

Corso di Elettroacustica

Lezione 11 – I registratori

Abbiamo visto come i microfoni agiscano da trasduttori in grado di convertire l'energia acustica in energia elettrica e come gli altoparlanti svolgano la funzione inversa. Un evento sonoro che si avvale di questa catena di trasduzione, semplificata in fig. 1, come può essere un'amplificazione in concerto, è un qualcosa che nasce e muore contestualmente.

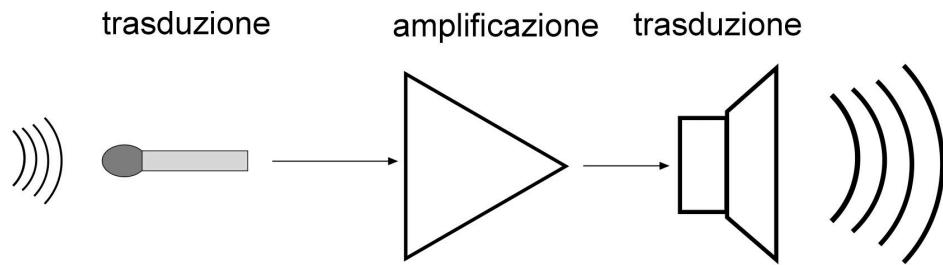


fig. 1: la catena di trasduzione

Nel momento in cui l'evento voglia essere fissato per essere fruito in un tempo successivo entra in gioco la registrazione, esemplificata in fig. 2, che può essere realizzata sia nel dominio analogico che in quello digitale.

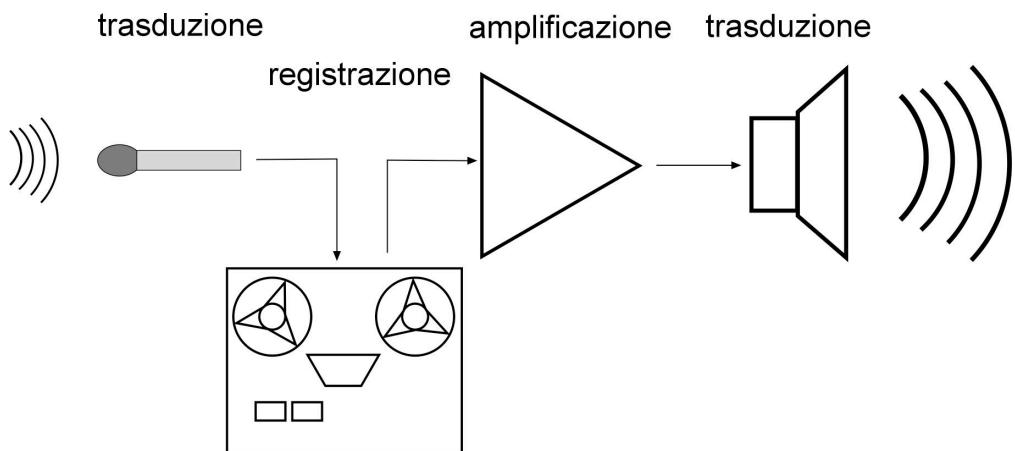


fig. 2: la catena di registrazione

Se definiamo la registrazione come un processo di elaborazione del segnale audio mediante il quale il segnale stesso viene fissato su un supporto fisico, dal quale può essere in un secondo tempo prelevato per tornare ad essere segnale audio, possiamo affermare che nella registrazione analogica tale elaborazione è continua, in quanto i dati oggetto dell'elaborazione si susseguono per variazioni di valori infinitesimali sull'asse del tempo, mentre nella registrazione digitale l'elaborazione è discreta, in quanto avviene numericamente. Così come nella trasduzione il segnale elettrico in uscita corrisponde (idealmente) al segnale acustico in entrata, nella registrazione analogica il processo segue in ogni istante l'andamento del segnale elettrico in

entrata, per restituirlo (idealmente) identico alla fine dell'elaborazione. Nella registrazione digitale manca la continua corrispondenza col segnale analogico, in quanto il campionamento consente di trasformare la registrazione in un processo d'immagazzinamento di dati numerici.

I registratori analogici

Malgrado l'enorme sviluppo di procedure di registrazione digitale e di diffusione di queste a livello di massa con apparecchi sempre meno costosi e più perfezionati, la registrazione analogica, che ha rappresentato una parte importantissima della storia dell'ingegneria del suono, è ancora pratica attiva in alcuni contesti, e la sua conoscenza è indispensabile nel campo del restauro audio e in tutte quelle situazioni in cui entrino in ballo registrazioni del passato.

Cenni storici

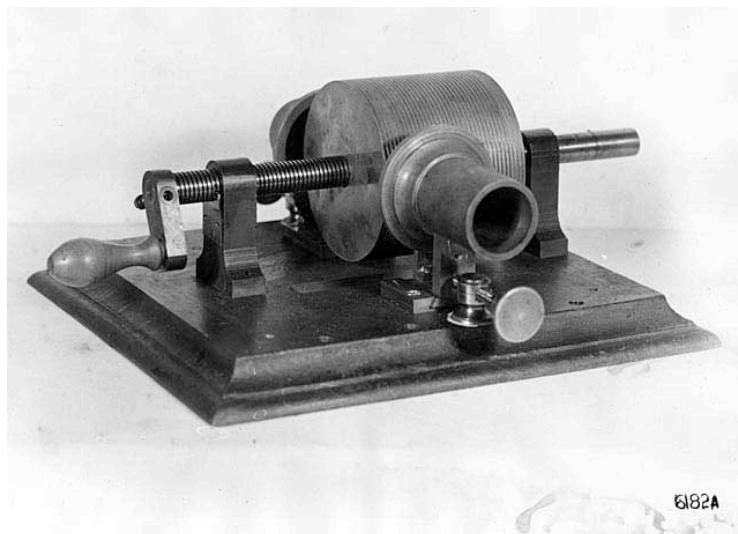


fig. 3: il fonografo di Edison

Nel 1877, Thomas Edison costruì il primo fonografo a cilindro (fig. 3), con lo scopo di fornire uno strumento per la registrazione della voce, un dittafono. L'apparecchio era costituito da un cilindro in ottone, dotato di un solco a spirale che ne ricopriva la superficie, sopra il quale era teso un rivestimento di stagnola. Uno stilo incisore, solidale con una membrana vibrante, incideva direttamente sulla stagnola. La registrazione veniva letta da un secondo stilo solidale con una seconda membrana, più elastica della precedente. Una volta terminato un cilindro, questo poteva essere rimosso e sostituito da uno nuovo, oppure "rigenerato" rettificando la stagnola.



fig. 4: il grammofono di Berliner

Il passaggio successivo fu rappresentato nel 1887 dall'invenzione del grammofono, ad opera di Emile Berliner (fig. 4), che fondò anche una sua casa di produzione discografica, la Berliner Gramophone.

I due sistemi si confrontarono a lungo sul mercato, con miglioramenti e innovazioni da ambo le parti, fino alla completa affermazione del grammofono all'inizio degli anni '20. Il disco si è evoluto col passare degli anni, cambiando i materiali, passando nel 1948 dalla bachelite al vinile, rimpicciolendo i solchi di un terzo con l'avvento del microsolco, passando dall'incisione monofonica a quella stereofonica, ed aggiungendo le velocità di 45 e $33\frac{1}{3}$ oltre a quella iniziale di 78 giri/min. Nonostante l'introduzione del compact-disc il disco in vinile resiste in una sua collocazione commerciale limitata ma vitale.

Mentre il disco si dimostrava per le sue caratteristiche come il mezzo ideale per la vendita della musica pre-registrata, altri mezzi venivano inventati al fine di offrire all'utilizzatore la possibilità di registrare il proprio materiale sonoro e di riascoltarlo.

Entrambi i sistemi, fonografo e grammofono, di cui abbiamo ora illustrato l'avvento, sono sistemi *meccanici*, in cui cioè l'onda acustica viene adoperata per plasmare del materiale cedevole dandogli una forma in continua relazione con l'onda stessa. Vedremo ora come il passo successivo sia rappresentato dall'avvento di sistemi *magnetici*.

La registrazione a filo è un sistema che si avvale come supporto di un sottile filo di acciaio inossidabile. Il filo contenuto in una bobina viene fatto scorrere davanti ad una testina magnetica, similmente ai registratori a nastro, ed il metallo viene magnetizzato in modo da creare una corrispondenza continua con il segnale analogico in entrata, precedentemente trasdotto dal microfono in segnale elettrico. Il primo apparecchio, il "Telephone", fu inventato nel 1894 da un tecnico telefonico danese di nome Valdemar Poulsen, che lo presentò alla Mostra di Parigi del 1900, durante la quale registrò la voce dell'Imperatore Francesco Giuseppe; quella registrazione è conservata come la più antica registrazione magnetica della storia.



fig. 5: il registratore a filo

Da allora il registratore a filo fu prodotto per il mercato di massa da diverse case (vedi in fig. 5 uno dei primi esemplari e un modello del 1946) e rimasto in uso, anche in campo militare, fino all'inizio degli anni '50, quando fu soppiantato dalla diffusione dei registratori a nastro. I registratori a filo non potevano evitare la torsione longitudinale del filo, e quindi non assicuravano una lettura uguale in fase di registrazione e di playback, soprattutto alle frequenze più alte. Inoltre, il processo di isteresi magnetica non era lineare, causando distorsioni indesiderate, ed infine il filo tendeva facilmente ad aggrovigliarsi.

Nel 1928 Fritz Pfleumer in Germania inventò un supporto di registrazione basato su un nastro di carta ricoperto di polvere magnetica. La tecnologia si perfezionò sempre in Germania presso la AEG e la BASF, portando alla sostituzione del nastro di carta con uno in acetato di cellulosa, e infine alla decisiva scoperta della pre-polarizzazione del nastro con un balzo in avanti nella qualità audio finale.

Dalla fine della Seconda Guerra Mondiale i progressi tecnici e la diffusione commerciale e industriale dei registratori sono stati costanti: dall'acetato di cellulosa si è passati al poliestere come materiale di supporto, e la tecnologia ha consentito la realizzazione di macchine per la registrazione sempre più perfezionate.

fig. 6: registratore open-reel da 1/4"

Nella fig. 6 possiamo osservare il regista a bobine (open-reel) Nagra IV-S su nastro da $\frac{1}{4}$ ", considerato il miglior regista analogico mai prodotto.

Anche la larghezza del nastro, all'inizio limitata allo standard di $\frac{1}{4}$ ", ha allargato la sua gamma a $\frac{1}{2}$ ", 1", 2", aumentando progressivamente il numero



delle tracce alloggiate su di esso. Nella tabella seguente vediamo riassunti gli standard dei nastri multitraccia:

	1Tr	2Tr	4Tr	8Tr	16Tr	24Tr
1/4"	•	•	•			
1/2"		•	•	•		
1"				•	•	
2"					•	•

Per capire meglio la diversità dei formati su uno stesso supporto, si può osservare in fig. 7 le possibilità offerte dal nastro 1/4".

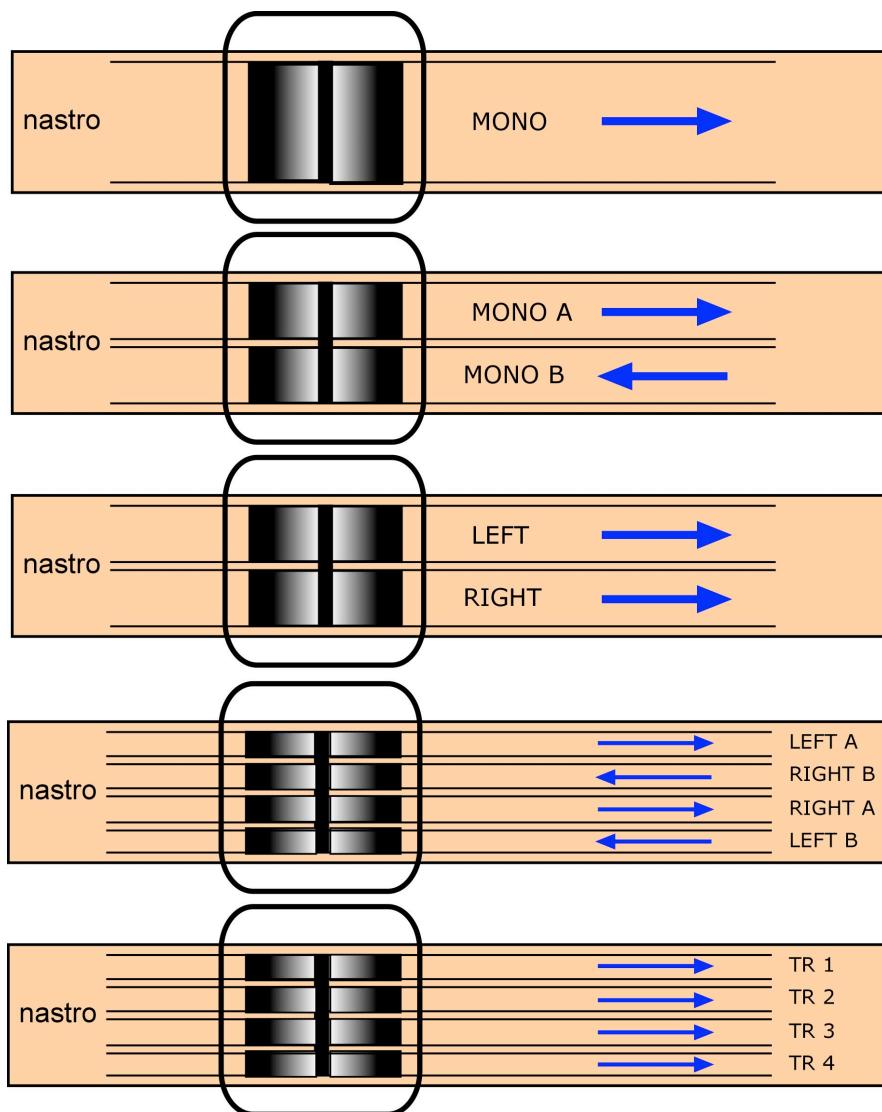


fig. 7: i formati del nastro 1/4"

L'avvento del digitale con l'introduzione del compact-disc e successivamente dei sistemi di registrazione PCM ha spinto le case costruttrici di registratori analogici a dotarli di sistemi di riduzione del rumore sempre più sofisticati, in grado di competere con le dinamiche fornite dal dominio digitale, e per un

periodo i due sistemi hanno gareggiato, fino all'arrivo delle workstation digitali, quando la praticità e le enormi potenzialità dell'editing digitale e del mixing virtuale hanno avuto il sopravvento sulla superiorità sonica del sistema analogico.

Nel periodo attuale la registrazione analogica nel campo delle produzioni ha una collocazione di nicchia, per quegli artisti che richiedono la fedeltà assoluta che solo essa può fornire, a scapito di una minore flessibilità in post-produzione e a procedure di lavorazione "vecchio stile".

Principi di funzionamento dei registratori analogici a nastro

Il nastro magnetico è costituito da un supporto meccanico ricoperto da uno strato di ossido di ferro, ossia da minuscole particelle in grado di essere magnetizzate e orientate per opera di un elettromagnete.

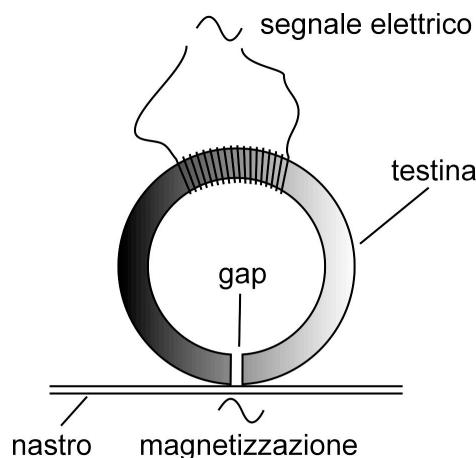


fig. 8: la registrazione analogica

Se osserviamo la fig. 8, possiamo vedere come avviene il processo di magnetizzazione del nastro: la testina di registrazione è costituita da un materiale ferroso dotato di un avvolgimento di rame, e terminante in una fessura (gap) nel punto in cui il nastro scorre con continuità; il segnale elettrico applicato all'estremità dell'avvolgimento produce una corrispondente magnetizzazione della testina, la quale sfrutta il gap per trasferire il flusso magnetico sul nastro, orientando in modo corrispondente le particelle di ossido di ferro. La riproduzione avviene in modo esattamente speculare: il nastro, passando davanti alla testina di lettura, induce un flusso magnetico che viene trasformato dall'avvolgimento in segnale elettrico. Esiste una terza testina, quella di cancellazione, con il compito di preparare il nastro per la registrazione registrando su di esso una sinusoide ad alta frequenza (100-200Khz); la medesima frequenza viene sommata al segnale audio in ingresso (e successivamente eliminata in lettura tramite filtraggio), spostando in zone inudibili le non-linearietà del sistema di registrazione: tale operazione è definita "pre-polarizzazione" (bias).

Nella fig. 9 possiamo vedere la disposizione fisica delle tre testine, e possiamo anche osservare come avviene generalmente l'operazione di trascinamento

del nastro: il motore elettrico tiene costantemente in rotazione un perno (capstan) al quale, al momento della partenza del nastro, viene avvicinato un rullo gommato (pinch roller); il nastro viene “preso” tra i due ed inizia a muoversi, passando da una bobina fornitrice ad una bobina ricevitrice.



fig. 9: il gruppo testine ed il trascinamento

Nella fig. 10 è schematizzato invece lo schema circuitale dei processi in registrazione ed in riproduzione: il circuito di bias trap è un filtro che ha lo scopo di evitare che la frequenza di pre-polarizzazione vada a disturbare gli stadi precedenti.

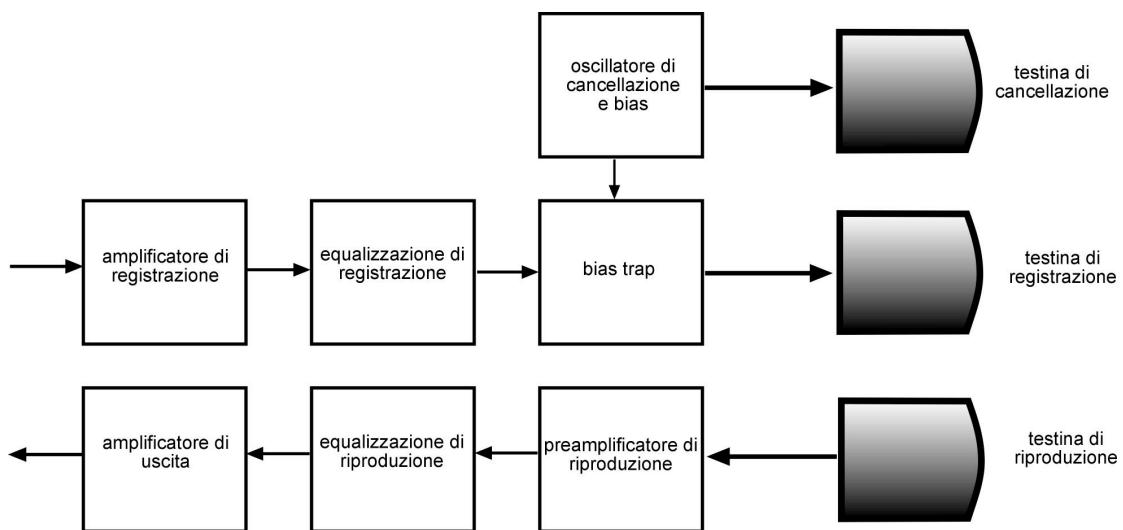


fig. 10: schema a blocchi delle testine

Allo scopo di migliorare il rapporto segnale-rumore, il trasferimento del segnale elettrico non avviene in maniera lineare, bensì usufruendo di curve di equalizzazione complementari in registrazione-riproduzione: in pratica, le frequenze più alte vengono esaltate in fase di registrazione per essere poi attenuate in fase di lettura.

Tali curve sono differenti a seconda della velocità del nastro, con una maggiore correzione nelle velocità più basse. Di seguito forniamo una tabella delle velocità dei nastri open-reel secondo i due standard di misurazione:

pollici/sec	cm/sec
$1\frac{7}{8}$	4,7625
$3\frac{3}{4}$	9,525
$7\frac{1}{2}$	19,05
15	38,1
30	76,2

La velocità più bassa, andata in disuso per i nastri open-reel, è stata adottata dalle cassette (“musicassetta” o “compact cassette”, fig. 11), le quali adottano un nastro dello spessore di 1/8”.

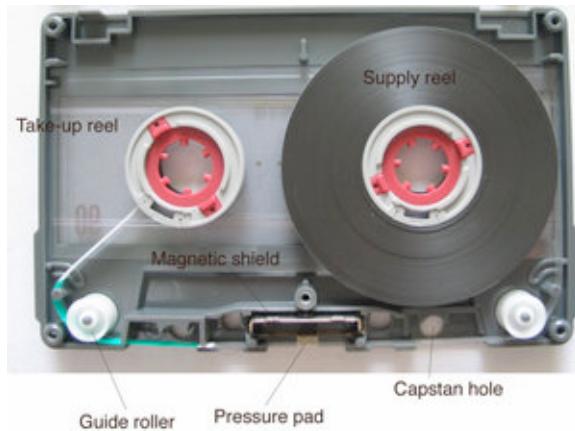


fig. 11: interno di una cassetta

La necessità di avere a disposizione una dinamica maggiore ha costituito una spinta allo sviluppo di sistemi di riduzione del rumore, sia nel campo professionale che in quello “consumer”, implementati in differenti standard. Il principio di funzionamento dei sistemi di riduzione del rumore si basa su un processo di compressione della dinamica in fase di registrazione e di uno speculare processo di espansione in fase di playback, detto “compander” (compressor - expander), di cui vediamo schematizzato il funzionamento in fig. 12: la dinamica d’ingresso del segnale, che sarebbe penalizzata dal rumore di fondo del nastro, viene compressa in fase di registrazione in modo da poter rientrare nella dinamica disponibile sul nastro. In fase di riproduzione si applica un’espansione complementare della dinamica, che riacquista così i suoi valori originari, diminuendo significativamente il livello del rumore.

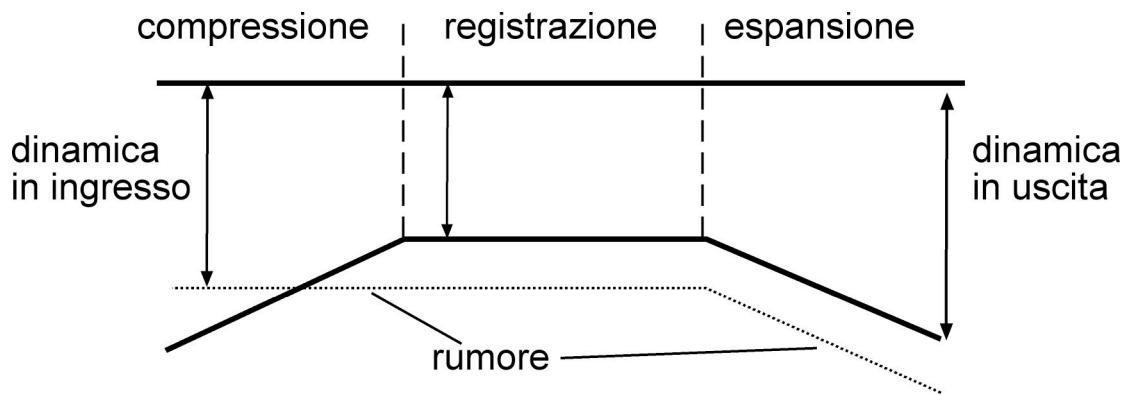


fig. 12: il processo di compressione-espansione

In alcuni sistemi fondati su questo principio, come il DBX, il processo avviene sull'intero spettro sonoro, mentre i riduttori della Dolby Laboratories compiono prima una selezione delle bande di frequenza ed operano selettivamente su di esse, andando ad intervenire nelle zone delle frequenze alte in cui è più avvertibile il rumore, secondo processi di mascheramento uditivo basati sulla percezione psicoacustica. Nella tabella di seguito riassumiamo gli standard Dolby nelle loro evoluzioni, nei campi applicativi e nelle prestazioni.

	Anno	Open-reel	Cassette	Riduzione rumore
Dolby A	1965	•		-10dB
Dolby B	1968		•	-10dB
Dolby C	1981		•	-20dB
Dolby SR	1986	•		-25dB

Il Dolby SR (Spectral Recording), introdotto nel periodo di passaggio alle tecnologie digitali, rappresentò l'estremo tentativo di sopravvivenza della registrazione analogica, in quanto offriva prestazioni paragonabili a quelle del digitale. Come abbiamo accennato, il prevalere della tecnologia digitale fu determinata dalle possibilità offerte nella post-produzione e dalla contemporanea diffusione commerciale del compact-disc. Nonostante ciò, la tecnologia di registrazione analogica è ancora praticata a livello professionale da quegli artisti che preferiscono sacrificare la praticità della post-produzione alla purezza del suono analogico, ed alcune macchine di registrazione, come la Studer A820 illustrata in fig. 13, sono tuttora prodotte, dotate di Dolby SR ed altre rifiniture tecnologiche aggiornate.



fig. 13: il registratore Studer A820 24Tracce

La calibrazione delle macchine analogiche

La caratteristica dei registratori analogici, ossia lo scorrimento del nastro sulle testine di registrazione e di lettura comporta una serie di problemi nel momento in cui tutte le componenti, meccaniche ed elettroniche, non siano periodicamente tarate. Dal punto di vista della meccanica, una delle operazioni più frequenti, a parte quella di una costante pulizia delle testine e delle guide di trascinamento dai residui di ossido di ferro che inevitabilmente si posano, è quella dell'allineamento delle testine.

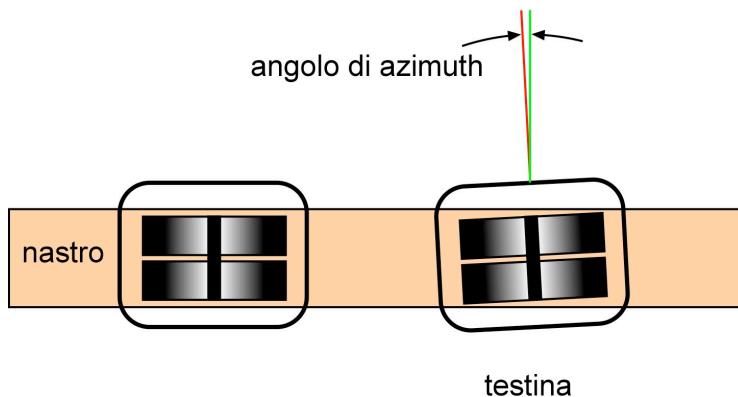


fig. 14: regolazione dell'azimuth

Infatti, come si può osservare nella fig. 14, l'angolo di azimuth delle testine, nel momento in cui vada fuori allineamento comporta una incorretta

relazione di fase tra i due canali (nel caso del registratore a due tracce, come illustrato), in quanto uno dei due canali viene ad essere letto prima dell'altro. La taratura avviene leggendo una sinusoide in alta frequenza e sommando in mono le tracce: la regolazione dell'azimuth corretta è quella che fornisce un segnale di livello più elevato.

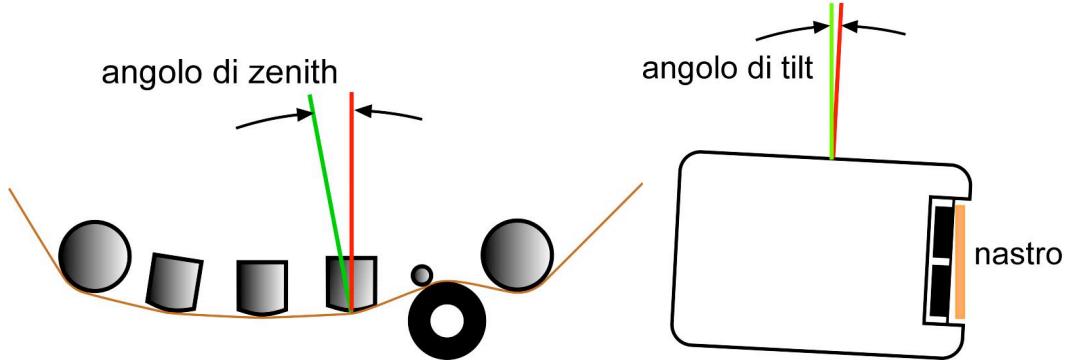


fig. 15: regolazione dello zenith e del tilt

Le testine hanno la possibilità di regolare l'inclinazione anche nelle altre due direzioni dello spazio, così avremo la regolazione dello zenith (rotazione orizzontale) e del tilt (rotazione verticale), come schematizzato in fig. 15. Le tarature in realtà sono molto più numerose, e vanno dal controllo della tensione del nastro a quello della curva di equalizzazione per tutte le velocità. La procedura prevede che sia tarata prima la testina di lettura mediante gli appositi nastri pre-registrati e poi quella di registrazione fornendo in ingresso le frequenze necessarie (tipicamente: 100Hz, 1Khz, 10Khz).

I registratori digitali

Sebbene la pratica corrente di registrazione si sia orientata verso l'hard-disk recording, vuoi con registratori stand-alone dotati di memorie di massa, vuoi attraverso l'uso diretto dei computer, la registrazione digitale ha conosciuto un periodo in cui si avvaleva esclusivamente di apparecchi a nastro magnetico, il cui uso non è ancora obsoleto, anche a motivo dei comportamenti imprevedibili a cui sono talvolta soggetti i computer che non hanno la registrazione audio come loro unica funzione. Se anche la pratica si orientasse verso il definitivo abbandono dei registratori digitali a nastro è comunque opportuno, anche nel digitale come nell'analogico, conoscerne l'evoluzione nel tempo e i principi di funzionamento per essere in grado in un futuro di gestire il materiale esistente prodotto da tali apparecchiature.

Cenni storici

Verso la fine degli anni '60 i due colossi dell'industria Sony e Philips si accordarono per sviluppare congiuntamente il progetto di un supporto di registrazione digitale che superasse le prestazioni del vinile. Fu così che nacque il Compact Disk (CD), che ebbe la sua diffusione commerciale all'inizio degli anni '80. La tabella qui sotto aiuta a comprendere l'evoluzione tecnologica mettendo a confronto le prestazioni dei due sistemi.

	CD	Vinile
Risposta in frequenza	20-20Khz ± 0.5dB	30-20KHz ± 3dB
Dinamica	90dB	70dB a 1Khz
Distorsione armonica	<0.01%	1-2%
Separazione	>90dB	25-30dB
Wow e flutter	Non misurabile (quarzo)	0,03%
Durata	80 min	50 min

Prima dell'avvento del compact disk le macchine di registrazioni risultavano più che sufficienti a fornire lavorazioni di qualità destinate alla produzione in vinile, mentre a partire da quel momento si sviluppò una corsa a sistemi di registrazione più perfezionati in grado di offrire dei master di qualità adeguata al nuovo supporto. Mentre, come abbiamo visto, le macchine si attrezzavano con sistemi di riduzione del rumore più sofisticati, cominciarono a essere introdotti dei sistemi di registrazione digitale, sia nel campo professionale che amatoriale.

La Sony presentò sul mercato alcuni processori PCM che avevano il compito di digitalizzare il segnale analogico e di fornirlo all'ingresso video composito di un videoregistratore, che poteva appartenere a uno qualsiasi degli standard presenti allora, professionale (U-Matic 3/4") e consumer (VHS e Beta 1/2"). Tali processori erano il Sony PCM-1630 (fig. 16) e, nel campo amatoriale, il Sony PCM-F1 (fig. 17)



fig. 16: il processore Sony PCM-1630



fig. 17: il processore Sony PCM-F1

Nello stesso periodo fu presentato dalla DBX il processore Model 700 (fig. 18), che si avvaleva anch'esso di un VCR professionale per l'immagazzinamento dei dati, ma lavorava, anziché sul campionamento PCM, su di un particolare campionamento delta-sigma chiamato "Companded Predictive Delta Modulation" (CPDM), una tecnologia direttamente imparentata con quella successiva del "Direct Stream Digital" (DSD) del Super-Audio CD. Tale processore, benché qualitativamente molto superiore alla tecnologia PCM, non riuscì ad imporsi commercialmente ed uscì presto di scena.



fig. 18: il dbx Model 700

Tutti questi processori avevano due importanti limitazioni:

- a) La registrazione era limitata a 2 tracce
- b) Non vi era la possibilità di effettuare operazioni di editing

In realtà la seconda affermazione non è del tutto vera, poiché esistevano delle centraline di montaggio, in dotazione agli studi di mastering, riprese dalla tecnologia video, le quali operavano secondo una tecnica mutuata dai montaggi video sincronizzando opportunamente due VCR professionali (uno in lettura, l'altro in scrittura), ma il problema era che le macchine in sé non offrivano questa possibilità.

Per ovviare a questi problemi, e per trasferire la tecnologia digitale anche al campo della registrazione multitraccia furono introdotti sul mercato dei registratori digitali a testina fissa, come il Sony PCM-3324 (fig. 19) e il Mitsubishi X80.



fig. 19: il registratori Sony PCM-3324

Questi registratori rappresentavano la naturale evoluzione nel mondo digitale delle tecniche di produzione sviluppatesi con l'analogico: registratori a bobine, possibilità di effettuare editing fisico sul nastro, operatività del tutto simile (registrazione, overdubbing, ecc.).



fig. 20: il registratori DAT Sony PCM-2500

Contemporaneamente, nel campo dei registratori a 2 tracce venne lanciato verso la fine degli anni '80 il regratore DAT (nella fig. 20 il modello Sony PCM-2500) che derivava la sua tecnologia da quella dei registratori video a testine rotanti (vedi più oltre). Esso prese rapidamente il posto delle altre macchine a 2 tracce nella funzione di master stereo recorder, per il basso costo del supporto e per le prestazioni che lo eguagliavano al compact disk. All'inizio degli anni '90 la situazione cambiò radicalmente per l'arrivo di due importanti novità:

- a) I registratori 8 tracce in cassetta
- b) Le workstation digitali



fig. 21: il regratore Alesis ADAT

Il primo regratore 8 tracce fu l'Alesis ADAT (nella fig. 21 l'evoluzione ADAT XT) che fu immesso sul mercato nel 1991, e si avvaleva della tecnologia Super-VHS (S-VHS). La possibilità di sincronizzare più ADAT, e quindi di configurare uno studio a 24 o 32 tracce ad una frazione del costo dei registratori digitali multitraccia rese rapidamente obsoleti questi ultimi facendoli uscire in gran parte dal mercato e confinando la macchine superstiti solo in alcuni studi molto prestigiosi.

Due anni più tardi venne lanciato il regratore 8 tracce Tascam DA-88 (vedi fig. 22), il quale in luogo del S-VHS sfruttava la tecnologia video Hi-8 (le cassette furono ribattezzate con la sigla DTRS). Era una macchina più costosa, più precisa e più affidabile rispetto all'ADAT, e si avvaleva di un supporto meno costoso e meno ingombrante, ma non ebbe la stessa diffusione dell'ADAT negli studi di registrazione, affermandosi però come standard nel settore del master audio multicanale per il cinema, per il quale è tuttora in uso.



fig. 22: il regratore Tascam DA-88

Di seguito forniamo una tabella riassuntiva delle caratteristiche dei registratori a testina rotante:

Registratore	Canali	Risoluzione (bit)	Definizione (Khz)
DAT	2	16	44.1 - 48
ADAT ADAT XT	8	16	44.1 - 48
		20	
Tascam DA88 Tascam DA78HR	8	16	44.1 - 48
		24	

Principi di funzionamento

Prima di approdare alla registrazione su memoria di massa, come avviene nella gran parte delle produzioni attuali, la registrazione digitale ha iniziato il suo cammino con macchine che utilizzavano il nastro magnetico, sebbene in maniera del tutto differente dall'audio analogico, a cominciare dalla composizione chimica dello stesso nastro, composto da particelle in metallo in luogo dell'ossido di ferro.

Le tecnologie di registrazione digitale su nastro si sono fin dall'inizio indirizzate su due direttive progettuali:

- a) Registratori a testine fisse (stationary heads)
- b) Registratori a testine rotanti (rotary heads)

Tra i registratori a testine fisse si sono sviluppati tre standard, di cui riassumiamo le caratteristiche nella seguente tabella:

Sistemi	Tracce	Nastro	Velocità	Tipologia
DASH	2	1/4"	30"/sec	Open-reel
	24	1/2"		
	48	1/2"		
ProDigi	2	1/4"	30"/sec	Open-reel
	16	1/2"		
	32	1"		
DCC	2	1/8"	1 $\frac{7}{8}$ "/sec	Cassette

I sistemi DASH (Digital Audio Stationary Head) e ProDigi, nati negli anni '80 rispettivamente nella Sony e nella Mitsubishi, sono stati implementati in alcuni modelli di regratore a bobine, sia a 2 tracce che multitraccia. La differenza tra i due sistemi era che, mentre il sistema DASH si basava su una divisione del nastro "tradizionale" (24 tracce fisiche per 24 canali, o 48 per 48), il sistema ProDigi usava 10 tracce fisiche ognuna delle quali portava l'informazione di 8 canali.

Il sistema DCC (Digital Compact Cassette), un progetto Philips che non ebbe fortuna, proponeva dei lettori in grado di operare sia con le cassette digitali che con le vecchie cassette analogiche, e quindi era fornito di testine ibride, come quelle illustrate in fig. 23.

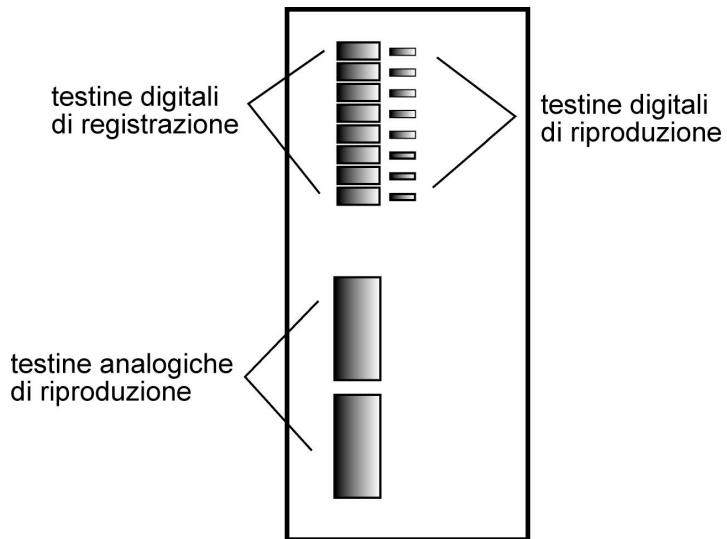


fig. 23: gruppo testine di un registratore DCC

La tecnologia delle testine rotanti, nata nel campo dei videoregistratori, è stata sviluppata allo scopo di consentire un'elevata velocità relativa nel contatto tra il nastro e la testina per innalzare la banda passante. In pratica, due testine sono sistemate alle estremità (180°) di un tamburo rotante, il quale, essendo inclinato rispetto all'asse di trascinamento del nastro, opera delle scansioni diagonali del nastro stesso (tracce elicoidali), depositando ad ogni passaggio l'informazione digitale. La fig. 24 illustra questo processo.

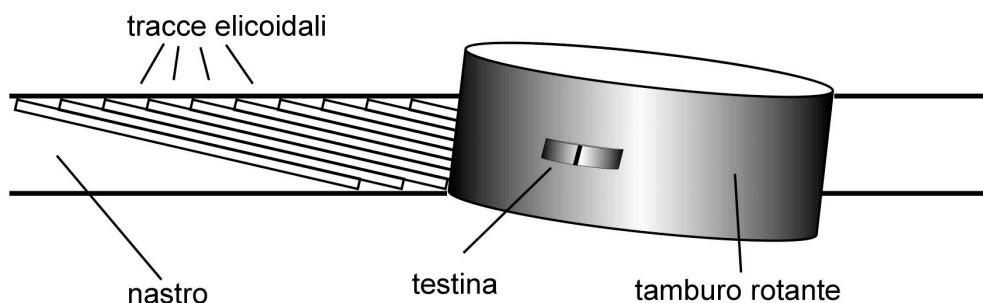


fig. 24: principio delle testine rotanti

A questo punto le similitudini tra i videoregistratori e i loro derivati (ADAT e DA-88) e il DAT si esauriscono, poiché occorre precisare che, essendo il DAT un prodotto nato specificamente per l'audio digitale, ha subito delle variazioni rispetto alla tecnologia dei videoregistratori. Come si può osservare in fig. 25, un videoregistratore, avendo le testine posizionate a 180° sul tamburo rotante, richiede un contatto col nastro che sia superiore a questa angolazione, per evitare interruzioni nel segnale. Il registratore DAT, pur

avendo anch'esso le testine a 180° , ha superato questo problema, poiché sfrutta delle compressioni temporali nel flusso di dati, i quali non vengono più depositati sul nastro in modo continuo, bensì a pacchetti. L'angolo minimo di contatto si riduce così a 90° migliorando enormemente i problemi dovuti all'usura del nastro stesso. Se si considera poi che lo spessore del nastro è di $1/8"$ (come le vecchie musicassette) contro il $1/2"$ del VHS, con tutte le differenze dovute alle masse, si comprende come i problemi meccanici di trascinamento siano molto differenti.

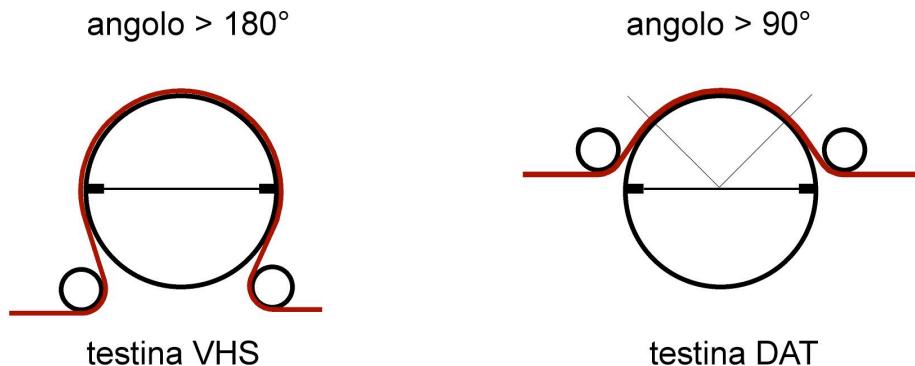


fig. 25: confronto tra testina VHS e testina DAT

Ogni traccia elicoidale contiene svariate informazioni, tra cui:

- a) Il valore PCM
- b) I codici d'errore
- c) I sottocodici (index, timing, ecc)

Riassumiamo infine i parametri fondamentali dei registratori DAT:

Parametro	Valore
Canali	2
Definizione (Khz)	44.1 - 48
Risoluzione (bit)	16
Durata (min)	120
Velocità (mm/sec)	8,15
Diametro tamburo (mm)	30
Rotazione del tamburo (rpm)	2000
Velocità relativa (mt/sec)	3,133
Inclinazione testina	20%