

Le conoscenze tecniche e d'impiego relative al microfono sono spesso limitate. Eppure il ruolo che il microfono svolge all'interno della catena hifi è determinante; dalla sua "bontà" dipenderà il rendimento di tutti gli apparecchi a valle.

no di "catturare" il suono per poi portarlo nelle loro case: i microfoni.

Eppure, le loro prestazioni devono essere categoricamente al di sopra di ogni sospetto per non limitare severamente il rendimento della intera catena di ascolto. È inutile ad esempio pretendere di sfruttare i 90 dB di un registratore digitale se già in partenza le capsule impiegate permettono una dinamica massima di 70/80 dB dal rumore di fondo alla saturazione, o (da un diverso punto di vista) andare alla ricerca della sola dinamica-da-digitale e della risposta in frequenza "dalla corrente continua ai raggi cosmici", dimenticando però o trascurando tutti i problemi legati alla coerenza di fase, alla profondità del campo sonoro, all'immagine corretta etc.

Vorremmo quindi mettere a fuoco il problema (se così si può definire) dell'uso dei microfoni con l'avvento delle tecniche digitali: cominciamo con la descrizione delle tecniche costruttive e delle caratteristiche dei microfoni, nel corso dell'articolo vedremo inoltre alcune particolarità che si verificano

de sonore incidenti sulla membrana producono una variazione della resistenza elettrica dell'impasto a base di carbone contenuto all'interno della capsula.

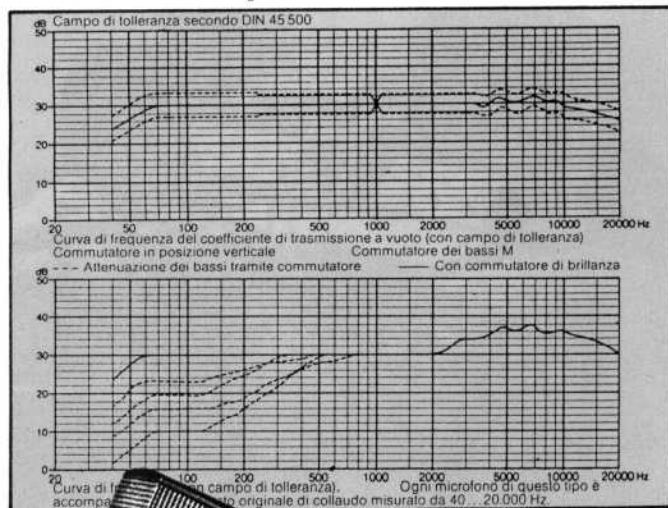
Facendo circolare (in condizione di assenza di suono) una corrente fissa al suo interno, le variazioni di resistenza suddette si trasformano in variazioni di corrente, che riproducono il se-

(che in questa applicazione sono considerati ovviamente segnali indesiderati) e la sua particolare risposta in frequenza, che si adatta particolarmente bene alle frequenze della voce umana.

PIEZOLETTRICI

Sfruttano la proprietà di alcuni

Curve di frequenza



I MICROFONI E LE LORO CARATTERISTICHE

È curioso: nel mondo dell'HI-FI è facile trovare appassionati ed esperti di tutte le tecnologie passate e presenti (e magari future), persone che conoscono per filo e per segno i concetti fondamentali della ricostruzione del suono da parte di un diffusore e la sua collocazione in ambiente, le diverse colorazioni ed irregolarità che quest'ultimo può apportare al risultato complessivo, ma quasi sempre costoro non hanno le idee chiare sul ruolo dei componenti che per primi in assoluto permetto-

nell'uso pratico.

Un microfono è essenzialmente un dispositivo per trasformare un tipo di energia (acustica) in un altro tipo (elettrica). Per far questo, si possono sfruttare diversi principi di funzionamento, ognuno dei quali darà origine ad altrettanti tipi di microfoni.

MICROFONI A CARBONE

Il caso più semplice, che tutti conosciamo, è la classica capsula telefonica. In questa, le on-

gnale audio. Queste possono poi essere rivelate ponendo in serie al percorso della corrente un'altra capsula a carbone (come nel caso del telefono) o un trasformatore che prelevi il segnale modulato, trasformandolo in tensione. Il microfono a carbone per sua natura presenta una risposta in frequenza limitata ed irregolare, una dinamica altrettanto limitata ed una fedeltà complessiva pressoché nulla. È comunque molto usato in telefonia per il suo basso costo, la sua bassa sensibilità ai suoni lontani dalla membrana

FIGURA 1
Il microfono Sennheiser MD-441 è sicuramente tra i migliori dinamici reperibili in commercio. La curva di direttività è a caratteristica ipercardioide, con un andamento quasi ideale in funzione della frequenza di prova. Si può usare con ottimi risultati sia per la musica che per la voce, in quanto un commutatore permette di inserire diversi tipi di filtri per adattarlo di volta in volta alle necessità del momento.



composti cristallini di generare una carica elettrica se deformati intorno al loro asse; questo effetto è per l'appunto denominato piezo-elettricità. Se ai cristalli si accoppia meccanicamente un diaframma rigido e leggero libero di vibrare, le deformazioni che imprimeranno ad esso le onde sonore verranno applicate in ugual modo ai cristalli; si potrà così prelevare da essi una tensione elettrica alternata proporzionale al segnale sonoro originale. Le prestazioni tipiche offerte dai microfoni piezoelettrici so-

no migliori di quelle delle capsule a carbone, ma ancora troppo limitate per un uso di qualità o professionale; anche nel settore amatoriale sono stati negli ultimi anni soppiantati in via pressoché definitiva dai modelli ad electret a basso costo.

DINAMICI

Funzionano secondo le leggi dell'induzione magnetica: muovendo un conduttore all'interno di un campo magnetico, si genera in esso una tensione

indotta proporzionale all'intensità di flusso magnetico, alla lunghezza del conduttore ed alla velocità del movimento. Il conduttore è nel nostro caso la bobina mobile, che si muove all'interno di uno stretto traferro tra i due poli del campo magnetico. Si possono ottenere microfoni con uscita relativamente alta se si impiega per la bobina mobile filo capillare (cioè di sezione ridottissima) e si avvolge con questo un alto numero di spire; la necessità di usare filo capillare è data dal fatto di non accrescere oltre il limite

consentito la massa in movimento, e per mantenere quindi una buona risposta ai transienti ed un accettabile smorzamento.

Questo tipo di microfono può dare ottime prestazioni se nel progetto e nella fabbricazione si tengono conto di tutti i parametri ottimali a garantire un perfetto funzionamento: si prenda come esempio il modello MD 441 della Sennheiser, riconosciuto all'unanimità dai tecnici del suono tra i migliori microfoni dinamici in commercio. (fig. 1)

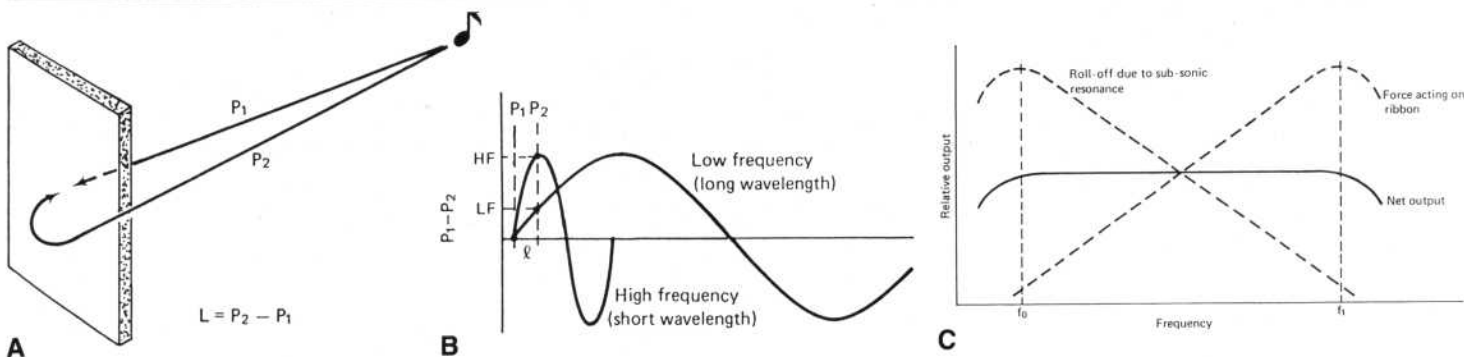


FIGURA 2
 Caratteristica di risposta in frequenza di un microfono a nastro. La risposta complessiva dipende dalla somma dell'effetto dovuto alla frequenza di risonanza subsonica più l'effetto dovuto alla differenza di pressione sulle due facciate del nastro. In (A) si vede come l'onda sonora arriva sul nastro con tempi differenti per ognuna delle facciate. In (B) è dimostrato che la differenza di pressione dipende dalla frequenza: infatti essa aumenta con l'aumentare della frequenza, e come detto nel testo il risultato è una curva crescente con una pendenza di 6 dB/ottava. In (C) infine si vede il risultato complessivo. La risonanza subsonica del sistema impone alla risposta in frequenza un andamento decrescente di 6 dB/ottava al salire della frequenza, ed il risultato complessivo è quindi lineare.

A NASTRO

Sono basati sempre sul principio dei microfoni dinamici. La bobina mobile è qui sostituita da un sottilissimo nastro pieghettato, sospeso al centro di un traferro magnetico molto più largo di quello impiegato normalmente. A causa del cortissimo conduttore (tipicamente pochi centimetri) e della larghezza del traferro che permette un'intensità di campo magnetica ridotta, la tensione di uscita prelevabile deve necessariamente essere innalzata mediante un trasformatore/adattatore di impedenza. Il funzionamento di un microfono a nastro si discosta leggermente da quello di uno tradizionale: qui infatti il segnale viene rivelato

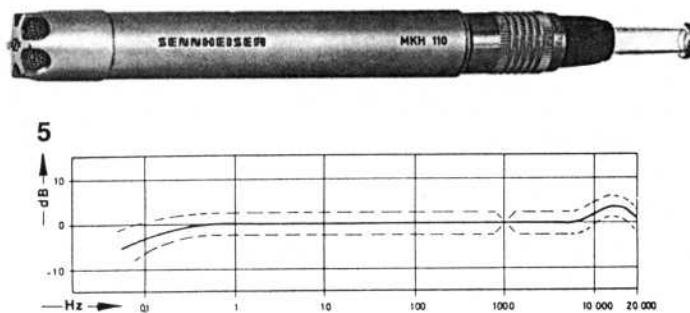


FIGURA 3
 Lo speciale microfono per toni bassi della Sennheiser, mod. MKH-110-1. Il principio della modulazione di frequenza permette di rivelare frequenze prossime a zero, e questa particolare applicazione trova largo uso in campo industriale per l'analisi delle vibrazioni. Dalla curva di risposta si può notare l'eccezionale responso: 0,1 Hz sono raggiunti senza problemi.

non dalle semplici vibrazioni del nastro, ma dalla *differenza di pressione sonora* tra le due facciate del nastro. Infatti, un'onda sonora arriverà ad ognuna di esse con un tempo leggermente diverso, dipendente dalla sua frequenza; come si può notare in figura 2, una frequenza bassa agirà sulla membrana con un'intensità minore di una frequenza alta in intervalli di tempo uguali. A causa di questa caratteristica, la risposta in frequenza complessiva tenderebbe ad assumere un andamento crescente con pendenza di 6 dB/ottava; ma la forma ed il dimensionamento del nastro fanno sì che la frequenza di risonanza del sistema cada in gamma praticamente subsonica, assumendo un andamento opposto e complementare al precedente, cioè con una pendenza decrescente di 6 dB/ottava. Il risultato è una risposta in frequenza lineare, che nei modelli migliori si può considerare praticamente piatta su tutta la banda audio. Questo tipo di microfono è particolarmente apprezzato per l'eccellente risposta ai transitori e la "dolcezza" con cui riproduce i dettagli musicali ad alta frequenza (violini, archi in generale); è comunque molto delicato e non può sopportare forti

pressioni sonore senza distorcere eccessivamente. Inoltre nella maggioranza dei casi esibisce un responso polare bidirezionale, o ad "otto"; per cui può venir impiegato solo per particolari registrazioni in ambienti acusticamente adatti.

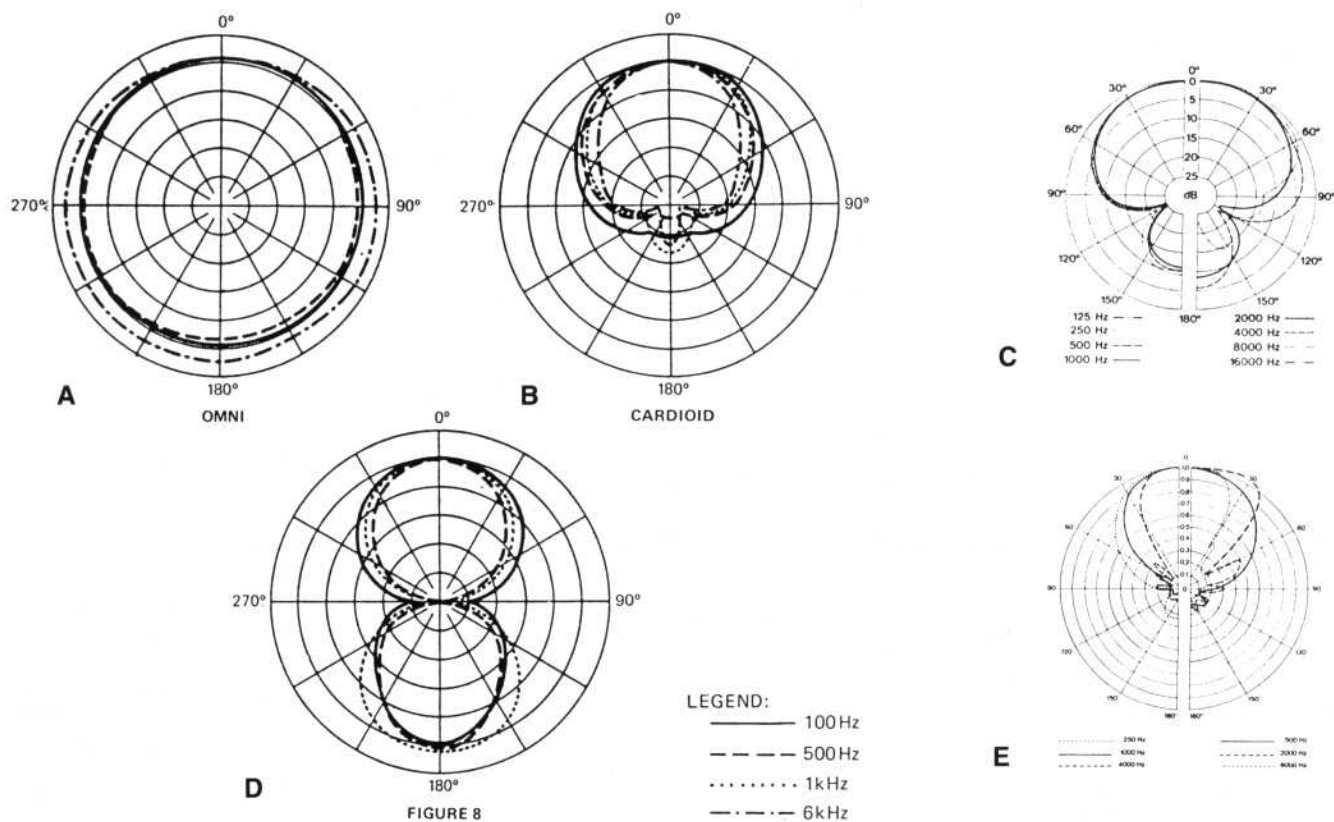
A CONDENSATORE

Un condensatore è un componente che immagazzina una carica elettrica quando una tensione viene applicata alle sue armature metalliche. La stessa carica viene poi prelevata ed impiegata nelle varie applicazioni di cui si ha necessità. Nei microfoni a condensatore, le due armature sono una fissa e l'altra formata da una leggerissima membrana di plastica metallizzata libera di vibrare. Poiché la capacità di un condensatore dipende oltre che dalle dimensioni anche dalla distanza delle due armature, le vibrazioni della membrana generano una capacità variabile, proporzionale alle sue deformazioni. Applicando una tensione continua alle armature, le stesse variazioni di capacità producono proporzionali variazioni di tensione, che rispecchiano il segnale acustico captato dalla membrana, e

che possono essere amplificate per portarle a livello utile. Se la membrana è costruita tenendola il più sottile e rigida possibile, con massa complessiva ridottissima, il sistema a condensatore possiede una linearità di trasduzione della forma d'onda veramente eccellente. Questo tipo di microfono è infatti lo standard nell'uso industriale di precisione, e naturalmente nel campo audio. Uno svantaggio è però dato dal fatto che è quasi sempre necessario un apposito alimentatore esterno per il loro funzionamento.

A ELECTRET

Costituiscono una variante del principio dei microfoni a condensatore. In questi, la tensione di polarizzazione delle armature non è applicata esternamente da un alimentatore apposito, ma è posseduta dalla membrana vibrante in plastica metallizzata trattata con particolari sostanze (appunto ad electret) in modo che mantenga a tempo indeterminato una carica elettrica che le è stata applicata in fase di costruzione. I primi modelli di questo microfono erano decisamente instabili, e la carica elettrica tendeva ad esaurirsi dopo un tempo re-



4

FIGURA 4

Le curve di direttività dei microfoni. (A): omnidirezionale. (B): Cardioide. (C): Ipercardioide. (D): Bidirezionale. (E): Superdirezionale o "a clava".

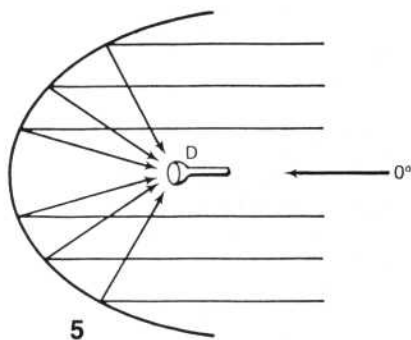


FIGURA 5

Parabola per microfoni. Se un microfono viene posto nel "fuoco" della parabola, le onde sonore saranno convogliate in quel punto. Si ottiene così un forte effetto direzionale, utile per particolari applicazioni.

lativamente breve o in presenza di umidità ambientale; ulteriori studi hanno perfezionato e rilanciato il sistema, così che è attualmente possibile trovare sul mercato un numero altissimo di modelli sfruttanti questo principio.

L'alto numero di unità prodotte ha reso inoltre possibile un calo sensibile dei costi: attualmente il microfono ad electret possiede il miglior rapporto qualità/prezzo nella fascia di mercato inferiore alle 100 mila lire, anche se alcuni modelli tendono ad essere un po' "metallici" alle alte frequenze per via della fre-

quenza di risonanza troppo bassa.

MIC. PARTICOLARI

Oltre ai tipi sopra menzionati, esistono altri esempi di microfoni meno noti al grande pubblico, sia per il loro relativamente poco diffuso impiego sia per le loro particolarità costruttive. Citiamo ad esempio i microfoni a condensatore ad alta frequenza, i microfoni per toni bassi e i microfoni/altoparlante.

I primi sono un modello particolare di microfoni a condensato-

re. La variazione di capacità delle due armature, invece di modulare una carica elettrica come abbiamo visto in precedenza, varia la frequenza di oscillazione di un generatore a radiofrequenza contenuto all'interno del microfono, ottenendo così un segnale modulato in frequenza; questo può essere demodulato e rivelato in maniera analoga a quella di un qualsiasi sintonizzatore FM.

Tra i principali vantaggi di questo microfono troviamo la sua insensibilità ai campi magnetici esterni ed il rumore di fondo molto basso; tra i suoi svantaggi, la tendenza a captare talvolta disturbi a radiofrequenza e la sensibilità leggermente inferiore a quella dei tipi a condensatore.

I secondi sono un'applicazione dei tipi ad alta frequenza; la modulazione FM permette infatti di rivelare con precisione anche variazioni di frequenza molto piccole.

Il modello MKH 110-1 della Sennheiser, ad esempio, possiede una risposta in frequenza effettiva da 0,1 Hz a 20 KHz, e viene impiegato in campi particolari come l'analisi del rumore

di fondo in ambienti, o le vibrazioni strutturali in impieghi aeronautici, e così via. (fig. 3). Infine, i microfoni/altoparlante, come ricorda il nome, sono modelli dinamici costruiti in modo da poter funzionare alternativamente per la ricezione o la emissione di onde sonore: non dimentichiamo infatti che il principio di funzionamento di un trasduttore a bobina mobile è lo stesso, sia che venga usato in un microfono che in un altoparlante: In questo caso, la membrana viene dimensionata con particolari accorgimenti e compromessi di rigidità e di massa in movimento, in modo da poter rispondere con la necessaria efficacia sia alla trasformazione di un segnale acustico in uno elettrico che viceversa. Anche la bobina mobile sarà necessariamente avvolta con un filo di diametro superiore a quello di un comune microfono, per sopportare agevolmente la corrente circolante nel funzionamento in altoparlante. L'impiego più comune di questo speciale microfono è nelle conferenze, dove ogni presente può trasformarsi da ascoltatore in oratore azionando un

FIGURA 6

Effetti di interferenza dalle riflessioni delle onde sonore. La posizione del microfono in (B) è decisamente migliore che in (A), poiché vengono minimizzate le interferenze da riflessione.

deviatore posto vicino al microfono; il pregio principale è la grande chiarezza di ascolto per ogni persona presente, poiché il sistema evita di collocare altoparlanti parete in sala, svincolando la ricezione dai problemi di acustica della sala stessa.

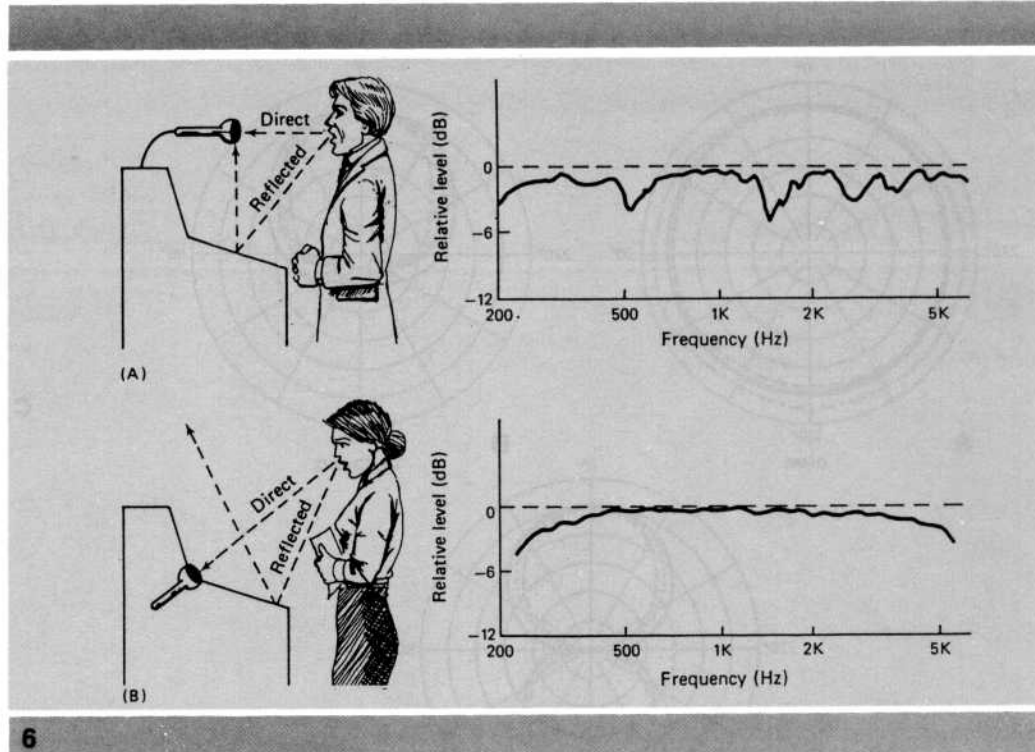
LE CARATTERISTICHE DIREZIONALI DEI MICROFONI

Fino ad ora abbiamo preso in considerazione solamente le caratteristiche costruttive e, in alcuni casi, di impiego generico dei microfoni.

Nella maggior parte dei casi comunque, un determinato tipo di microfono viene preferito ad altri in virtù delle sue caratteristiche di direttività, che permettono di ottenere la ripresa dei suoni che interessano. Facciamo un esempio molto semplice: per riprendere una conferenza che si tiene intorno ad un tavolo rotondo di dimensioni ridotte, si può scegliere di impiegare un solo microfono con caratteristiche "omnidirezionali" o "panoramico", piazzato al centro del tavolo; oppure si può impiegare un numero elevato di microfoni "direttivi", tanti quanti sono i partecipanti alla discussione. Nel primo caso si sarà risolto il problema nel modo più semplice, e l'intervento della persona addetta al controllo sarà necessario in genere solo all'inizio della conferenza. Un grosso svantaggio però di questo sistema di ripresa è l'impossibilità a selezionare dal parlato i suoni indesiderati come i rumori della sala, gli oratori che si... rischiarano la gola mentre parla un altro, e così via.

Nel secondo caso avremo invece una maggiore complicazione di intervento, poiché è assolutamente necessaria una persona che segua costantemente il dibattito, "aprendo" i microfoni interessati ed escludendo gli altri, e soprattutto dotata di una notevole dose di coinvolgimento per non perde-

re le prime parole di un oratore nel caso di un suo intervento non previsto. Ma i risultati ottenuti saranno senza dubbio superiori alla soluzione con un unico microfono, in particolare per quanto riguarda l'intelligibilità del parlato. Vediamo quindi quali sono le caratteristiche di direttività dei microfoni comunemente usati.



PANORAMICO O OMNIDIREZIONALE

Come spiegato nell'esempio precedente e come si può vedere nel diagramma polare riportato (fig. 4) la sensibilità della membrana è praticamente costante per i suoni provenienti da qualsiasi parte intorno ad essa.

CARDIOIDE

È il tipo più comune di microfono direttivo. La sua sensibilità è alta per i suoni che provengono frontalmente alla membrana, e decresce in modo teoricamente costante per i suoni con angolazione via via maggiore dall'asse. La sensibilità diventa minima per i suoni completamente fuori-asse (180 gradi). Nei modelli migliori, la curva caratteristica cardioide si mantiene costante a tutte le frequenze di

prova, o perlomeno si discosta poco da essa.

IPERCARDIOIDE

È una particolare versione del tipo a cardioide. In questo caso, la curva di direttività non attenua in modo così deciso le onde sonore provenienti dal retro della membrana, ma una piccola parte di essa è sommata al suono frontale. In tal modo, è ad esempio possibile eseguire valide registrazioni in ambienti con buona acustica naturale, potendo sommare all'esecuzione musicale una certa dose di riverbero ambientale posteriore. Generalmente questo comportamento direttivo si ottiene combinando le curve (differenti tra loro) di più membrane acusticamente vicine.

BIDIREZIONALE O AD OTTO

Come si vede in figura, è una curva molto particolare di direttività, usata solo in precisi casi. Il microfono è molto sensibile ai suoni provenienti dal fronte e dal retro, mentre perde quasi completamente di sensibilità per i suoni laterali alla (o alle) membrane entrocontenute. Il caso tipico di applicazione è la registrazione di due interlocutori seduti faccia a faccia in uno studio radiofonico o televisivo, con il microfono posto al centro del tavolo. Un'applicazione particolare ma comunque talvolta impiegata è quella denominata "configurazione di Blumlein" che vedremo in dettaglio in un prossimo articolo, quando parleremo delle tecniche microfoniche "naturali".

MICROFONI SUPERDIREZIONALI E CON ANDAMENTO A CLAVA

Sono usati esclusivamente per applicazioni molto particolari: registrazioni di suoni lontani, di suoni specifici in ambienti con elevato rumore di fondo, per registrare i rumori degli animali in ambiente naturale (come il canto degli uccelli), negli studi televisivi per isolare la voce di una determinata persona del pubblico senza captare il rimanente brusio di fondo. La loro caratteristica direzionale è appunto a forma di clava, cioè con un angolo utile di ripresa ridottissimo (tipicamente ± 30 gradi rispetto all'asse). Con un andamento simile esistono anche i microfoni con riflettore a parabola, (fig. 5) che sono normali modelli omnidirezionali posti nel fuoco di una parabola, co-

struita appositamente per concentrare in quel punto il suono incidente sulle sue pareti. A causa del costo relativamente basso di una parabola rispetto a quello di un microfono superdirettivo costruito appositamente, questo sistema è usato per lo più dagli amatori rispetto ai professionisti. L'ingombro della parabola infatti non è trascurabile.

EFFETTI COLLATERALI DEI MICROFONI DIRETTIVI

Un problema sentito durante l'impiego dei microfoni direttivi è quello dell'"effetto di prossimità". Succede in pratica che se si registra la voce umana tenendo il microfono stesso molto vicino alla bocca (tipicamente sotto i venti cm), si ottiene una esaltazione imprevista di note basse sotto i 500 Hz, con ampiezze dell'ordine di pochi decibel, fino a dieci dB ed oltre per il microfono tenuto a meno di due cm dalla bocca. Questo effetto è più o meno pronunciato per i diversi tipi di membrane (dinamiche o a condensatore), e non esiste con i microfoni omnidirezionali.

Non è sempre detto che l'effetto sia negativo: lo è solo se non viene desiderato, o se non è sfruttato nel modo migliore. Ad esempio diversi tecnici del suono, e parallelamente diversi cantanti, preferiscono ottenere

un suono più "presente", più "caldo" sfruttando l'effetto prossimità. Particolare attenzione va però fatta alla distanza capsula/bocca, che deve essere la più rigorosamente costante possibile. Infatti, oltre al livello continuamente variabile (correggibile comunque con un compressore) avverrebbero continue modifiche della risposta in frequenza in gamma bassa, con risultati sicuramente pessimi. Nel caso di semplice parlato invece, l'effetto di prossimità non è generalmente apprezzato poiché tende a rendere innaturali le comuni inflessioni della voce. Per questo motivo, è spesso presente sul microfono un commutatore che impone un'attenuazione della risposta in frequenza sotto i 200/400 Hz, così da compensare quasi perfettamente l'effetto stesso.

Un ulteriore problema dei microfoni direttivi, prima accennato durante la descrizione dei singoli tipi esistenti, è il variare della risposta in frequenza alle diverse angolazioni di impiego. Questo è dovuto a vari fattori

FIGURA 7

In questo caso, la distanza del microfono dal pavimento influisce molto sul risultato finale. Anche se a prima vista non è intuitivo, la posizione migliore è proprio quella del microfono appoggiato sul pavimento. I modelli "pressure-zone" sono indicatissimi quindi per questa applicazione.

costruttivi e teorici, e comunque rimane un elemento di cui si deve tenere conto durante l'utilizzo.

Nei migliori modelli esistenti di microfoni direttivi (supponiamo a cardioide) la curva di risposta in frequenza mantiene un andamento tipicamente uguale alle diverse angolazioni di ripresa. In pratica varia solo il livello di uscita a parità di distanza dalla sorgente sonora. Ciò si può constatare ad esempio facendo ruotare il microfono sul suo asse orizzontale.

Nei modelli meno costosi, al contrario, la curva di risposta assume un andamento molto irregolare al variare dell'angolo di ripresa; questo fornirà poi all'ascolto un'immagine stereo confusa ed instabile, poiché la percentuale di onde sonore riflesse dall'ambiente arriverà al microfono in percentuale corretta, ma sarà da esso rivelata in modo indefinito rispetto alle onde sonore frontali. Questo ragionamento vale ovviamente se il fine ultimo della ripresa sonora è la riproduzione di un evento stereo corretto, e può benissimo essere ininfluente per la semplice ripresa vocale diretta.

RIFLESSIONI DALLE SUPERFICI VICINE

Vogliamo accennare infine ad un problema molto sentito nella ripresa sonora, e chissà perché così trascurato nella maggior



parte dei casi: le interferenze tra il segnale diretto e i segnali riflessi in un ambiente non assorbente.

Prendiamo ad esempio il caso di figura 6: anche se non intuitivo immediatamente, il posizionamento del microfono nel secondo modo è migliore di quello precedente, osservando le curve di risposta in frequenza se ne ha la conferma. Nel primo caso infatti, il percorso dell'onda riflessa, essendo maggiore di quello dell'onda diretta, viene ad interferire con quest'ultima dando luogo ad avvallamenti nella curva e di conseguenza a perdite di intelligibilità complessiva. Nel secondo caso, al microfono arriva esclusivamente l'onda sonora diretta senza interferenze, e il risultato è decisamente migliore.

Lo stesso ragionamento si può applicare all'esempio di figura 7. Quando il microfono è montato alla sommità di un'asta, si forma un'interazione tra il segnale diretto ed il segnale riflesso dal pavimento. L'interazione scompare quando il microfono è praticamente appoggiato sul pavimento. In considerazione anche di questo fatto, sono nati i microfoni cosiddetti "pressure-zone" (un tipico esempio è il modello PZM della Crown, il primo ad alta diffusione immesso sul mercato). Essi consistono in un pannello rigido di dimensioni determinate, al centro del quale si affaccia una capsula microfonica omnidirezionale; questo può essere appoggiato direttamente sul pavimento, ed in tal modo la ripresa è esente dalle interazioni precedentemente descritte.

Rino Cieri

Le illustrazioni delle figure : 2 (A-B-C), 4 (A-B-D), 5, 6, 7 sono tratte dal libro "The Microphone Handbook", di John Eargle, ediz. ELAR/New York.

