

# Fonica: Scheda 3

(a cura di Pietro Di Mascolo)

## Suono e informazione

Se l'uomo non avesse scoperto *l'elettricità*, con i suoi effetti, primo fra tutti la *corrente elettrica*, probabilmente il trattamento del suono non sarebbe andato oltre a quello che era nel teatro greco, con rudimentali megafoni conglobati nelle maschere, o quello dei cornetti acustici per i deboli d'udito. In effetti ogni possibile intervento direttamente sulla *propagazione di un suono*, può avere risultati molto limitati e in linea di massima inefficaci per i nostri scopi. Non è ad esempio possibile aumentare direttamente l'ampiezza delle onde di compressione e rarefazione, con cui si propaga un suono allo scopo di aumentare l'intensità del suono stesso. In questo caso la soluzione è produrre un nuovo suono che abbia ogni sua caratteristica per quanto possibile uguale a quello originario, ma con una maggiore intensità. (amplificazione sonora)

Non possiamo intrappolare un suono per fare in modo di ascoltarlo dopo un certo tempo. Possiamo però immagazzinare più *informazioni* possibile su quel suono allo scopo di creare dopo un certo tempo, un suono il più possibile uguale. (registrazione sonora)

Non possiamo trasportare un suono in un luogo fisicamente distante, ma possiamo trasmettere *informazioni* su quel suono in modo da produrne uno il più possibile somigliante. (trasmissione sonora)

Da quanto detto possiamo trarre due fondamentali considerazioni:

- Trattare un suono vuol dire in linea di massima lavorare su *informazioni* che definiscono quel suono.
- Il suono ricostruito a partire da informazioni, potrà più o meno approssimare il suono originario, ma non riuscirà mai ad essere uguale. (fedeltà del suono)

Occorre quindi associare ad ogni suono delle informazioni che ci permettano poi di ricostruirlo. Tenendo conto che, come abbiamo visto, il suono può essere rappresentato con un'onda, questo, allo stato attuale delle conoscenze scientifiche, si può fare in due modi<sup>1</sup>:

- Associando all'onda che definisce il suono, la variazione di una determinata grandezza fisica in maniera corrispondente ed analoga a quella dell'onda (modalità analogica).
- Associando all'onda che definisce il suono, una successione di numeri che definiscono nel tempo l'andamento di questa onda (modalità digitale)

## Segnale audio analogico

Possiamo associare ai suoni che si generano e si propagano ad una corrente elettrica alternata, che abbia nel tempo lo stesso andamento di quello che ha il suono. Questa corrente alternata prende il nome di **segnale audio analogico**.

---

<sup>1</sup> In realtà vi è anche un altro modo per rappresentare un suono, seppure non con la stessa precisione: la notazione musicale. Con delle note scritte su un pentagramma, oppure trasmesse con il protocollo M.I.D.I., riusciamo a comunicare ad uno strumentista, o ad un apposito strumento musicale con interfaccia elettronico, le caratteristiche musicali del suono che dovrà essere prodotto.

È abbastanza facile ottenere un *segnale audio analogico* da un *suono*, e viceversa ottenere un *suono* da un *segnale audio analogico*. Dispositivi elettromeccanici quali microfoni e altoparlanti effettuano questa *trasduzione*.

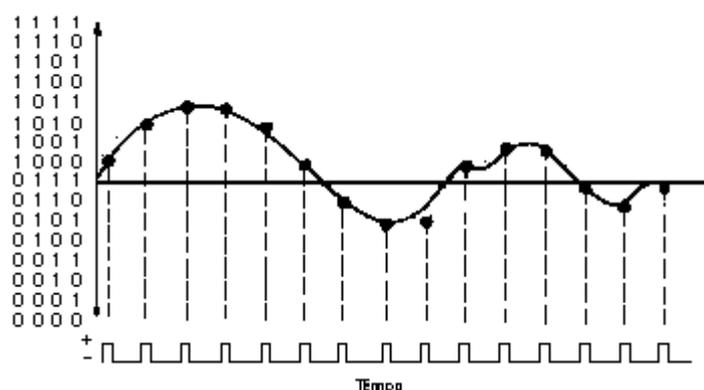
Il segnale audio analogico può essere *modificato* con apposite apparecchiature, può essere *amplificato*, può essere *immagazzinato* tramite registrazioni magnetiche o incisioni meccaniche, può essere *trasportato* a distanza tramite apposite linee elettriche, può essere *impiegato per modulare* un'onda ad alta frequenza, creando una *trasmissione radio*.

## Segnale audio digitale

Il trattamento digitale del suono si è affermato negli ultimi venti anni. Tale tecnica si basa sul principio del *campionamento* (ingl. *sampling*).

La curva illustrata nella figura a fianco, rappresenta l'andamento di un dato suono rispetto al tempo.

Ad intervalli costanti di tempo, si rileva l'ampiezza dell'oscillazione rispetto al livello minimo consentito dal sistema, indicato dal valore 0000. La successione di tali valori rilevati, espressi in numeri binari<sup>2</sup>, riesce a descrivere in maniera abbastanza efficace il suono. Tale successione rappresenta il **segnale audio digitale**, ossia le informazioni che ci permetteranno di ricostruire il suono.



Nel caso in oggetto il *segnale audio*

*digitale* è il seguente: 1000 1010 1011 1011 1010 1000 0110 0101 0101 1000 1001 1001 0111 0110 0111.

Si nota subito che questa successione di numeri può solamente approssimare l'andamento del suono, e mai descriverlo esattamente, e questo per due motivi:

- L'ampiezza dell'oscillazione è rilevata solo in determinati intervalli di tempo. Nulla ci è dato sapere sull'andamento dell'oscillazione fra una rilevazione e l'altra.
- L'ampiezza dell'oscillazione può essere espressa numericamente solamente per determinati valori, (tecnicamente *per valori discreti*), dipendenti dal numero delle cifre che compongono il numero binario che esprime tale valore. Nel caso in figura ad esempio i numeri binari sono composti di 4 cifre, per cui è possibile esprimere solamente 16 valori distinti. Qualora una rilevazione non corrisponda esattamente ad uno di questi valori, viene approssimata al valore più vicino (come si vede chiaramente nella nona rilevazione nella figura).

In che modo possiamo migliorare questa approssimazione?

Per quanto riguarda il primo punto, possiamo rilevare l'ampiezza più frequentemente. La frequenza con la quale si effettua questa operazione prende il nome di **frequenza di campionamento (sample rate)**, e si misura naturalmente in Hertz. Ad esempio dire che un suono è campionato con una frequenza di campionamento di 44,1 Khz, vuol dire che in un secondo andremo a misurare la sua

<sup>2</sup> Il sistema di numerazione *binario*, è quello utilizzato dai computer. Mentre il sistema che usualmente adoperiamo, denominato *decimale*, usa 10 cifre: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e la composizione del numero aumenta di una cifra ogni volta che si raggiunge una potenza di 10:  $10^0 = 1$ ,  $10^1 = 10$ ,  $10^2 = 100$ ,  $10^3 = 1000$ , ecc., il sistema *binario* usa 2 cifre: 0 e 1, e la composizione del numero aumenta di una cifra ogni volta che si raggiunge una potenza di 2:  $2^0 = 1$ ,  $2^1 = 2$ ,  $2^2 = 4$ ,  $2^3 = 8$ , ecc.

ampiezza 44.100 volte. È evidente che maggiore sarà la *frequenza di campionamento* di un suono e più fedele sarà la sua *immagine digitale*. In particolare la *frequenza di campionamento* influenza direttamente la massima frequenza del suono che può essere campionata: questa non può essere maggiore della metà della *frequenza di campionamento*. Nel caso di campionamento a 44,1 Khz quindi la massima frequenza teoricamente campionabile è di 22.050 Hz. È inoltre evidente che maggiore è la frequenza del suono da campionare, minore sarà il numero di rilevazioni per ogni singolo *ciclo*. Per questo il *segnale audio digitale*, e di conseguenza il suono riprodotto, sarà molto più fedele alle basse frequenze rispetto che alle alte.

Per quanto riguarda il secondo punto possiamo aumentare il numero delle *cifre binarie* che esprimono digitalmente l'ampiezza dell'oscillazione. Definiamo **numero di bit** (acronimo di binary digit = cifra binaria) il numero di cifre che possono definire ogni singola rilevazione. La quantità di valori discreti è funzione esponenziale del numero di bit, secondo la regola:

- Quantità di valori discreti =  $2^{\text{numero di bit}}$

Nel esempio descritto nella figura possiamo dire che il campionamento avviene a 4 bit, quindi possiamo considerare  $2^4 = 16$  valori discreti, come abbiamo già visto. Se effettuassimo un campionamento a 8 bit avremmo  $2^8 = 256$  valori discreti, a 16 bit avremmo  $2^{16} = 65.536$  valori discreti, a 20 bit avremmo  $2^{20} = 1.048.576$  valori discreti, a 24 bit avremmo  $2^{24} = 16.777.216$  valori discreti.

Il numero di bit influenza direttamente la *risoluzione* in ampiezza, quindi in definitiva la *dinamica* del suono, ossia la differenza fra il più *forte* e il più *debole* suono che può essere riprodotto.

Si è visto quindi che per migliorare l'approssimazione del campionamento digitale e quindi la qualità del suono riprodotto, occorre aumentare la *frequenza di campionamento* e il *numero di bit*. Come conseguenza la quantità di informazioni digitali, quindi di *segnale audio digitale*, aumenta considerevolmente. Questo è il principale inconveniente dell'audio digitale. Le linee che trasportano tale segnale devono avere una elevata capacità di trasferimento (*bitrate*) ed i supporti per la registrazione dell'audio digitale (CD, DAT, minidisc ecc.) devono essere molto capienti. Per fare un esempio, il segnale digitale utilizzato nei compact disc, campionato a 16 bit, 44,1 Khz stereo è composto di circa 10,5 Mb ogni minuto.

Per limitare tale enorme massa di dati digitali sono stati concepiti alcuni formati di compressione digitale vale a dire dei metodi per ottenere con *files* di minori dimensioni, prestazioni acustiche accettabili. Fra i tanti hanno una particolare importanza per noi l'**ATRAC (codificazione acustica a trasformazione adattiva)** a 44,1 KHz 16 bit mono o stereo, impiegato nei minidisc, e l'**mp3 (Mpeg 2 layer 3)** utilizzato in particolare per la trasmissione sulla rete internet.

Si tratta in entrambe i casi di compressioni cosiddette a *perdita di informazione* (lossy). In pratica vengono eliminate tutte quelle informazioni che l'orecchio umano non riesce a percepire. In questo modo si ottiene un suono di *qualità paragonabile a quella del CD*, ma con files di dimensioni molto minori.

Può essere utile ricorrere a tali tecniche sul *prodotto finale*, ossia sul file che deve unicamente essere riprodotto. Più discutibile è l'uso per registrare materiale che deve essere rielaborato in seguito. Quelle informazioni scartate poiché non percepibili dall'orecchio umano, potrebbero invece essere fondamentali per processi tipo *armonizzazioni, time stretching, variazioni dinamiche*.

Malgrado, come si è visto, il *segnale audio digitale* sia solo un'approssimazione del suono da trattare, presenta comunque notevolissimi vantaggi rispetto *all'analogico*. Innanzitutto essendo composto da una successione di numeri binari, può essere direttamente trattato all'interno degli elaboratori elettronici, per cui interventi tecnici, artistici e creativi sul materiale audio che in passato

erano possibili solo copiando, tagliando e incollando fisicamente dei nastri magnetici, sono ora enormemente più facili. Ma forse la caratteristica più importante del *segnale audio digitale* è che non si degrada, ossia non perde le proprie caratteristiche nei vari passaggi.

Allo stato attuale delle conoscenze la tecnologia digitale trova applicazione nel *processamento*, nell'*immagazzinamento* e nella *trasmissione* del suono, anche via radio (telefoni cellulari GSM). Muovono i primi passi i primi *microfoni digitali*, mentre ancora non si hanno risultati nelle apparecchiature di potenza.

### Segnali analogici a vario livello

Abbiamo visto come un *segnale audio analogico* abbia usualmente l'aspetto di una *corrente alternata* nei cui caratteri è possibile riconoscere i caratteri del suono che vuole rappresentare. Vogliamo a questo punto introdurre un'importante distinzione funzionale fra segnali che ritroviamo nei vari stadi del trattamento audio. Vogliamo in particolare distinguere i vari segnali che troviamo *prima* degli amplificatori di potenza, quindi segnali *da amplificare*, da quello *amplificato* che dal finale di potenza pilota gli altoparlanti.

Chiamiamo i primi **segnali a basso livello**, gli altri **segnali ad alto livello**.

Come è facile intuire la principale differenza è nell'intensità della corrente elettrica che costituisce tali segnali: correnti nell'ordine di microampère o milliampère nel caso di segnali a basso livello, di ampère nel caso di segnali di alto livello.

I segnali di basso livello, provenienti dai microfoni, dai lettori CD, dai vari registratori, e dal mixer, vengono amplificati dagli stadi di potenza, ossia viene prodotto un segnale in tutto e per tutto uguale a loro, ma con un'intensità molto maggiore. Appare quindi evidente che la principale esigenza nel trasporto dei segnali a basso livello sia quella di preservarli dai disturbi ambientali di carattere elettromagnetico, che, essendo anche loro parimenti amplificati, produrrebbero un intollerabile ronzio nei diffusori. A tale scopo per il trasporto dei segnali a basso livello occorre usare delle *linee schermate*.

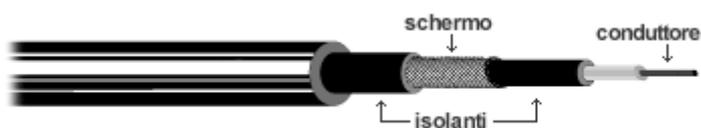
I segnali ad alto livello invece non devono subire altre amplificazioni, per i disturbi ambientali non provocano su di essi effetti fastidiosi. La notevole intensità di corrente elettrica potrebbe invece causare cadute di tensione, con conseguente dispendio di potenza. Per tali segnali occorre quindi usare linee non schermate, ma di adeguata sezione.

### Linee schermate

Le linee schermate sono formate da particolari cavi bipolari nei quali un conduttore chiamato schermo, che deve essere connesso a terra, avvolge completamente l'altro, isolandolo dai disturbi di tipo elettromagnetico. In questo caso il segnale usa lo schermo per propagarsi.

Possiamo parlare di linea schermata sbilanciata. Sono di questo tipo ad esempio le connessioni in uscita dagli strumenti musicali, nonché le uscite dei lettori CD e di altri apparecchi simili. Si tratta di uno standard non professionale, comunque molto usato nello spettacolo.

Nel caso dei segnali provenienti dai microfoni, che hanno un livello particolarmente basso, la schermatura fornita da una linea sbilanciata non è sufficiente. In questi casi si ricorre alle linee schermate bilanciate. In questo



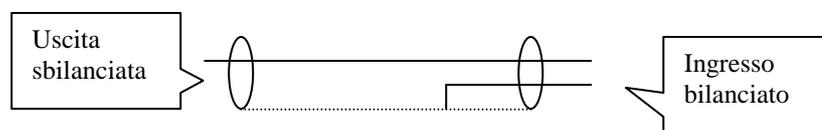
cavo schermato sbilanciato



cavo schermato bilanciato

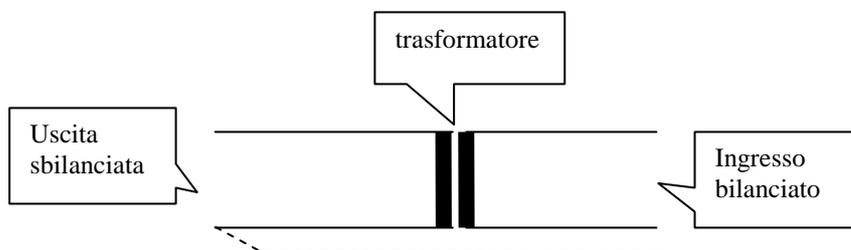
caso i conduttori avvolti dallo schermo sono due ed in essi fluisce il segnale. Questi prendono il nome di **caldo**, quello dove il segnale è in fase, e di **ritorno** o **freddo** quello in cui il segnale è in controfase. Lo schermo, connesso elettricamente a terra, non deve in nessun modo entrare nel circuito dove scorre il segnale. Il principio di funzionamento delle linee bilanciate è il seguente: se un disturbo esterno raggiunge i conduttori, essendo questi identici e contigui, provocherà lo stesso effetto su ambedue. Tuttavia dal momento che nei due conduttori scorre una corrente elettrica uguale ma contraria, gli effetti del disturbo si annulleranno vicendevolmente.

Presupposto fondamentale per il funzionamento delle linee bilanciate è che lo schermo non sia assolutamente connesso con i conduttori di segnale. Gli apparati dotati di ingressi e di uscite bilanciati, sono dotati di appositi circuiti che garantiscono l'isolamento dalla terra, ma come comportarsi quando dobbiamo connettere un'uscita sbilanciata ad un ingresso bilanciato, o viceversa? Come dobbiamo fare ad esempio per connettere una chitarra elettrica che ha un uscita sbilanciata ad un mixer dotato di ingressi bilanciati? Esistono due possibilità:



**Schema elettrico del collegamento con sbilanciamento**

- Si connette il conduttore centrale della linea sbilanciata al caldo dell'ingresso bilanciato e lo schermo della linea sbilanciata contemporaneamente allo schermo ed al ritorno dell'ingresso bilanciato. In questo caso perdiamo tutti i vantaggi della linea bilanciata. Possiamo dire che abbiamo *sbilanciato* la linea.



**Schema elettrico di una D.I. box**

Si usa un apposito bilanciatore di linea, o **Direct Injection Box (D.I. Box)** composto sostanzialmente da un trasformatore con rapporto di trasformazione unitario. Un trasformatore è formato da due circuiti (primario e secondario), separati elettricamente, ma avvolti sullo stesso supporto metallico, in modo che il passaggio di corrente alternata in uno dei due circuiti *induca* nell'altro una corrente alternata con caratteristiche molto simili alla prima. Questo trasformatore quindi separa i due circuiti permettendo comunque il passaggio del segnale, che è una corrente alternata. Questa soluzione permette di sfruttare i vantaggi della linea bilanciata e permette il migliore interfacciamento fra linee sbilanciate e bilanciate.

Esistono D.I. boxes passive e attive: le prime oltre alla funzione sopra descritta possono offrire al massimo una *attenuazione* del segnale ed

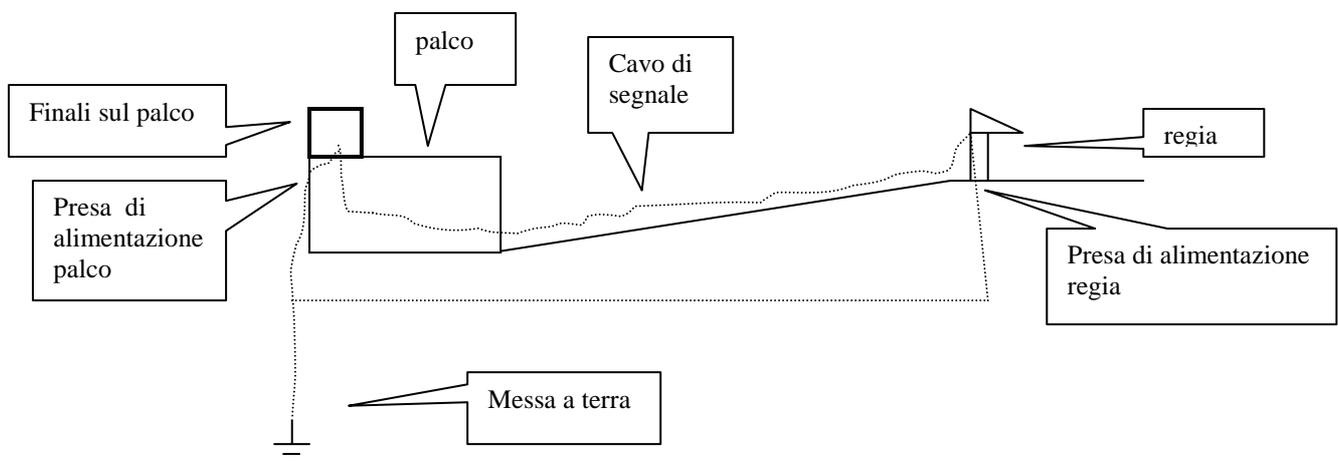


**D.I. Box**

un disaccoppiamento fra gli schermi allo scopo di evitare i *ground loop* (che vedremo in seguito), le altre sono dei veri e propri preamplificatori e possono prevedere anche un *guadagno* del segnale e qualche forma di intervento sullo spettro delle frequenze. Le D.I. boxes attive devono essere alimentate, o attraverso pile, o dal mixer tramite *alimentazione phantom*.

### Ground loop

Gli anelli di massa (ground loop) provocano un forte ronzio negli impianti audio. Si verificano quando parti diverse e distanti di un impianto audio sono alimentate, e messe a terra in punti diversi. Questo può accadere ad esempio quando montando un impianto in un teatro, si alimentano i finali di potenza dal palco, mentre il mixer di regia è alimentato da una presa in fondo alla platea. Collegando i cavi di segnale dal mixer ai finali, si crea un anello di conduttori (linea tratteggiata) collegato a terra.



Questo anello rappresenta elettricamente una *spira*, che è molto sensibile ai campi magnetici. Rappresenta quindi un recettore ideale per i disturbi di carattere elettromagnetico.

Per ovviare a questo inconveniente è consigliabile alimentare l'intero impianto da un'unica presa. Qualora ciò non sia possibile, o non sia conveniente, occorre *spezzare* questo anello facendo in modo che ogni parte dell'impianto riceva la messa a terra da un'unica provenienza.

Qualcuno potrebbe pensare che la cosa migliore per spezzare questo anello sia rimuovere la messa a terra dalla regia o dal palco; in questo modo il mixer o i finali riceverebbero la messa a terra dal cavo di segnale. Tuttavia osserviamo che solo il conduttore di terra dei cavi di alimentazione è dimensionato per scaricare a terra eventuali correnti disperse, quindi la strada da percorrere è quella di interrompere l'anello di terra nel cavo di segnale. Questo si può effettuare mediante appositi disaccoppiatori.

### Connettori per segnali audio

#### 1- connettori XLR

Sono anche detti "Cannon" dal nome della ditta che per primi li ha commercializzati. Si tratta di connettori metallici o in plastica dotati da 3 a 8 contatti con innesto a scatto e pulsante di sicurezza anti sgancio. Il tipo a 3 contatti è probabilmente il connettore più impiegato nell'audio professionale: rappresenta lo standard per la trasmissione del segnale dai microfoni ed in generale ovunque necessiti un collegamento audio bilanciato.



I pin sono numerati da 1 a 3. Il pin 1 corrisponde sempre allo schermo. Esistono invece due standard per l'attribuzione degli altri due pin: alcune apparecchiature più vecchie utilizzano il 3 per il caldo e il 2 per il ritorno. Componenti più recenti invece utilizzano il 2 per il caldo ed il 3 per il

ritorno. Se si collega un connettore XLR con uno standard ad un ingresso / uscita avente l'altro standard si ottiene un segnale invertito in fase, nel caso di linea bilanciata, nel caso invece di linee sbilanciate otterremo un corto circuito.

I connettori XLR sono usati anche per linee ad alto livello come quelle dai finali agli altoparlanti, per loro è infatti indicata una portata massima di corrente di 15 A. Lo standard per i collegamenti ad alto livello prevede il negativo sul pin 1 ed il positivo sui pin 2 e 3 insieme.

## 2 – connettori Jack

Si tratta di connettori coassiali con innesto a baionetta. Esistono nelle versioni a 2 e a 3 contatti. Nella versione a 2 contatti è universalmente impiegato per la connessione degli strumenti musicali, dei processori d'effetto, dei mixer economici (linea sbilanciata). Nella versione a 3 contatti è usato per le cuffie stereo, per le prese combinate di *insert*, per talune linee bilanciate.



Non essendo dotati di alcun fermo di sicurezza, possono disconnettersi facilmente se accidentalmente viene tirato il cavo. Inoltre la superficie di contatto è molto ridotta e può ossidarsi col tempo, per questo non è consigliabile usarli per connessioni che devono rimanere stabili per molto tempo.

In alcuni vecchi impianti sono usati anche per i collegamenti ad alto livello, tuttavia un uso del genere non è raccomandabile.

## 3 – connettori pin jack

Sono piccoli connettori coassiali in metallo o plastica colorata a 2 contatti. Sono usati nell'alta fedeltà per collegamenti di segnale a basso livello.

Inoltre i pin jack possono essere impiegati per connessioni digitali semiprofessionali (standard SPDIF), in questo caso occorre però impiegare connettori di ottima qualità, possibilmente con contatti placcati in oro.



## 4 - connettori Speakon

Sono connettori in plastica specificatamente concepiti per segnali ad alto livello, in particolare per i cavi che vanno ai diffusori. Esistono in due versioni: a 4 contatti (per biamplificazione) ed a 8 contatti (per quadriamplificazione).

Il loro innesto a baionetta è protetto da un fermo metallico che non ne consente la disconnessione accidentale.



## 5 – connettori DIN

Un tempo venivano usati universalmente nell'alta fedeltà, prima di venire definitivamente soppiantati di pin jack. Venivano addirittura adoperati per i cavi microfonici bilanciati.

Attualmente il loro uso è limitato ai cavi M.I.D.I. per la trasmissione del protocollo digitale degli strumenti musicali, e a taluni cavi di controllo per dimmer analogici (Strand Lighting) o per la trasmissione dei segnali DMX.

