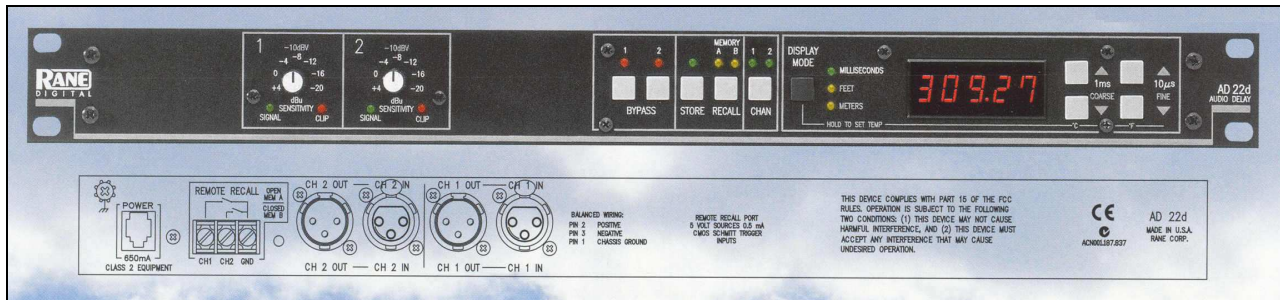


NOTE TECNICHE # 5 COS'E' E A COSA SERVE UNA LINEA DI RITARDO?



La *linea di ritardo*, come suggerisce il termine stesso, è un dispositivo che serve per ritardare temporalmente un segnale audio; di norma è una funzione inclusa in apparati elettronici per l'elaborazione del segnale (processori DSP), mentre sono rari gli esempi di implementazione in unità a sè stanti.

Nell'ambito di impianti di rinforzo sonoro, un'applicazione tipica si verifica nel caso di diffusione sonora distribuita, allorché:

- si desidera allineare temporalmente le emissioni, provenienti dai vari diffusori acustici, convergenti in una determinata posizione di riferimento, con il fine di evitare fenomeni di filtraggio a pettine o di eco;
- si desidera sfruttare l'effetto di precedenza con il fine di dare l'impressione agli ascoltatori di una specifica direzione di provenienza del suono, ad esempio coerente con la posizione di un oratore dotato di microfono.

Quando poi il sistema di diffusione sonora è integrato in un impianto audiovisivo, il ritardo del segnale audio può rendersi necessario per sincronizzarlo con le immagini.

L'utilizzo di una linea di ritardo è alquanto semplice, in quanto richiede essenzialmente le regolazioni della durata del ritardo richiesto dalla applicazione e della sensibilità della apparecchiatura.

Ciò che richiede un po' più di esperienza è il saper risalire all'esatto valore di ritardo.

Nel primo caso precedentemente menzionato si tratta di compensare le differenze di cammino tra le varie emissioni sonore.

Dunque, prefissata una posizione di riferimento P_{rif} (ad esempio il centro dell'area occupata dall'audience), basta calcolare le differenze tra la distanza D_{max} del diffusore acustico più lontano e le distanze che sussistono tra la posizione di riferimento P_{rif} e la posizione degli altri diffusori acustici dell'impianto.

Dette ΔD_i la *differenza di cammino* da compensare e c la velocità di propagazione del suono, calcolata alla temperatura ambientale, il ritardo τ_i da impartire ai segnali diretti al diffusore acustico considerato si ricava dalla semplice relazione:

$$\tau_i = \frac{\Delta D_i}{c}$$

Si rammenta che la velocità di propagazione del suono è variabile con la temperatura T (in gradi centigradi) in accordo con la formula:

$$c = 20,1\sqrt{273+T}$$

o, in forma di tabella:

Temperatura [°C]	Velocità del suono [m/s]
-20	320
-10	326
0	332
+10	338
+20	344
+30	350
+40	356

D'altra parte, nel caso della stragrande maggioranza degli apparati la procedura di conversione distanza-tempo non è nemmeno richiesta all'operatore, in quanto i controlli del ritardo sono tarati sia in metri che in secondi. Non vi è nemmeno il problema della temperatura ambientale in quanto l'apparato calcola il ritardo in base al dato inserito dall'operatore.

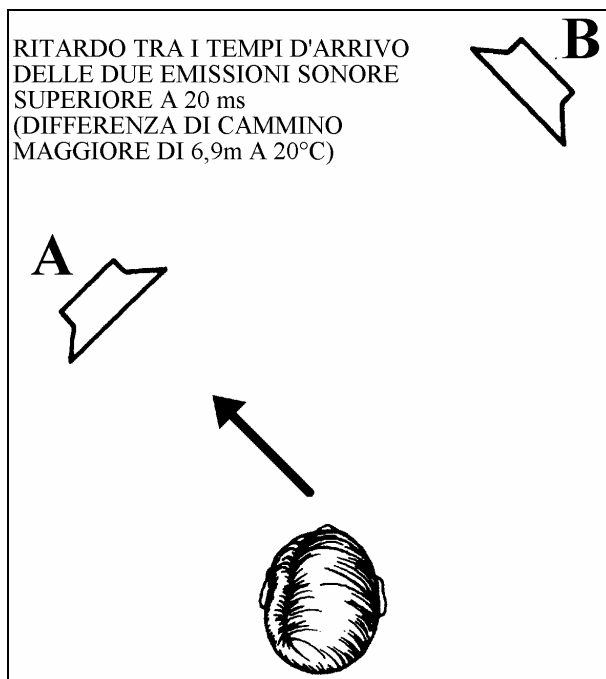
Va rammentato che, oltre all'allineamento temporale delle emissioni provenienti dai vari diffusori acustici, potrebbe essere richiesta anche una compensazione dei rispettivi livelli sonori, prevedibilmente diversi in considerazione della loro progressiva attenuazione con l'allontanamento dalla sorgente.

Decisamente più problematica è la regolazione nel caso di esigenza di sfruttare l'effetto di precedenza.

Si considerino due diffusori acustici identici che riproducono contemporaneamente lo stesso programma sonoro, posti a differenti distanze da un ascoltatore.

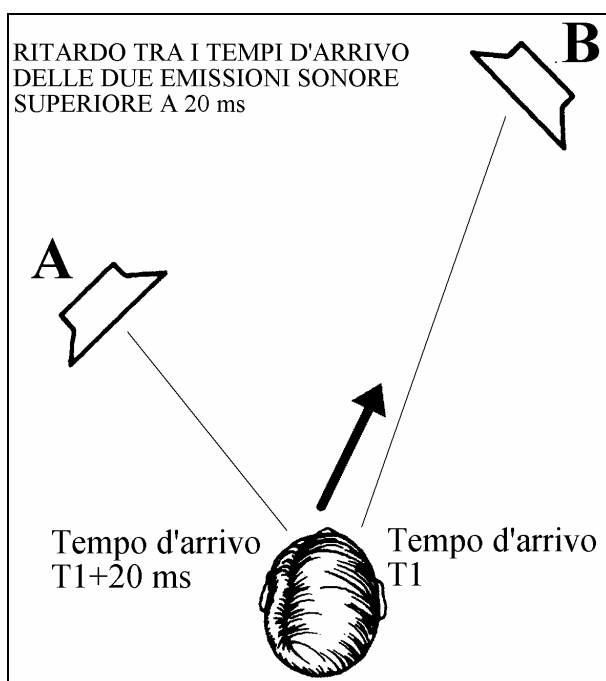
E' noto che se il ritardo conseguente a questa differente distanza supera i 20 millisecondi, il cervello ricostruirà come direzione di provenienza quella tipica della sorgente sonora più vicina (A in figura) ed il livello sonoro apparente sarà dato dalla somma dei contributi delle due sorgenti (A+B).

Questo fenomeno è noto come *effetto precedenza*.



E' interessante notare che se si fa in modo da ritardare l'emissione dalla sorgente A in modo che l'emissione sonora dalla sorgente B pervenga alle orecchie dell'ascoltatore con un anticipo di 20 ms o maggiore, l'immagine virtuale si sposterà verso la sorgente B.

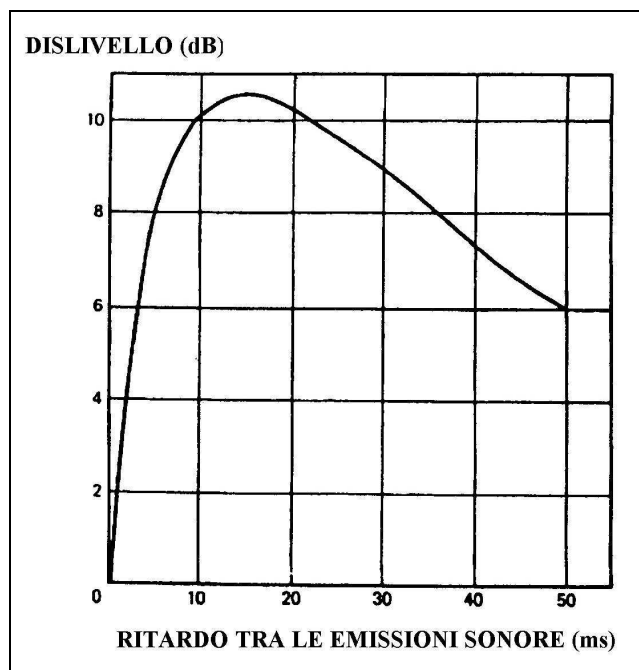
Il ritardo con cui deve essere inviato il segnale alla sorgente A deve essere tale da compensare la maggiore distanza che il suono emesso dalla sorgente B deve percorrere rispetto a quello prodotto dalla sorgente A, il tutto incrementato dei 20 ms richiesti.



Questo fenomeno è stato studiato con maggiore accuratezza da Haas, ragione per la quale si tende a confondere effetto precedenza con *effetto Haas*, pur non sottintendendo esattamente gli stessi concetti.

Difatti, se le emissioni sonore dalle sorgenti A e B non sono di pari livello, si ha tutto un corollario di conseguenze.

Il grafico di seguito riportato lega il ritardo tra le emissioni sonore, percepite in una certa posizione, ed il dislivello che le stesse devono possedere per dare la sensazione di un pari volume sonoro (*effetto Haas*).



Si sottolinea che l'esperienza cui il grafico si riferisce era teso ad individuare la relazione tra le emissioni affinché l'effetto fosse la percezione di entrambe le sorgenti come entità distinte; in tale circostanza, l'ascoltatore ha la sensazione che il suono provenga da una posizione compresa tra le posizioni fisiche delle due sorgenti.

Ad esempio, due sorgenti distanziate tra loro (sia fisicamente come anche artificialmente) in modo che le rispettive emissioni siano ritardate l'una rispetto all'altra di 20 ms, daranno l'impressione di suonare ugualmente forte se la differenza di livello sonoro è pari a circa 10 dB a favore di quella ritardata.

Numericamente, date due sorgenti sonore A e B, se la sorgente che fa pervenire la sua emissione all'ascoltatore con un anticipo di 20 ms sull'altra genera un livello sonoro di 70 dB_{SPL} nella posizione di ascolto P, la seconda sorgente sonora, per dare l'impressione di suonare altrettanto forte, dovrà produrre un livello sonoro di 70+10=80 dB_{SPL} nella medesima posizione P.

Da tutto ciò si evince che l'effetto precedenza può essere visto come una applicazione particolare dell'effetto Haas.

Effetto di precedenza ed effetto Haas vengono sfruttati nei sistemi di rinforzo sonoro quando i diffusori acustici principali ("sorgenti primarie") non sono in grado di far pervenire un livello sonoro accettabile agli ascoltatori più lontani ed allora si aggiungono diffusori acustici ausiliari (diffusori acustici "di riporto" o "sorgenti secondarie") cui viene applicato un segnale di ingresso

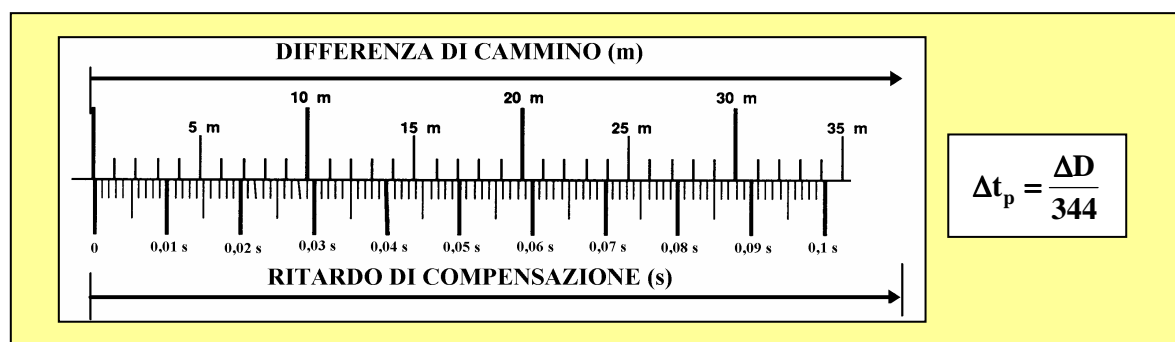
di livello opportuno e ritardato quel tanto che basta a mantenere la sensazione di direzione di provenienza dei suoni coerente con la posizione delle sorgenti primarie.

Poiché l'obiettivo non è che le due sorgenti sonore suonino ugualmente forte, ma che le rispettive emissioni sonore si fondano dando luogo ad un livello sonoro del valore desiderato e, nel contempo, che la direzione di provenienza del suono percepita dall'ascoltatore sia quella propria della sorgente sonora primaria, i valori di dislivello letti sul grafico precedente dovranno essere diminuiti di 4-6 dB.

Prima della correzione per effetto Haas, i diffusori acustici primario e secondario dovranno essere allineati temporalmente, ovvero dovrà essere compensata la differenza di cammino ΔD introducendo un ulteriore ritardo Δt_p sul segnale inviato al diffusore acustico di riporto (sorgente secondaria).

$$\Delta t_p = \frac{\Delta D}{20,1\sqrt{273 + ^\circ C}}$$

Alla temperatura di 20 °C, il ritardo di compensazione potrà essere calcolato, a partire dalla differenza di cammino, impiegando il regolo seguente.



Le linee di ritardo possono essere realizzate mediante circuiti analogici – segnatamente filtri attivi di tipo passa-tutto, con caratteristica di fase lineare, o circuiti di tipo sample & hold – oppure mediante circuiti digitali.

Per la sua maggiore flessibilità, la soluzione più congrua per l'applicazione in impianti di diffusione sonora è quella digitale, in grado di garantire prestazioni superiori (risposta in frequenza, rapporto segnale/disturbo, dinamica, ecc.) e gamme di ritardo di gran lungo più estese di una realizzazione analogica.

Una linea di ritardo digitale o DDL (Digital Delay Line) opera su di un segnale numerico e dunque prevede internamente una sezione di ingresso che provvede alla digitalizzazione del segnale analogico ed una sezione di uscita che esegue l'operazione inversa, restituendo il segnale analogico ritardato.

La gamma dei ritardi disponibili va tipicamente da 1,5 millisecondo a 1 secondo: la regolazione avviene per passi discreti di 10 microsecondi o di 1 millisecondo.

© 2006 Prase Engineering

Il presente documento è coperto da Diritto d'Autore e non può essere utilizzato da terzi né integralmente né parzialmente, in qualsivoglia forma e per qualsivoglia impiego.

Note Tecniche PRASE Engineering

Cos'è e a cosa serve una linea di ritardo?