15,04	-14,74	-13,27	-12,58	-11,61	-11,54	-10,63	-10,92	-10,23	-9,83	-9,43	-8,90	-8,77
20000	-20,00	-19,45	-18,22	-16,45	-15,48	-14,72	-13,92	-13,83	-13,28	-12,81	-11,52	-11,79	-10,82	-10,33	-10,01	-9,27	-8,98

Studer n. 2 - Batteria TRB - TRB REC F0

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-27,35	-27,05	-27,37	-27,28	-27,26	-27,08	-27,38	-27,14	-27,32	-27,14	-27,06	-27,11	-27,11	-27,28	-27,25	-27,50	-27,17
31,5	-21,82	-21,91	-21,82	-21,83	-21,92	-21,96	-21,87	-22,01	-21,91	-22,04	-21,93	-22,08	-21,81	-22,03	-22,01	-21,83	-22,08
40	-21,82	-21,91	-21,82	-21,83	-21,92	-21,96	-21,87	-22,01	-21,91	-22,04	-21,93	-22,08	-21,81	-22,03	-22,01	-21,83	-22,08
63	-18,46	-18,50	-18,48	-18,46	-18,46	-18,45	-18,45	-18,46	-18,49	-18,50	-18,46	-18,51	-18,51	-18,50	-18,47	-18,51	-18,50
90	-16,26	-16,25	-16,26	-16,28	-16,27	-16,27	-16,28	-16,26	-16,25	-16,25	-16,28	-16,26	-16,25	-16,27	-16,28	-16,26	-16,27
125	-14,52	-14,53	-14,54	-14,55	-14,56	-14,56	-14,57	-14,57	-14,57	-14,58	-14,59	-14,59	-14,58	-14,59	-14,59	-14,59	-14,60
180	-14,19	-14,21	-14,22	-14,24	-14,25	-14,26	-14,28	-14,28	-14,29	-14,30	-14,31	-14,32	-14,31	-14,31	-14,32	-14,32	-14,32
250	-13,63	-13,65	-13,67	-13,70	-13,71	-13,73	-13,74	-13,75	-13,76	-13,77	-13,79	-13,79	-13,78	-13,80	-13,80	-13,80	-13,80
375	-12,89	-12,88	-12,88	-12,87	-12,87	-12,86	-12,85	-12,84	-12,84	-12,83	-12,84	-12,83	-12,83	-12,83	-12,83	-12,83	-12,83
500	-12,30	-12,31	-12,31	-12,31	-12,32	-12,31	-12,31	-12,31	-12,31	-12,31	-12,32	-12,32	-12,31	-12,32	-12,32	-12,32	-12,32
700	-12,34	-12,36	-12,36	-12,38	-12,39	-12,40	-12,41	-12,41	-12,42	-12,43	-12,44	-12,44	-12,44	-12,45	-12,45	-12,45	-12,46
1000	-12,97	-12,95	-12,94	-12,93	-12,91	-12,90	-12,88	-12,88	-12,87	-12,86	-12,86	-12,86	-12,86	-12,86	-12,86	-12,86	-12,86
1300	-14,29	-14,40	-14,36	-14,29	-14,23	-14,18	-14,12	-14,09	-14,05	-14,01	-13,99	-13,99	-13,99	-13,98	-13,97	-13,97	-13,96
2000	-15,00	-14,86	-14,80	-14,69	-14,61	-14,54	-14,45	-14,42	-14,36	-14,31	-14,28	-14,28	-14,27	-14,26	-14,24	-14,24	-14,23
2800	-13,95	-14,01	-14,05	-14,10	-14,16	-14,19	-14,29	-14,33	-14,38	-14,43	-14,47	-14,48	-14,44	-14,47	-14,45	-14,45	-14,46
4000	-14,10	-14,11	-14,13	-14,13	-14,17	-14,18	-14,28	-14,32	-14,36	-14,42	-14,45	-14,44	-14,36	-14,38	-14,33	-14,32	-14,31
6300	-13,92	-14,10	-14,21	-14,35	-14,31	-13,89	-13,49	-13,33	-13,04	-12,81	-12,61	-12,49	-12,33	-12,20	-12,05	-11,95	-11,84
8000	-13,73	-13,62	-13,62	-13,54	-13,62	-13,62	-13,66	-13,40	-12,91	-12,54	-12,21	-12,01	-11,77	-11,58	-11,33	-11,19	-11,02
10000	-14,94	-13,98	-13,56	-12,89	-12,50	-12,07	-11,96	-11,93	-11,75	-11,72	-11,57	-11,42	-10,99	-10,96	-10,65	-10,51	-10,40
12500	-14,30	-13,74	-13,60	-13,25	-13,29	-12,57	-11,69	-11,39	-10,70	-10,28	-9,83	-9,52	-8,98	-8,79	-8,33	-8,13	-7,94
14000	-16,09	-14,68	-14,10	-13,16	-12,73	-12,21	-12,41	-12,54	-11,72	-11,00	-10,35	-9,93	-9,35	-9,06	-8,51	-8,28	-8,00
16000	-16,35	-15,84	-15,85	-14,49	-13,36	-12,17	-11,69	-11,64	-11,15	-11,03	-10,65	-10,47	-9,63	-9,64	-9,09	-8,95	-8,80
18000	-18,35	-16,50	-15,85	-14,69	-14,32	-13,88	-12,68	-12,39	-11,37	-10,87	-10,24	-9,88	-8,97	-8,86	-8,15	-7,99	-7,80
20000	-19,37	-18,63	-17,90	-15,91	-14,72	-13,47	-13,43	-13,70	-13,04	-12,09	-11,21	-10,64	-9,70	-9,49	-8,63	-8,44	-8,14

Studer n. 2 - Batteria TRB - TRB REC FF

Hz/TRBREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-27,19	-27,36	-27,33	-27,50	-27,20	-27,28	-27,37	-27,18	-27,07	-27,34	-27,24	-27,35	-27,36	-27,13	-27,58	-27,25	-27,25
31,5	-21,96	-21,92	-22,04	-21,79	-21,87	-21,83	-21,85	-21,87	-21,82	-22,04	-21,94	-21,90	-21,92	-21,95	-21,92	-21,99	-21,80
40	-21,96	-21,92	-22,04	-21,79	-21,87	-21,83	-21,85	-21,87	-21,82	-22,04	-21,94	-21,90	-21,92	-21,95	-21,92	-21,99	-21,80
63	-18,48	-18,49	-18,45	-18,49	-18,46	-18,46	-18,47	-18,47	-18,45	-18,48	-18,47	-18,50	-18,47	-18,47	-18,47	-18,50	-18,48
90	-16,24	-16,25	-16,27	-16,25	-16,27	-16,26	-16,26	-16,26	-16,27	-16,26	-16,27	-16,26	-16,26	-16,26	-16,27	-16,26	-16,27
125	-14,51	-14,52	-14,53	-14,54	-14,55	-14,55	-14,56	-14,56	-14,56	-14,57	-14,57	-14,58	-14,57	-14,57	-14,58	-14,58	-14,58
180	-14,18	-14,20	-14,22	-14,23	-14,24	-14,24	-14,26	-14,27	-14,29	-14,29	-14,29	-14,30	-14,29	-14,30	-14,31	-14,31	-14,32
250	-13,62	-13,65	-13,67	-13,70	-13,71	-13,72	-13,74	-13,75	-13,75	-13,77	-13,77	-13,78	-13,77	-13,78	-13,79	-13,79	-13,80
375	-12,90	-12,89	-12,89	-12,87	-12,87	-12,86	-12,85	-12,85	-12,84	-12,84	-12,83	-12,84	-12,84	-12,84	-12,84	-12,83	-12,83
500	-12,30	-12,31	-12,31	-12,31	-12,31	-12,31	-12,31	-12,31	-12,31	-12,31	-12,31	-12,32	-12,31	-12,31	-12,32	-12,32	-12,32
700	-12,33	-12,35	-12,36	-12,37	-12,38	-12,38	-12,40	-12,40	-12,41	-12,42	-12,42	-12,43	-12,42	-12,43	-12,44	-12,44	-12,44
1000	-12,98	-12,96	-12,95	-12,92	-12,91	-12,89	-12,87	-12,87	-12,86	-12,86	-12,85	-12,86	-12,86	-12,85	-12,85	-12,85	-12,85
1300	-14,21	-14,36	-14,37	-14,27	-14,23	-14,19	-14,10	-14,09	-14,04	-14,02	-14,00	-14,01	-14,02	-13,98	-13,98	-13,96	-13,95
2000	-14,99	-14,86	-14,80	-14,66	-14,59	-14,53	-14,41	-14,39	-14,33	-14,29	-14,27	-14,29	-14,30	-14,25	-14,24	-14,21	-14,19
2800	-13,69	-13,77	-13,80	-13,88	-13,91	-13,96	-14,04	-14,07	-14,11	-14,18	-14,18	-14,19	-14,13	-14,19	-14,20	-14,21	-14,22
4000	-13,75	-13,77	-13,77	-13,81	-13,81	-13,85	-13,91	-13,94	-13,97	-14,04	-14,02	-14,02	-13,92	-13,98	-13,97	-13,96	-13,97
6300	-13,08	-13,32	-13,37	-13,67	-13,74	-13,46	-12,86	-12,69	-12,38	-12,22	-12,00	-11,97	-11,90	-11,65	-11,53	-11,34	-11,23
8000	-12,94	-12,87	-12,78	-12,86	-12,79	-12,87	-13,03	-12,74	-12,22	-11,96	-11,61	-11,56	-11,45	-11,05	-10,88	-10,58	-10,40
10000	-14,27	-13,34	-12,83	-12,16	-11,69	-11,50	-11,03	-10,91	-10,67	-10,76	-10,44	-10,37	-9,98	-9,92	-9,79	-9,59	-9,53
12500	-13,22	-12,67	-12,35	-12,29	-12,02	-12,10	-10,65	-10,25	-9,50	-9,32	-8,69	-8,65	-8,31	-7,83	-7,61	-7,16	-6,99
14000	-15,27	-13,86	-13,12	-12,31	-11,65	-11,52	-11,12	-11,09	-10,62	-10,23	-9,41	-9,39	-9,12	-8,33	-8,06	-7,44	-7,15
16000	-14,97	-14,54	-14,23	-13,69	-12,44	-11,85	-10,40	-10,17	-9,54	-9,75	-9,04	-9,06	-8,40	-8,22	-8,06	-7,68	-7,65
18000	-17,38	-15,51	-14,58	-13,74	-12,94	-12,91	-11,45	-10,92	-9,77	-9,75	-8,73	-8,87	-8,30	-7,68	-7,49	-6,83	-6,72
20000	-17,71	-17,13	-16,72	-15,06	-13,59	-13,19	-11,80	-11,79	-11,29	-11,24	-9,91	-10,13	-9,69	-8,59	-8,35	-7,41	-7,12



Studer n. 2 – Batteria TRB – Pendenze medie 4-16 kHz

TRBREC->	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
00	-9.62	-10.68	-9.79	-8.19	-7.58	-7.63	-6.98	-7.00	-6.89	-6.57	-6.32	-5.56	-5.27	-4.99	-5.11	-5.05	-4.63
10	-10.44	-10.11	-9.76	-9.04	-8.80	-8.42	-7.97	-7.74	-7.60	-7.12	-6.98	-6.85	-6.35	-5.95	-5.72	-5.91	-5.50
20	-7.43	-7.30	-6.58	-5.87	-5.48	-5.24	-4.90	-4.92	-4.45	-3.97	-3.83	-3.41	-3.23	-2.98	-2.77	-2.73	-2.22
30	-6.43	-6.42	-5.55	-4.75	-4.59	-4.17	-4.23	-4.12	-3.43	-2.99	-2.66	-2.54	-2.02	-2.17	-1.74	-1.70	-1.40
40	-6.09	-5.83	-4.94	-4.28	-3.99	-3.68	-3.28	-3.35	-3.10	-2.72	-2.44	-2.20	-1.84	-1.72	-1.58	-1.22	-0.82
50	-6.45	-5.08	-4.59	-4.03	-3.87	-3.50	-3.01	-2.83	-2.49	-2.41	-2.17	-1.92	-1.65	-1.57	-1.37	-1.21	-1.04
60	-4.67	-4.26	-4.11	-3.48	-3.01	-2.61	-2.17	-2.07	-1.86	-1.59	-1.63	-1.40	-1.26	-0.82	-0.73	-0.44	-0.15
70	-4.20	-3.86	-3.64	-3.00	-2.44	-1.93	-1.72	-1.43	-1.32	-1.26	-1.01	-1.09	-0.73	-0.51	-0.27	0.05	0.29
80	-3.67	-3.49	-3.23	-2.56	-2.01	-1.80	-1.26	-1.14	-1.03	-0.62	-0.73	-0.43	-0.39	-0.08	0.21	0.46	0.76
90	-3.31	-3.15	-2.84	-2.14	-1.67	-1.12	-0.81	-0.46	-0.39	-0.28	-0.06	-0.12	0.10	0.31	0.64	0.84	0.97
A0	-2.69	-2.55	-2.46	-1.57	-1.07	-0.75	-0.33	-0.19	-0.10	0.34	0.21	0.51	0.49	0.89	0.82	1.20	1.59
B0	-2.44	-2.16	-2.02	-1.28	-0.78	-0.31	-0.01	0.31	0.31	0.43	0.64	0.71	0.95	1.08	1.41	1.71	1.83
C0	-2.08	-1.88	-1.73	-0.94	-0.54	-0.05	0.26	0.58	0.68	1.03	0.95	1.34	1.28	1.56	1.71	1.75	2.17
D0	-2.10	-1.81	-1.64	-1.06	-0.37	0.08	0.32	0.50	0.69	0.93	0.89	1.23	1.52	1.56	1.70	1.95	2.15
E0	-1.31	-1.11	-0.91	-0.33	0.17	0.59	1.14	1.32	1.57	1.53	1.78	1.73	1.89	2.05	2.27	2.41	2.61
F0	-1.13	-0.87	-0.86	-0.18	0.41	1.00	1.30	1.34	1.60	1.69	1.90	1.98	2.36	2.37	2.62	2.68	2.76
FF	-0.61	-0.39	-0.23	0.06	0.69	1.00	1.76	1.89	2.21	2.15	2.49	2.48	2.76	2.88	2.95	3.14	3.16

In rosso i valori positivi.

Studer n. 1 - Batteria EQU - EQU REC 0E

Hz/EQUIREP	26	44	61	87	A3	E5
20	-31,45	-31,99	-32,02	-31,55	-31,95	-31,66
31,5	-26,38	-26,37	-26,18	-26,40	-26,25	-26,30
40	-26,38	-26,37	-26,18	-26,40	-26,25	-26,30
63	-23,09	-23,09	-23,03	-23,03	-23,05	-23,02
90	-21,03	-21,03	-21,03	-21,01	-20,99	-20,97
125	-19,54	-19,53	-19,53	-19,51	-19,49	-19,47
180	-19,42	-19,41	-19,40	-19,37	-19,36	-19,31
250	-19,05	-19,03	-19,03	-18,98	-18,96	-18,88
375	-18,48	-18,46	-18,40	-18,35	-18,27	-18,09
500	-18,06	-18,02	-17,95	-17,85	-17,74	-17,45
700	-18,48	-18,41	-18,31	-18,11	-17,93	-17,43
1000	-19,73	-19,59	-19,36	-19,01	-18,67	-17,79
1300	-21,93	-21,66	-21,28	-20,77	-20,23	-18,98
2000	-24,21	-23,70	-22,91	-21,92	-21,02	-19,08
2800	-25,72	-24,69	-23,80	-22,22	-21,11	-18,71
4000	-28,68	-26,90	-25,62	-23,50	-22,05	-19,11
6300	-33,13	-30,07	-28,70	-25,92	-24,20	-20,59
8000	-34,66	-31,00	-29,62	-26,73	-24,64	-20,25
10000	-36,41	-32,63	-30,36	-27,57	-25,73	-20,34
12500	-37,88	-34,22	-31,42	-27,79	-27,19	-21,02
14000	-38,91	-34,76	-32,06	-27,86	-27,30	-21,30
16000	-39,68	-35,28	-32,27	-28,68	-27,88	-22,30
18000	-40,44	-36,13	-32,92	-29,59	-28,34	-22,82
20000	-40,99	-36,82	-33,86	-31,04	-29,36	-23,90

Studer n. 1 - Batteria EQU - EQU REC 4C

Hz/EQUIREP	26	44	61	87	A3	E5
20	-31,45	-31,84	-31,86	-31,53	-31,58	-31,96
31,5	-26,35	-26,30	-26,32	-26,41	-26,17	-26,26
40	-26,35	-26,30	-26,32	-26,41	-26,17	-26,26
63	-23,04	-23,02	-23,04	-23,01	-23,02	-22,99
90	-21,04	-21,02	-20,99	-21,00	-20,97	-20,95
125	-19,52	-19,50	-19,49	-19,49	-19,47	-19,43
180	-19,38	-19,36	-19,35	-19,34	-19,32	-19,26
250	-18,97	-18,95	-18,93	-18,91	-18,88	-18,80
375	-18,33	-18,30	-18,25	-18,18	-18,10	-17,93
500	-17,80	-17,76	-17,69	-17,58	-17,47	-17,19
700	-18,03	-17,95	-17,83	-17,65	-17,47	-16,98
1000	-18,96	-18,82	-18,59	-18,21	-17,87	-17,02
1300	-20,83	-20,60	-20,27	-19,64	-19,11	-17,90
2000	-22,60	-22,12	-21,38	-20,23	-19,35	-17,48
2800	-23,63	-22,83	-21,66	-20,18	-19,14	-16,82
4000	-26,23	-24,89	-23,09	-21,07	-19,79	-17,06
6300	-30,29	-28,06	-25,57	-23,19	-21,94	-18,64
8000	-31,51	-29,24	-26,27	-23,47	-22,18	-18,50
10000	-33,07	-31,04	-28,15	-24,50	-22,78	-18,64
12500	-34,58	-31,59	-29,45	-25,87	-24,75	-20,05
14000	-35,03	-32,13	-29,85	-26,51	-25,25	-20,28
16000	-36,08	-32,31	-29,52	-27,40	-25,64	-20,87
18000	-36,78	-33,42	-30,19	-28,25	-26,21	-21,64
20000	-37,87	-34,27	-30,57	-28,73	-26,93	-22,34

Studer n. 1 - Batteria EQU - EQU REC 75

Hz/EQUIREP	26	44	61	87	A3	E5
20	-31,56	-31,62	-31,89	-31,91	-32,00	-31,68
31,5	-26,43	-26,31	-26,26	-26,15	-26,21	-26,18
40	-26,43	-26,31	-26,26	-26,15	-26,21	-26,18
63	-23,04	-23,05	-23,05	-23,04	-23,00	-23,00
90	-21,02	-21,00	-20,99	-20,98	-20,97	-20,94
125	-19,51	-19,51	-19,50	-19,48	-19,47	-19,44
180	-19,34	-19,34	-19,33	-19,30	-19,30	-19,24
250	-18,93	-18,93	-18,91	-18,87	-18,86	-18,77
375	-18,27	-18,23	-18,21	-18,13	-18,05	-17,88
500	-17,68	-17,63	-17,58	-17,47	-17,36	-17,09
700	-17,80	-17,74	-17,62	-17,43	-17,26	-16,78
1000	-18,58	-18,41	-18,21	-17,84	-17,49	-16,67
1300	-20,12	-20,00	-19,61	-19,08	-18,55	-17,39
2000	-21,72	-21,08	-20,46	-19,38	-18,44	-16,71
2800	-22,42	-21,66	-20,42	-18,98	-17,98	-15,92
4000	-25,03	-23,70	-21,83	-19,94	-18,65	-16,46
6300	-28,96	-27,05	-23,94	-21,91	-20,39	-18,09
8000	-31,01	-28,46	-25,28	-22,94	-21,41	-19,32
10000	-31,89	-29,25	-25,43	-23,13	-21,79	-19,52
12500	-33,51	-29,89	-26,93	-23,71	-23,37	-19,91
14000	-33,75	-30,46	-27,37	-23,70	-23,57	-20,37
16000	-34,45	-31,44	-28,46	-24,13	-23,96	-20,87
18000	-35,37	-31,93	-29,15	-24,81	-24,26	-22,30
20000	-36,47	-32,57	-30,08	-25,72	-24,73	-22,69

Studer n. 1 - Batteria EQU - EQU REC 82

Hz/EQUIREP	26	44	61	87	A3	E5
20	-31,80	-31,75	-31,92	-31,92	-31,65	-31,56
31,5	-26,29	-26,23	-26,29	-26,14	-26,15	-26,40
40	-26,29	-26,23	-26,29	-26,14	-26,15	-26,40
63	-23,06	-23,01	-23,01	-22,99	-23,02	-22,96
90	-21,00	-21,01	-20,98	-20,98	-20,95	-20,94
125	-19,50	-19,48	-19,47	-19,46	-19,45	-19,41
180	-19,34	-19,33	-19,32	-19,30	-19,29	-19,24
250	-18,90	-18,90	-18,88	-18,84	-18,83	-18,74
375	-18,24	-18,20	-18,15	-18,08	-18,01	-17,85
500	-17,64	-17,59	-17,51	-17,40	-17,30	-17,03
700	-17,71	-17,63	-17,51	-17,32	-17,16	-16,68
1000	-18,42	-18,24	-18,00	-17,63	-17,30	-16,49
1300	-19,91	-19,70	-19,37	-18,80	-18,26	-17,15
2000	-21,31	-20,63	-19,84	-18,77	-17,87	-16,21
2800	-21,73	-20,71	-19,47	-18,05	-17,07	-15,02
4000	-24,00	-22,17	-20,21	-18,36	-17,17	-15,00
6300	-27,72	-24,44	-21,64	-19,49	-18,56	-16,53
8000	-29,14	-25,02	-21,47	-19,31	-18,32	-16,81
10000	-31,28	-26,83	-22,23	-20,14	-18,44	-17,59
12500	-32,30	-27,28	-22,30	-20,28	-20,01	-18,76
14000	-32,96	-27,90	-23,08	-21,44	-20,13	-18,73
16000	-34,10	-28,97	-23,91	-21,37	-20,87	-19,11
18000	-34,16	-29,50	-24,86	-22,27	-21,75	-18,87
20000	-35,13	-30,90	-26,28	-22,96	-22,89	-19,63

Studer n. 1 - Batteria EQU - EQU REC BA

Hz/EQUIREP	26	44	61	87	A3	E5
20	-31,58	-31,95	-31,62	-31,70	-31,64	-31,54
31,5	-26,31	-26,22	-26,42	-26,34	-26,16	-26,22
40	-26,31	-26,22	-26,42	-26,34	-26,16	-26,22
63	-22,98	-22,98	-23,01	-22,97	-22,97	-22,97
90	-20,99	-20,97	-20,95	-20,94	-20,92	-20,90
125	-19,47	-19,46	-19,45	-19,43	-19,41	-19,39
180	-19,31	-19,30	-19,28	-19,26	-19,24	-19,19
250	-18,86	-18,85	-18,83	-18,80	-18,76	-18,69
375	-18,16	-18,10	-18,07	-18,00	-17,92	-17,75
500	-17,49	-17,43	-17,37	-17,26	-17,15	-16,89
700	-17,48	-17,39	-17,27	-17,09	-16,91	-16,43
1000	-17,98	-17,77	-17,56	-17,20	-16,85	-16,03
1300	-19,27	-19,02	-18,67	-18,11	-17,58	-16,42
2000	-19,92	-19,18	-18,49	-17,44	-16,54	-14,78
2800	-19,71	-18,61	-17,36	-16,03	-14,95	-12,84
4000	-21,16	-19,17	-17,26	-15,56	-14,19	-11,88
6300	-24,05	-20,53	-17,63	-15,91	-14,37	-12,27
8000	-25,20	-20,55	-17,10	-15,58	-13,79	-11,96
10000	-27,12	-21,19	-17,42	-15,99	-13,68	-11,88
12500	-28,06	-21,83	-17,19	-16,57	-14,41	-12,72
14000	-28,99	-22,43	-17,59	-17,08	-14,52	-13,36
16000	-29,60	-23,38	-18,40	-17,83	-15,13	-13,88
18000	-30,47	-24,36	-18,66	-18,37	-16,02	-14,44
20000	-31,35	-25,17	-20,06	-19,22	-16,76	-14,78

Studer n. 1 - Batteria EQU - EQU REC DE

Hz/EQUIREP	26	44	61	87	A3	E5
20	-31,39	-31,57	-31,53	-31,42	-31,40	-31,43
31,5	-26,21	-26,16	-26,05	-26,13	-26,28	-26,19
40	-26,21	-26,16	-26,05	-26,13	-26,28	-26,19
63	-22,98	-22,92	-22,94	-22,92	-22,92	-22,89
90	-20,92	-20,91	-20,89	-20,87	-20,87	-20,86
125	-19,41	-19,39	-19,39	-19,37	-19,36	-19,33
180	-19,23	-19,22	-19,21	-19,19	-19,17	-19,13
250	-18,78	-18,78	-18,76	-18,73	-18,70	-18,62
375	-18,09	-18,02	-17,98	-17,90	-17,85	-17,68
500	-17,40	-17,34	-17,27	-17,16	-17,07	-16,79
700	-17,34	-17,26	-17,13	-16,95	-16,77	-16,29
1000	-17,78	-17,57	-17,34	-16,97	-16,66	-15,83
1300	-18,88	-18,75	-18,38	-17,77	-17,32	-16,13
2000	-19,42	-18,65	-17,89	-16,81	-16,01	-14,21
2800	-18,51	-17,60	-16,39	-15,01	-13,85	-11,69
4000	-19,20	-17,55	-15,68	-13,90	-12,40	-9,98
6300	-20,23	-17,44	-14,92	-13,00	-10,99	-8,49
8000	-20,66	-17,03	-13,90	-12,07	-9,73	-7,30
10000	-22,51	-17,63	-13,70	-11,95	-9,06	-6,87
12500	-22,42	-16,88	-13,35	-12,05	-8,69	-6,51
14000	-24,02	-17,37	-13,90	-13,03	-8,84	-7,02
16000	-24,69	-17,46	-15,16	-13,32	-9,45	-7,49
18000	-25,53	-18,48	-15,65	-13,69	-9,89	-8,15
20000	-25,95	-19,01	-17,29	-14,68	-10,42	-9,02

Studer n. 2 - Batteria EQU - EQU REC 0E

Hz/EQUIREP	26	44	61	87	A3	E5
20	-26,76	-26,89	-26,82	-26,74	-26,92	-26,73
31,5	-21,34	-21,35	-21,39	-21,35	-21,42	-21,50
40	-21,34	-21,35	-21,39	-21,35	-21,42	-21,50
63	-17,99	-17,98	-17,98	-17,98	-17,95	-17,93
90	-15,76	-15,77	-15,76	-15,74	-15,76	-15,74
125	-14,06	-14,06	-14,06	-14,05	-14,05	-14,02
180	-13,77	-13,76	-13,76	-13,76	-13,76	-13,70
250	-13,29	-13,28	-13,28	-13,26	-13,25	-13,17
375	-12,69	-12,67	-12,63	-12,56	-12,51	-12,34
500	-12,33	-12,29	-12,23	-12,13	-12,05	-11,77
700	-12,82	-12,76	-12,66	-12,48	-12,32	-11,83
1000	-14,27	-14,13	-13,90	-13,53	-13,22	-12,37
1300	-16,56	-16,33	-16,04	-15,43	-14,94	-13,76
2000	-19,31	-18,79	-17,99	-16,87	-16,05	-14,24
2800	-20,84	-19,90	-18,82	-17,35	-16,34	-14,08
4000	-23,78	-22,15	-20,50	-18,52	-17,28	-14,69
6300	-27,74	-24,94	-22,81	-20,56	-19,28	-16,41
8000	-28,83	-25,48	-22,96	-20,47	-19,13	-16,14
10000	-30,77	-27,04	-23,85	-20,91	-19,36	-16,29
12500	-31,21	-27,23	-24,37	-21,77	-20,52	-17,28
14000	-32,47	-28,49	-25,07	-22,05	-20,59	-17,31
16000	-33,11	-29,04	-26,35	-24,11	-22,41	-19,20
18000	-34,44	-30,54	-27,06	-24,08	-22,77	-19,24
20000	-35,73	-31,69	-29,08	-26,16	-24,38	-20,99



Studer n. 2 - Batteria EQU - EQU REC 4C

Hz/EQUIREP	26	44	61	87	A3	E5
20	-26,80	-26,60	-26,80	-26,50	-26,80	-26,60
31,5	-21,30	-21,40	-21,40	-21,30	-21,30	-21,30
40	-21,30	-21,40	-21,40	-21,30	-21,30	-21,30
63	-18,00	-18,00	-17,90	-18,00	-18,00	-17,90
90	-15,80	-15,80	-15,80	-15,70	-15,70	-15,70
125	-14,00	-14,00	-14,00	-14,00	-14,00	-14,00
180	-13,70	-13,70	-13,70	-13,70	-13,70	-13,70
250	-13,20	-13,20	-13,20	-13,20	-13,20	-13,10
375	-12,60	-12,50	-12,50	-12,40	-12,40	-12,20
500	-12,10	-12,00	-12,00	-11,90	-11,80	-11,50
700	-12,40	-12,30	-12,20	-12,00	-11,90	-11,40
1000	-13,50	-13,40	-13,20	-12,80	-12,50	-11,60
1300	-15,50	-15,30	-15,00	-14,40	-13,90	-12,80
2000	-17,80	-17,20	-16,50	-15,40	-14,50	-12,80
2800	-18,90	-18,00	-16,90	-15,40	-14,40	-12,20
4000	-21,60	-19,90	-18,30	-16,30	-15,10	-12,50
6300	-25,30	-22,50	-20,30	-17,90	-16,80	-13,80
8000	-26,30	-22,70	-20,40	-17,80	-16,40	-13,50
10000	-28,30	-23,90	-21,30	-18,50	-16,40	-13,90
12500	-28,40	-23,80	-21,30	-18,70	-17,20	-14,30
14000	-29,70	-24,70	-22,10	-19,20	-17,00	-14,60
16000	-29,90	-25,10	-22,90	-20,40	-18,70	-16,10
18000	-31,30	-25,90	-23,50	-20,70	-18,40	-16,10
20000	-32,10	-27,00	-25,10	-22,80	-19,80	-18,20

Studer n. 2 - Batteria EQU - EQU REC 75

Hz/EQUIREP	26	44	61	87	A3	E5
20	-26,60	-26,80	-26,60	-26,80	-26,50	-26,60
31,5	-21,50	-21,40	-21,40	-21,40	-21,50	-21,30
40	-21,50	-21,40	-21,40	-21,40	-21,50	-21,30
63	-17,90	-18,00	-18,00	-17,90	-18,00	-17,90
90	-15,80	-15,80	-15,80	-15,80	-15,70	-15,70
125	-14,00	-14,00	-14,00	-14,00	-14,00	-14,00
180	-13,70	-13,70	-13,70	-13,70	-13,70	-13,70
250	-13,20	-13,20	-13,20	-13,20	-13,10	-13,10
375	-12,50	-12,50	-12,40	-12,40	-12,30	-12,10
500	-12,00	-11,90	-11,90	-11,80	-11,70	-11,40
700	-12,20	-12,10	-12,00	-11,80	-11,60	-11,10
1000	-13,10	-12,90	-12,70	-12,40	-12,00	-11,20
1300	-14,80	-14,60	-14,40	-13,80	-13,30	-12,10
2000	-16,70	-16,20	-15,40	-14,30	-13,40	-11,70
2800	-17,50	-16,60	-15,50	-14,00	-13,00	-10,70
4000	-19,90	-18,20	-16,60	-14,60	-13,40	-10,80
6300	-23,20	-20,50	-18,30	-16,00	-14,80	-11,80
8000	-24,20	-20,80	-18,20	-15,80	-14,40	-11,40
10000	-26,20	-22,10	-19,00	-16,20	-14,50	-11,70
12500	-26,00	-21,90	-18,90	-16,40	-15,10	-12,00
14000	-27,40	-23,00	-19,60	-16,70	-15,10	-12,20
16000	-27,30	-23,20	-20,30	-18,10	-17,00	-13,80
18000	-28,90	-24,30	-20,80	-18,00	-16,50	-13,50
20000	-29,30	-25,20	-22,20	-20,30	-18,20	-15,60

Studer n. 2 - Batteria EQU - EQU REC 82

Hz/EQUIREP	26	44	61	87	A3	E5
20	-26,84	-26,74	-26,75	-26,71	-26,80	-26,85
31,5	-21,42	-21,45	-21,32	-21,41	-21,46	-21,26
40	-21,42	-21,45	-21,32	-21,41	-21,46	-21,26
63	-17,97	-17,96	-17,99	-17,97	-17,97	-17,97
90	-15,79	-15,78	-15,75	-15,78	-15,74	-15,72
125	-14,04	-14,04	-14,02	-14,04	-14,02	-13,99
180	-13,72	-13,72	-13,71	-13,72	-13,70	-13,65
250	-13,19	-13,18	-13,17	-13,17	-13,14	-13,05
375	-12,48	-12,45	-12,40	-12,36	-12,28	-12,11
500	-11,94	-11,90	-11,84	-11,76	-11,64	-11,37
700	-12,11	-12,03	-11,93	-11,77	-11,58	-11,09
1000	-13,00	-12,84	-12,61	-12,27	-11,91	-11,08
1300	-14,68	-14,46	-14,17	-13,64	-13,08	-11,93
2000	-16,42	-15,84	-15,08	-14,02	-13,09	-11,34
2800	-17,06	-16,10	-15,01	-13,58	-12,51	-10,25
4000	-19,35	-17,66	-16,01	-14,09	-12,76	-10,20
6300	-22,62	-19,78	-17,61	-15,39	-14,05	-11,16
8000	-23,56	-20,02	-17,56	-15,14	-13,63	-10,75
10000	-25,55	-21,33	-18,44	-15,63	-13,64	-11,01
12500	-25,45	-20,97	-18,34	-15,82	-14,23	-11,33
14000	-26,87	-22,07	-19,11	-16,25	-14,18	-11,56
16000	-26,86	-22,16	-19,73	-17,45	-15,96	-13,05
18000	-28,39	-23,27	-20,40	-17,57	-15,47	-12,88
20000	-28,94	-24,02	-21,77	-19,67	-17,03	-14,91

Studer n. 2 - Batteria EQU - EQU REC BA

Hz/EQUIREP	26	44	61	87	A3	E5
20	-26,59	-26,64	-26,54	-26,74	-26,52	-26,70
31,5	-21,39	-21,40	-21,41	-21,32	-21,45	-21,47
40	-21,39	-21,40	-21,41	-21,32	-21,45	-21,47
63	-17,95	-17,94	-17,96	-17,93	-17,97	-17,91
90	-15,76	-15,75	-15,74	-15,75	-15,72	-15,73
125	-14,02	-14,02	-14,01	-14,01	-14,00	-13,98
180	-13,68	-13,68	-13,68	-13,67	-13,68	-13,62
250	-13,13	-13,13	-13,13	-13,11	-13,10	-13,02
375	-12,40	-12,37	-12,33	-12,27	-12,21	-12,05
500	-11,81	-11,77	-11,71	-11,62	-11,53	-11,26
700	-11,87	-11,80	-11,70	-11,51	-11,36	-10,87
1000	-12,56	-12,40	-12,18	-11,83	-11,49	-10,67
1300	-13,98	-13,78	-13,49	-12,95	-12,42	-11,28
2000	-15,11	-14,52	-13,77	-12,72	-11,82	-10,07
2800	-15,02	-14,09	-12,99	-11,48	-10,51	-8,24
4000	-16,52	-14,89	-13,21	-11,21	-10,01	-7,41
6300	-18,86	-16,16	-13,91	-11,47	-10,42	-7,43
8000	-19,53	-16,17	-13,58	-10,97	-9,81	-6,76
10000	-21,37	-17,27	-14,22	-11,44	-9,75	-6,87
12500	-20,94	-16,83	-13,87	-11,07	-10,13	-6,84
14000	-22,43	-17,92	-14,63	-11,71	-10,25	-7,15
16000	-22,21	-18,13	-15,19	-12,35	-12,04	-8,42
18000	-23,77	-19,19	-15,72	-12,70	-11,63	-8,24
20000	-24,09	-20,10	-17,10	-14,19	-13,31	-10,47

Studer n. 2 - Batteria EQU - EQU REC DE

Hz/EQUIREP	26	44	61	87	A3	E5
20	-26,72	-26,86	-26,49	-26,72	-26,66	-26,61
31,5	-21,35	-21,25	-21,47	-21,42	-21,43	-21,32
40	-21,35	-21,25	-21,47	-21,42	-21,43	-21,32
63	-17,93	-17,96	-17,92	-17,92	-17,94	-17,91
90	-15,75	-15,72	-15,73	-15,73	-15,72	-15,72
125	-13,99	-13,99	-13,99	-13,98	-13,98	-13,97
180	-13,66	-13,66	-13,67	-13,65	-13,65	-13,60
250	-13,10	-13,09	-13,10	-13,07	-13,07	-12,99
375	-12,37	-12,35	-12,30	-12,25	-12,19	-12,03
500	-11,79	-11,75	-11,69	-11,60	-11,51	-11,24
700	-11,76	-11,69	-11,60	-11,42	-11,26	-10,77
1000	-12,42	-12,25	-12,02	-11,68	-11,34	-10,52
1300	-13,65	-13,45	-13,23	-12,66	-12,22	-11,07
2000	-14,62	-14,10	-13,27	-12,28	-11,36	-9,61
2800	-13,98	-13,02	-11,97	-10,46	-9,46	-7,21
4000	-14,93	-13,24	-11,61	-9,63	-8,36	-5,79
6300	-15,81	-12,98	-10,96	-8,51	-7,28	-4,38
8000	-16,24	-12,67	-10,24	-7,73	-6,27	-3,35
10000	-17,68	-13,76	-10,49	-8,08	-5,96	-3,22
12500	-16,82	-12,24	-9,50	-7,02	-5,37	-2,34
14000	-18,31	-13,91	-10,41	-8,11	-5,79	-2,98
16000	-17,92	-13,10	-10,69	-8,25	-6,87	-3,59
18000	-19,49	-14,87	-11,29	-9,18	-6,69	-3,79
20000	-19,73	-14,63	-12,43	-10,11	-8,81	-5,31

Studer n. 1 - Batteria BAS

Hz/BASREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-31,39	-30,27	-29,02	-27,23	-25,73	-24,40	-23,14	-22,15	-21,20	-20,29	-19,50	-18,79	-18,11	-17,49	-16,91	-16,38	-15,87
31,5	-26,08	-25,39	-24,40	-23,45	-22,18	-21,27	-20,26	-19,44	-18,54	-17,86	-17,09	-16,38	-15,71	-15,05	-14,49	-13,97	-13,57
40	-26,08	-25,39	-24,40	-23,45	-22,18	-21,27	-20,26	-19,44	-18,54	-17,89	-17,15	-16,45	-15,77	-15,08	-14,55	-14,05	-13,70
63	-22,86	-22,55	-22,09	-21,51	-20,89	-20,20	-19,55	-18,88	-18,22	-17,59	-16,99	-16,43	-15,88	-15,37	-14,86	-14,39	-13,94
90	-20,79	-20,65	-20,42	-20,11	-19,73	-19,33	-18,86	-18,40	-17,95	-17,47	-17,02	-16,53	-16,08	-15,63	-15,20	-14,78	-14,42
125	-19,27	-19,21	-19,09	-18,93	-18,72	-18,48	-18,21	-17,92	-17,61	-17,28	-16,96	-16,61	-16,28	-15,93	-15,59	-15,25	-14,94
180	-19,10	-19,07	-19,03	-18,96	-18,86	-18,75	-18,62	-18,45	-18,29	-18,10	-17,90	-17,70	-17,49	-17,26	-17,03	-16,79	-16,57
250	-18,65	-18,65	-18,64	-18,62	-18,57	-18,52	-18,46	-18,37	-18,29	-18,19	-18,08	-17,97	-17,86	-17,71	-17,58	-17,42	-17,29
375	-17,95	-17,96	-17,96	-17,96	-17,96	-17,95	-17,92	-17,90	-17,87	-17,83	-17,80	-17,74	-17,68	-17,63	-17,57	-17,52	-17,45
500	-17,30	-17,32	-17,33	-17,34	-17,35	-17,35	-17,34	-17,34	-17,34	-17,32	-17,31	-17,29	-17,26	-17,24	-17,21	-17,19	-17,16
700	-17,29	-17,31	-17,33	-17,35	-17,36	-17,37	-17,38	-17,38	-17,40	-17,40	-17,41	-17,41	-17,41	-17,40	-17,40	-17,39	-17,39
1000	-17,81	-17,83	-17,85	-17,86	-17,89	-17,90	-17,89	-17,92	-17,95	-17,95	-17,98	-17,97	-17,95	-17,99	-17,98	-18,02	-18,02
1300	-19,08	-19,13	-19,16	-19,19	-19,18	-19,22	-19,25	-19,21	-19,24	-19,29	-19,28	-19,35	-19,33	-19,34	-19,38	-19,34	-19,41
2000	-19,72	-19,77	-19,75	-19,73	-19,83	-19,81	-19,73	-19,82	-19,89	-19,85	-19,93	-19,87	-19,77	-19,90	-19,83	-19,98	-19,97
2800	-19,21	-19,34	-19,34	-19,32	-19,36	-19,39	-19,33	-19,31	-19,40	-19,45	-19,43	-19,51	-19,48	-19,48	-19,48	-19,48	-19,60
4000	-19,99	-20,21	-20,18	-20,10	-20,21	-20,23	-20,06	-20,04	-20,21	-20,27	-20,25	-20,34	-20,21	-20,26	-20,21	-20,26	-20,46
6300	-21,21	-21,79	-21,66	-21,51	-21,67	-21,78	-21,40	-21,21	-21,60	-21,81	-21,67	-21,99	-21,77	-21,71	-21,69	-21,62	-22,08
8000	-21,18	-22,00	-21,78	-21,49	-21,85	-21,92	-21,23	-21,10	-21,74	-21,93	-21,81	-22,13	-21,57	-21,77	-21,52	-21,69	-22,36
10000	-22,26	-23,08	-22,86	-22,49	-23,31	-23,07	-21,92	-22,11	-23,02	-22,74	-23,14	-23,24	-21,98	-22,74	-22,05	-22,98	-23,91
12500	-22,00	-23,66	-22,94	-22,61	-23,45	-23,57	-21,93	-21,66	-23,15	-23,33	-23,28	-23,84	-22,43	-23,13	-22,41	-23,05	-24,31
14000	-22,96	-24,26	-23,76	-23,57	-24,87	-24,56	-22,57	-22,67	-24,28	-23,74	-24,42	-24,76	-22,71	-23,89	-22,81	-24,29	-25,29
16000	-23,23	-25,33	-24,17	-24,32	-25,34	-25,82	-23,34	-22,62	-25,03	-24,47	-25,21	-26,00	-24,14	-25,14	-24,19	-24,99	-25,95
18000	-24,37	-26,03	-24,96	-25,52	-26,90	-26,95	-24,09	-23,94	-26,25	-25,12	-26,41	-26,76	-24,19	-25,79	-24,44	-26,49	-26,60
20000	-25,26	-27,01	-25,78	-26,78	-27,59	-27,28	-25,56	-24,43	-27,58	-25,89	-27,37	-27,64	-25,39	-26,43	-25,80	-26,48	-27,64

Studer n. 2 - Batteria BAS

Hz/BASREP	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90	A0	B0	C0	D0	E0	F0	FF
20	-25,92	-24,73	-23,12	-21,39	-19,90	-18,60	-17,41	-16,31	-15,46	-14,55	-13,79	-13,07	-12,41	-11,81	-11,19	-10,63	-10,34
31,5	-20,53	-20,17	-18,95	-17,87	-16,83	-15,93	-15,01	-14,28	-13,42	-12,58	-11,88	-11,23	-10,56	-9,97	-9,41	-8,80	-8,45
40	-20,53	-20,17	-18,95	-17,87	-16,83	-15,93	-15,01	-14,28	-13,45	-12,58	-11,92	-11,31	-10,65	-10,09	-9,50	-8,85	-8,45
63	-17,18	-16,86	-16,44	-15,93	-15,33	-14,70	-14,11	-13,47	-12,81	-12,23	-11,65	-11,10	-10,57	-10,03	-9,56	-9,09	-8,73
90	-14,94	-14,82	-14,62	-14,33	-13,99	-13,61	-13,17	-12,74	-12,32	-11,85	-11,39	-10,96	-10,52	-10,11	-9,68	-9,27	-9,07
125	-13,21	-13,15	-13,05	-12,90	-12,71	-12,50	-12,25	-11,98	-11,68	-11,38	-11,07	-10,76	-10,43	-10,11	-9,79	-9,47	-9,30
180	-12,88	-12,87	-12,82	-12,76	-12,67	-12,58	-12,45	-12,31	-12,14	-11,97	-11,80	-11,62	-11,41	-11,20	-10,99	-10,78	-10,57
250	-12,33	-12,34	-12,31	-12,29	-12,27	-12,23	-12,17	-12,09	-12,00	-11,91	-11,83	-11,74	-11,61	-11,50	-11,37	-11,24	-11,14
375	-11,59	-11,62	-11,64	-11,65	-11,63	-11,61	-11,61	-11,58	-11,58	-11,53	-11,48	-11,44	-11,40	-11,36	-11,30	-11,23	-11,25
500	-11,01	-11,06	-11,07	-11,08	-11,08	-11,08	-11,08	-11,08	-11,10	-11,07	-11,06	-11,04	-11,02	-11,01	-10,98	-10,95	-11,07
700	-11,08	-11,14	-11,14	-11,15	-11,17	-11,19	-11,19	-11,20	-11,23	-11,21	-11,23	-11,23	-11,22	-11,22	-11,22	-11,22	-11,39
1000	-11,79	-11,87	-11,91	-11,91	-11,91	-11,92	-11,93	-11,94	-12,05	-11,99	-12,01	-11,98	-12,00	-12,01	-12,01	-12,01	-12,13
1300	-13,21	-13,31	-13,25	-13,23	-13,32	-13,41	-13,34	-13,36	-13,37	-13,35	-13,50	-13,49	-13,44	-13,47	-13,48	-13,54	-13,55
2000	-14,30	-14,44	-14,50	-14,43	-14,52	-14,48	-14,47	-14,51	-14,64	-14,55	-14,66	-14,48	-14,55	-14,55	-14,55	-14,51	-14,73
2800	-14,05	-14,38	-14,40	-14,22	-14,33	-14,46	-14,21	-14,29	-14,69	-14,29	-14,64	-14,37	-14,30	-14,34	-14,32	-14,39	-14,38
4000	-15,09	-15,68	-15,80	-15,43	-15,57	-15,77	-15,28	-15,42	-16,30	-15,44	-16,06	-15,48	-15,36	-15,42	-15,36	-15,44	-15,53
6300	-16,54	-17,57	-18,03	-17,14	-17,57	-18,04	-16,84	-17,12	-18,89	-17,07	-18,64	-17,22	-16,90	-17,02	-16,94	-17,07	-17,06
8000	-16,81	-18,56	-19,41	-17,93	-18,46	-19,05	-17,23	-17,69	-20,64	-17,76	-19,91	-17,72	-17,32	-17,48	-17,30	-17,45	-17,66
10000	-18,35	-19,56	-21,38	-19,91	-20,37	-20,77	-18,61	-19,29	-22,60	-19,63	-22,00	-19,09	-18,83	-18,89	-18,65	-18,81	-18,99
12500	-18,18	-20,93	-22,89	-20,35	-21,46	-22,08	-18,88	-19,69	-23,21	-20,16	-23,28	-19,60	-19,04	-19,26	-19,06	-19,05	-19,32
14000	-19,55	-21,23	-23,27	-21,50	-22,57	-22,96	-19,82	-20,68	-24,07	-21,55	-24,12	-20,48	-20,22	-20,31	-20,08	-20,17	-20,25
16000	-19,64	-22,42	-24,51	-22,43	-23,99	-24,08	-20,79	-21,74	-25,18	-22,43	-24,96	-21,45	-20,77	-20,94	-21,11	-20,70	-20,47
18000	-21,27	-23,30	-24,91	-23,28	-24,75	-25,00	-21,68	-22,42	-25,60	-23,76	-26,03	-22,20	-22,07	-22,20	-22,20	-22,01	-21,79
20000	-21,93	-24,64	-26,27	-24,88	-26,23	-26,49	-23,30	-23,91	-26,86	-24,99	-26,99	-23,41	-23,06	-23,06	-23,81	-23,02	-22,76

Studer n. 1 - Confronto CCIR/NAB - **Registrazione con settaggio CCIR**

Hz/REP	NAB	CCIR
20	-29,04	-22,12
31,5	-23,57	-19,35
40	-23,57	-19,35
63	-20,89	-18,85
90	-19,50	-18,39
125	-18,45	-17,89
180	-18,65	-18,42
250	-18,41	-18,35
375	-17,85	-17,89
500	-17,25	-17,33
700	-17,27	-17,36
1000	-17,81	-17,92
1300	-19,06	-19,17
2000	-19,77	-19,89
2800	-19,21	-19,35
4000	-19,99	-20,17
6300	-21,15	-21,49
8000	-21,11	-21,64
10000	-22,29	-22,91
12500	-21,82	-22,86
14000	-22,84	-23,79
16000	-22,95	-24,27
18000	-24,11	-25,17
20000	-24,98	-26,14



Studer n. 1 - Confronto CCIR/NAB - **Registrazione con settaggio NAB**

Hz/REP	NAB	CCIR
20	-22,55	-14,11
31,5	-19,62	-14,46
40	-19,62	-15,41
63	-18,96	-16,94
90	-18,45	-17,33
125	-17,89	-17,34
180	-18,38	-18,18
250	-18,29	-18,24
375	-17,79	-17,84
500	-17,23	-17,31
700	-17,27	-17,38
1000	-17,81	-17,92
1300	-19,13	-19,28
2000	-19,71	-19,78
2800	-19,25	-19,39
4000	-19,99	-20,16
6300	-21,20	-21,55
8000	-21,04	-21,50
10000	-21,96	-22,35
12500	-21,51	-22,43
14000	-22,47	-23,26
16000	-22,36	-23,72
18000	-23,67	-24,87
20000	-23,87	-25,54

Studer n. 2 - Confronto CCIR/NAB - **Registrazione con settaggio CCIR**

Hz/REP	NAB	CCIR
20	-23,73	-16,30
31,5	-18,44	-14,10
40	-18,44	-14,10
63	-15,44	-13,41
90	-13,80	-12,72
125	-12,49	-11,95
180	-12,49	-12,28
250	-12,12	-12,08
375	-11,50	-11,55
500	-10,96	-11,05
700	-11,06	-11,16
1000	-11,79	-11,89
1300	-13,23	-13,34
2000	-14,36	-14,40
2800	-14,12	-14,14
4000	-15,20	-15,12
6300	-16,78	-16,52
8000	-17,12	-16,63
10000	-18,78	-17,98
12500	-18,85	-17,62
14000	-20,28	-18,86
16000	-20,93	-19,00
18000	-22,46	-20,38
20000	-24,03	-21,26

Studer n. 2 - Confronto CCIR/NAB - **Registrazione con settaggio NAB**

Hz/REP	NAB	CCIR
20	-16,47	-8,04
31,5	-14,12	-8,93
40	-14,12	-9,87
63	-13,39	-11,33
90	-12,65	-11,60
125	-11,88	-11,34
180	-12,20	-11,99
250	-11,98	-11,94
375	-11,45	-11,51
500	-10,95	-11,04
700	-11,08	-11,18
1000	-11,80	-11,93
1300	-13,30	-13,38
2000	-14,29	-14,45
2800	-14,13	-14,20
4000	-15,14	-15,20
6300	-16,65	-16,63
8000	-16,76	-16,82
10000	-17,92	-18,31
12500	-17,86	-18,08
14000	-18,92	-19,52
16000	-19,29	-19,61
18000	-20,55	-21,47
20000	-21,45	-22,03

Studer n. 1 – Tolleranze

Hz	Dev. St. TRB	Dev. St. EQU	Dev. St. BAS
20	1.47	0.04	0.02
31.5	1.49	0.08	0.14
40	1.49	0.08	0.16
63	1.49	0.15	0.02
90	1.49	0.11	0.02
125	1.50	0.13	0.03
180	1.49	0.12	0.05
250	1.50	0.14	0.05
375	1.57	0.12	0.04
500	1.54	0.12	0.04
700	1.51	0.14	0.04
1000	1.57	0.15	0.03
1300	1.68	0.19	0.06
2000	1.73	0.26	0.03
2800	1.30	0.47	0.06
4000	1.25	0.83	0.05
6300	1.06	1.37	0.19
8000	0.53	2.34	0.18
10000	1.46	1.88	0.03
12500	0.41	3.01	0.43
14000	0.84	2.91	0.19
16000	0.79	3.26	0.11
18000	0.36	3.37	0.64
20000	0.73	3.44	0.32

Studer n.2 – Tolleranze

Hz	Dev. St. TRB	Dev. St. EQU	Dev. St. BAS
20	0.87	0.58	0.07
31.5	1.07	0.57	0.05
40	1.07	0.57	0.03
63	1.07	0.66	0.10
90	1.03	0.64	0.08
125	1.08	0.66	0.09
180	1.10	0.65	0.08
250	1.12	0.66	0.07
375	0.99	0.65	0.11
500	1.03	0.65	0.10
700	1.08	0.65	0.09
1000	0.94	0.65	0.13
1300	0.72	0.66	0.01
2000	0.56	0.64	0.19
2800	1.40	0.64	0.07
4000	1.43	0.62	0.17
6300	0.55	0.58	0.18
8000	0.88	0.49	0.62
10000	0.71	0.40	1.25
12500	0.17	0.22	1.56
14000	0.05	0.16	1.91
16000	0.44	0.02	2.06
18000	0.60	0.14	2.28
20000	0.65	0.28	2.25

Studer/Revox – Batteria REC

Hz/RECEQ	1	2	3	4	5	6	7
20	-1,60	-1,35	-1,21	-1,56	-1,34	-1,35	-1,36
31,5	2,62	2,63	2,59	2,66	2,63	2,64	2,69
40	2,81	2,84	2,81	2,88	2,84	2,87	2,93
63	3,70	3,77	3,74	3,76	3,75	3,74	3,74
90	3,91	3,92	3,92	3,92	3,96	3,91	3,95
125	4,31	4,36	4,35	4,35	4,38	4,33	4,36
180	3,45	3,51	3,48	3,48	3,51	3,47	3,50
250	3,27	3,36	3,34	3,34	3,38	3,33	3,36
375	3,75	3,79	3,77	3,78	3,82	3,75	3,82
500	4,06	4,14	4,12	4,13	4,18	4,10	4,16
700	3,71	3,82	3,79	3,81	3,87	3,79	3,85
1000	3,15	3,24	3,22	3,26	3,34	3,22	3,33
1300	1,83	1,85	1,85	1,91	2,00	1,86	2,05
2000	1,20	1,25	1,27	1,42	1,57	1,37	1,65
2800	0,27	0,71	0,69	1,00	1,20	1,05	1,20
4000	-0,99	-0,35	-0,32	0,29	0,60	0,34	0,63
6300	-3,28	-2,91	-2,51	-1,30	-0,78	-1,55	-0,35
8000	-5,49	-5,18	-4,38	-2,84	-2,18	-2,87	-1,49
10000	-8,35	-6,12	-6,08	-3,10	-2,26	-4,12	-2,50
12500	-10,80	-9,01	-8,29	-4,92	-4,00	-6,14	-3,69
14000	-12,12	-10,28	-9,47	-5,88	-4,73	-7,16	-4,74
16000	-14,00	-11,46	-11,09	-6,20	-5,04	-8,29	-6,01
18000	-16,34	-13,99	-12,82	-7,97	-6,86	-9,75	-6,97
20000	-18,49	-15,93	-14,92	-9,58	-8,16	-11,69	-9,10

Studer/Revox – Batteria REP

Hz/TRBREP	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	-7,40	-7,14	-7,23	-7,07	-7,23	-6,99	-7,09	-6,73	-7,15
31,5	-3,17	-3,16	-3,10	-3,17	-3,16	-3,12	-3,07	-3,11	-3,04
40	-2,97	-2,96	-2,86	-3,00	-3,03	-2,97	-2,89	-2,93	-2,90
63	-2,12	-2,10	-2,07	-2,02	-2,00	-1,96	-1,93	-1,89	-1,86
90	-1,95	-1,92	-1,88	-1,85	-1,81	-1,79	-1,78	-1,72	-1,71
125	-1,49	-1,48	-1,45	-1,40	-1,38	-1,34	-1,34	-1,28	-1,26
180	-2,32	-2,30	-2,28	-2,23	-2,19	-2,16	-2,15	-2,09	-2,06
250	-2,45	-2,40	-2,40	-2,36	-2,31	-2,27	-2,27	-2,20	-2,17
375	-2,12	-2,12	-2,09	-2,04	-1,99	-1,97	-1,96	-1,90	-1,87
500	-1,72	-1,71	-1,69	-1,65	-1,62	-1,64	-1,67	-1,67	-1,68
700	-1,96	-1,96	-1,94	-1,87	-1,81	-1,76	-1,73	-1,65	-1,59
1000	-2,63	-2,66	-2,62	-2,52	-2,46	-2,41	-2,38	-2,32	-2,27
1300	-4,16	-4,06	-4,11	-4,02	-3,94	-3,84	-3,80	-3,65	-3,60
2000	-4,70	-4,88	-4,73	-4,48	-4,32	-4,25	-4,21	-4,23	-4,23
2800	-4,29	-4,26	-4,20	-3,88	-3,69	-3,39	-3,29	-3,10	-3,03
4000	-4,86	-4,89	-4,72	-4,13	-3,82	-3,39	-3,29	-3,14	-3,22
6300	-6,65	-6,46	-6,13	-5,00	-4,27	-3,32	-2,94	-2,45	-2,21
8000	-7,25	-7,36	-6,62	-4,96	-3,98	-2,90	-2,57	-2,20	-2,16
10000	-8,90	-9,58	-8,47	-5,76	-4,64	-3,30	-3,12	-2,71	-2,35
12500	-10,41	-10,89	-9,01	-6,14	-4,28	-2,87	-2,27	-1,74	-1,16
14000	-11,39	-12,04	-10,32	-6,54	-4,65	-3,22	-2,73	-2,06	-0,99
16000	-13,00	-13,27	-10,58	-6,97	-4,68	-3,05	-2,26	-1,74	-0,60
18000	-14,13	-14,81	-12,24	-7,58	-5,15	-3,71	-2,90	-2,24	-0,23
20000	-16,42	-17,29	-13,74	-9,01	-6,54	-4,71	-3,88	-3,20	-1,08

TEAC – Bias 1

Hz	EQ1	EQ2
	BIAS1	BIAS1
20	-25,74	-25,96
31,5	-21,70	-21,30
40	-20,53	-19,89
63	-19,34	-19,00
90	-19,46	-19,02
125	-17,79	-17,39
180	-18,05	-17,64
250	-17,01	-16,61
375	-15,99	-15,55
500	-15,60	-15,11
700	-15,49	-14,97
1000	-15,77	-15,14
1300	-16,74	-16,09
2000	-17,12	-16,15
2800	-18,34	-16,37
4000	-19,11	-17,49
6300	-20,14	-18,48
8000	-21,87	-21,22
10000	-23,20	-22,06
12500	-23,49	-22,77
14000	-25,90	-24,95
16000	-26,84	-25,53
18000	-27,23	-25,87
20000	-27,06	-25,48



TEAC – Bias 2

Hz	EQ1	EQ2
	BIAS2	BIAS2
20	-26,19	-25,43
31,5	-21,61	-21,30
40	-20,29	-20,14
63	-19,04	-18,42
90	-19,45	-18,77
125	-17,69	-17,47
180	-17,90	-17,51
250	-16,88	-16,56
375	-15,84	-15,55
500	-15,35	-15,10
700	-15,24	-15,05
1000	-15,44	-15,35
1300	-16,47	-16,43
2000	-16,62	-17,10
2800	-16,79	-18,67
4000	-18,05	-19,89
6300	-19,08	-22,02
8000	-21,70	-25,22
10000	-23,67	-26,71
12500	-23,95	-27,59
14000	-26,04	-29,55
16000	-26,79	-30,40
18000	-26,90	-30,56
20000	-26,66	-30,85

## **C. CD-ROM allegato**

Il cd-rom allegato a questa tesi contiene tutte le tabelle e i grafici (anche quelli non riportati nel testo) in formato Excel, gli script in formato testo (estensione .m) e il file audio utilizzato per il test.

Per informazioni dettagliate sulla struttura del cd-rom, si apra il file leggimi.txt contenuto nella cartella principale del disco.

# Indice

<b>1. Equalizzazione e riversamento</b>	<b>3</b>
1.1 Riversamento conservativo: questioni metodologiche	3
1.2 Equalizzazione	7
1.3 Riversamento di dischi e cilindri	8
1.4 Riversamento di nastri magnetici	12
<b>2. Il filtraggio</b>	<b>17</b>
2.1 Introduzione	17
2.2 Il rapporto segnale-disturbo	22
2.3 Strumenti acustici	25
2.4 Il filtraggio nella tecnica di registrazione	26
<b>3. La registrazione</b>	<b>30</b>
3.1 Incisione dei cilindri e dei dischi	30
3.2 Registrazione dei nastri	35
3.2.1 <i>Cenni storici</i>	35
3.2.2 <i>Basi della tecnica di registrazione su nastro magnetico</i>	36
3.2.3 <i>Risposte in frequenza nella registrazione</i>	41
<b>4. Esempi di registratori</b>	<b>45</b>
4.1 Metodo di analisi	45
4.2 Studer A812	47
4.2.1 <i>Caratteristiche del registratore</i>	47
4.2.2 <i>Esperimenti</i>	50
4.2.3 <i>Materiali</i>	51
4.2.4 <i>Procedure</i>	51
4.2.5 <i>Risultati</i>	58
4.2.6 <i>Discussione</i>	67
4.3 Studer-Revov PR99 MKII	71
4.3.1 <i>Caratteristiche del registratore</i>	71
4.3.2 <i>Esperimento</i>	72
4.3.3 <i>Materiali</i>	73
4.3.4 <i>Procedura</i>	73
4.3.5 <i>Risultati</i>	76
4.3.6 <i>Discussione</i>	78
4.4 Teac A-3340S	79
4.4.1 <i>Caratteristiche del registratore</i>	79
4.4.2 <i>Esperimento</i>	80
4.4.3 <i>Materiali</i>	80
4.4.4 <i>Procedura</i>	80
4.4.5 <i>Risultati</i>	82
4.4.6 <i>Discussione</i>	83
<b>Bibliografia</b>	<b>84</b>
<b>A. Script utilizzati</b>	<b>87</b>
<b>B. Tabelle dei risultati</b>	<b>93</b>
<b>C. CD-ROM allegato</b>	<b>154</b>