

## “La controreazione”

L'impiego della controreazione nelle apparecchiature di amplificazione è argomento assai controverso tra gli audiofili: in verità è giustificato il dibattito in quanto questa soluzione circuitale, dall'impiego della quale è spesso difficile se non addirittura impossibile prescindere, a fronte di una serie indubitabile di vantaggi comporta peraltro non poche negatività. Stante la grande importanza di questa tecnica che è una delle più adottate ed insieme una delle più vituperate, ci sembra importante spiegarne il modus operandi adottando però una maniera semplice, in modo che il discorso, benché assolutamente rigoroso risulti fruibile anche dai non addetti ai lavori.

### Premessa

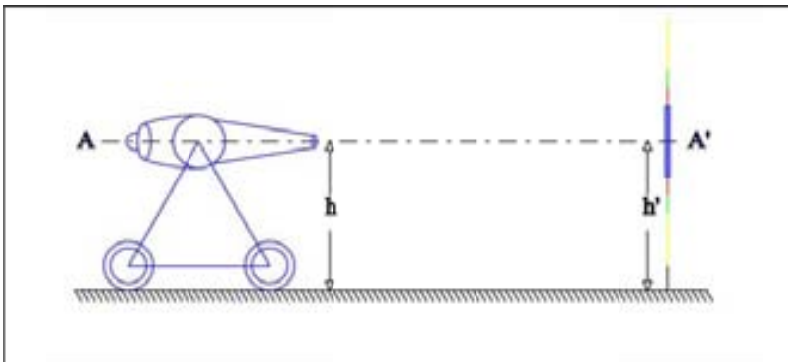
In più di una circostanza, pareri e segnalazioni ampiamente discordanti tra loro hanno, piuttosto che informare e guidare l'audiofilo, raggiunto il solo scopo di disorientare l'appassionato che non viene posto nella condizione di possedere un personale metro di giudizio. Di converso, lo spirito guida di queste pagine è quello di fornire agli interessati, tramite semplici ma rigorose ed incontestabili disamine tecniche, i mezzi e le conoscenze per formarsi giudizi autonomi, affrancati da quelli di quanti pontificano e, in qualità di depositari del verbo, non avvertono la ben che minima esigenza di fornire giustificazioni teoriche ai propri asserti. Dopo questa premessa, necessaria per informarvi delle nostre idee e dei nostri intendimenti, entriamo nel vivo della trattazione: desideriamo in questa sede illustrare che cosa si intende per controreazione ed in qual modo agisce concretamente tale tecnica.

### Modus operandi della controreazione

Abbiamo scelto di far luce sul problema ricorrendo ad un esempio, tratto da una realtà più facilmente sperimentabile, che risulterà pertanto chiaro per tutti. Se la spiegazione opererà come si suole dire in una realtà traslata, non per questo la trattazione risulterà men che precisa; solo infatti operando con rigore, insegnamenti e direttive che dalla spiegazione deriveranno risulteranno direttamente applicabili per la comprensione del nostro problema originario.

### Il nostro esempio: Sistema di puntamento di un cannone

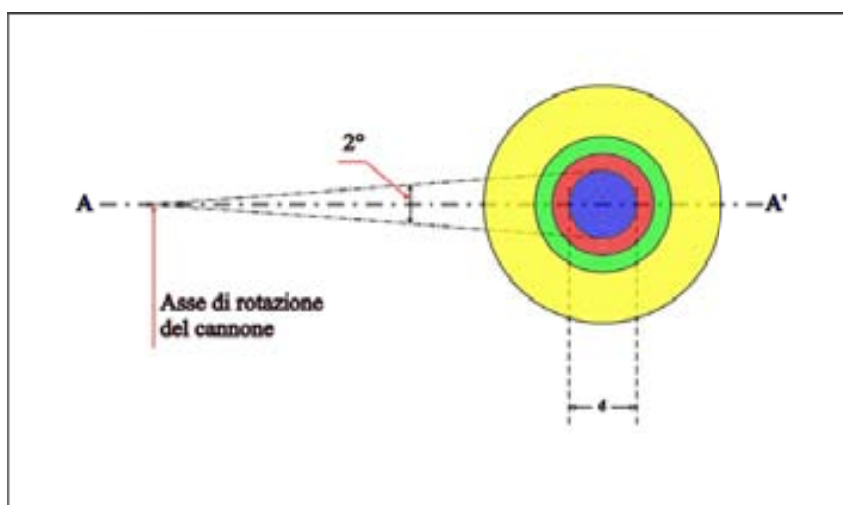
Ipotizziamo di dover colpire un bersaglio posto a distanza notevole con un cannone. Facciamo una prima ipotesi semplificativa: il terreno, sul quale sono installati il nostro cannone ed il bersaglio da colpire, non è in pendenza. Inoltre le quote rispetto al suolo, assunto quale riferimento, tanto del cannone quanto del bersaglio sono le medesime: ciò comporta che per centrare il bersaglio non è necessario regolare l'alzata del puntamento, ipotizzata già correttamente predeterminata; è dunque sufficiente che il cannone esegua soltanto una opportuna rotazione rispetto all'asse verticale che lo lega alla base ancorata al terreno (per maggiore chiarezza, riferirsi alla **Fig.1**).



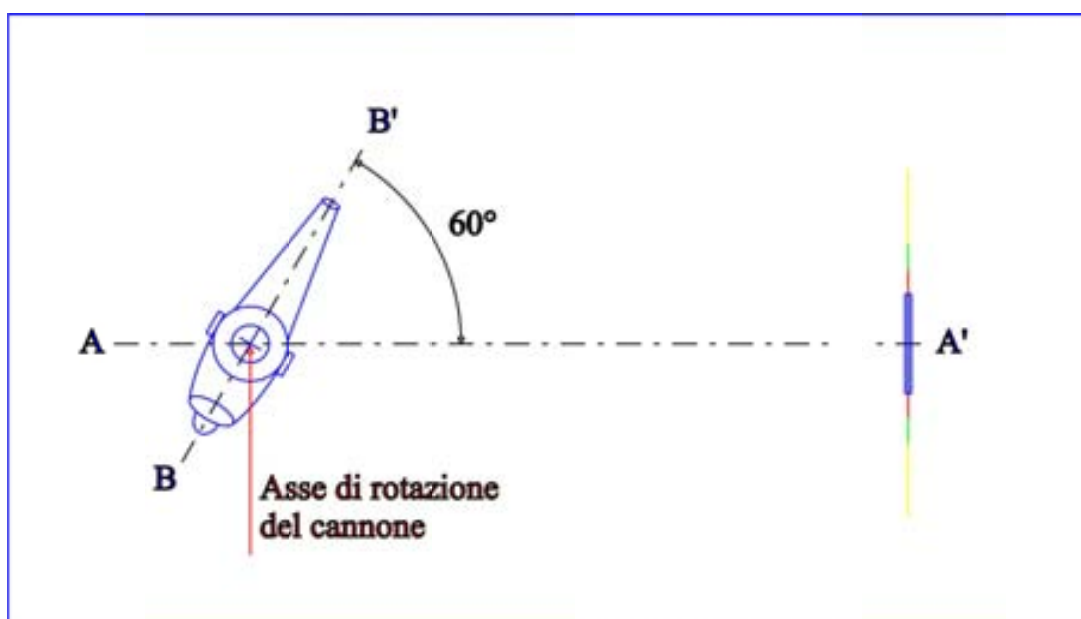
Poniamoci ora nelle seguenti condizioni:

- 1) tramite un sistema di servocontrollo, possiamo imporre al cannone qualunque rotazione rispetto al proprio asse;
- 2) il nostro sistema di servocontrollo, in prima battuta ipotizzato privo di qualunque forma di inerzia, dotato però di una velocità di movimento alta ma finita, è affetto da una inevitabile imprecisione, il cui valore, tanto per fissare le idee, assumiamo pari al +/-10%;
- 3) il centro del bersaglio, che dobbiamo colpire, non è un punto astratto, privo di estensione, bensì una piccola area che, sul piano orizzontale, quello di rotazione del cannone, viene visto, tralasciando dal mirino dell'arma, sotto un angolo piccolo ma non infinitesimo, che poniamo, sempre per fissare le idee pari a  $2^\circ$  (più o meno  $1^\circ$  rispetto alla retta A.. A' che congiunge l'asse di rotazione del cannone con il centro del bersaglio). Confrontare la

**Fig.2;**



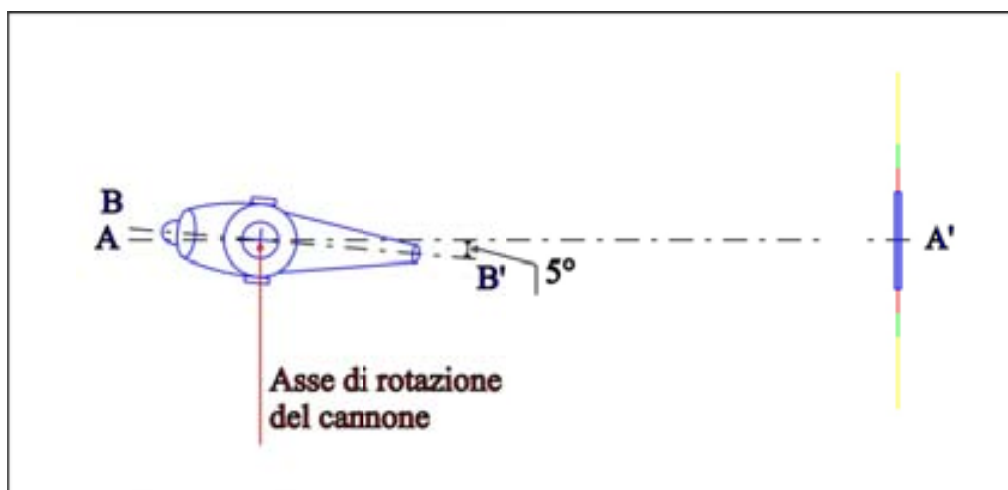
- 4) il bersaglio ha una posizione invariante rispetto al tempo, detto in altre parole è fermo;
- 5) all'inizio della nostra osservazione, il cannone si trova nella posizione di riposo, indicata in **Fig.3**



con le lettere B...B': detta posizione risulta ruotata rispetto a quella corretta, quella cioè che consente al colpo di cannone di centrare il bersaglio, dell'angolo acuto individuato dalle due rette A...A' e B...B' ed è pari, nel nostro caso, a  $60^\circ$  in verso antiorario;

- noi, oltre che osservatori capaci di seguire l'evolversi della situazione, siamo anche operatori del sistema, intendendosi con questo che non solo siamo in grado di rilevare con assoluta precisione gli scostamenti tra la posizione desiderata del cannone (quella che consente di centrare il bersaglio) e quella attuale, ma anche di far ruotare il cannone, tramite il sistema di servocontrollo, cui impartiamo gli opportuni ordini.

Iniziamo ora le nostre operazioni, tendenti evidentemente a colpire il centro del bersaglio con il cannone: in una parola posizionare correttamente la nostra arma. Inizialmente dobbiamo evidentemente comandare al cannone di ruotare di  $60^\circ$  in verso orario; poiché abbiamo ipotizzato che il sistema di asservimento è affetto da un errore pari al 10%, risulta assai improbabile che già dopo questa prima sola manovra, siamo in grado di colpire il bersaglio. Ci potremmo ad esempio trovare nella situazione illustrata in **Fig.4**,



nella quale è presente un errore di puntamento, inteso come scostamento tra la posizione attuale e quella desiderata pari a  $5^\circ$  in verso orario. Facciamo rilevare a questo punto che, stante la ipotizzata imprecisione di puntamento del sistema di asservimento del  $\pm 10\%$ , la posizione attuale sarebbe potuta essere una qualunque compresa nella fascia di  $\pm 6^\circ$  rispetto alla retta A...A'. Poiché, come ipotizzato, detta posizione si discosta da quella desiderata di  $5^\circ$  in verso orario, dobbiamo a questo punto imporre evidentemente al nostro cannone di ruotare di  $5^\circ$  in verso antiorario. La posizione raggiunta, una volta effettuato quest'ultimo spostamento, differirà da quella perfetta al più di  $\pm 0.5^\circ$ , dal momento che il 10% è l'errore massimo da computare rispetto ai  $5^\circ$ ; avendo ipotizzato in partenza che l'area del centro del bersaglio aveva una grandezza tale da considerare raggiunto l'obiettivo per errori inferiori a  $\pm 1^\circ$ , possiamo affermare che dopo il secondo aggiustaggio, abbiamo pienamente raggiunto il prefissato obiettivo.

Dall'esempio di cui sopra possiamo trarre le seguenti considerazioni che dovrebbero a questo punto risultare ovvie:

- a spese della rapidità del sistema, abbiamo sopperito alla sua mancanza di precisione, effettuando più di un tentativo;**
- è possibile, con un numero proporzionalmente crescente di tentativi, ottenere precisioni finali anche più spinte, corrispondenti nel nostro esempio ad una riduzione dell'area del centro del bersaglio, pur partendo da sistemi di puntamento meno accurati di quello ipotizzato nella nostra esemplificazione;



- 3) nei posizionamenti successivi al primo, il nostro sistema lavora elaborando il segnale di errore, inteso come differenza tra la posizione attuale raggiunta e quella teoricamente desiderata: nell'esempio precedente il segnale di errore nel secondo ed ultimo tentativo era pari a 5°, computati in verso orario.

Quello adottato per il puntamento è un classico sistema a correzione d'errore (attenzione a non confondersi, tale dizione è usata anche in numerosi altri casi, concettualmente analoghi, ma profondamente diversi a livello di pratica attuazione): infatti, **in luogo di un servocontrollo estremamente preciso, ne viene utilizzato un altro, certamente di realizzazione ben più semplice, affetto da un grosso errore, che viene corretto però nei successivi passaggi.** Un sistema così concepito è detto del tipo a controreazione. Ci preme evidenziare un'ultima nota importante: abbiamo ipotizzato, e lo abbiamo chiaramente affermato, che il nostro sistema agisce in presenza di bersaglio dalla posizione fissa: ciò comporta che né la velocità del sistema né il numero dei tentativi, che evidentemente allungano i tempi nei quali si raggiunge l'obiettivo, costituiscono parametri vincolanti nella determinazione delle prestazioni. Nell'ipotesi invece di spostamento del bersaglio nel tempo, il nostro sistema si trasforma da uno di puntamento di bersaglio statico in uno di inseguimento di bersaglio mobile, per il quale la velocità nell'esecuzione degli spostamenti è necessaria per garantire il risultato voluto. Perché valgano inalterate, anche in quest'ultimo caso, tutte le considerazioni precedentemente riportate, è conseguentemente necessario che la velocità di spostamento del bersaglio risulti piccola rispetto a quella del sistema di inseguimento; ciò implica due possibili soluzioni o una loro conveniente combinazione: o il servocontrollo che sposta il cannone è molto veloce, o la precisione dello stesso è molto elevata, in modo da poter effettuare pochi tentativi per raggiungere il centro del bersaglio od infine un opportuno mix di entrambe le performance. Risulta a questo punto ovvio che definendo fattore di qualità del sistema il prodotto della sua velocità per la sua precisione, più è elevato detto fattore di qualità, più rapidi possono essere gli spostamenti del bersaglio.

Convertiamo ora tutto quanto sopra esaminato al campo audio di nostro interesse, uscendo dalla metafora dell'esempio utilizzato.

## **Dal sistema di puntamento a controreazione all'amplificazione audio a controreazione**

Le corrispondenze nel campo dell'amplificazione audio dovrebbero essere chiare per tutti, non solo per gli addetti ai lavori: il servocontrollo che governa il posizionamento del cannone è il nostro amplificatore, l'imprecisione nel puntamento dell'arma è rappresentativa della distorsione dell'amplificatore prima della applicazione della controreazione (prestazione ad anello aperto), laddove la tolleranza ammessa nel colpire il centro del bersaglio indica la distorsione massima che intendiamo accettare dal nostro sistema, una volta applicata la controreazione stessa (prestazione ad anello chiuso). Il termine distorsione è qui utilizzato non solo in riferimento a quella armonica e di intermodulazione, ma nella sua accezione più ampia: un errore all'uscita dell'amplificatore, qualunque sia la sua tipologia, è ritenuto distorsione.

Dall'esempio riportato possiamo immediatamente ricavare la seguente osservazione: una apparecchiatura basata sulla controreazione, sia essa un elaborato servocontrollo o molto più semplicemente il nostro amplificatore, è basata sul seguente principio: **nella catena operativa vi è un sistema che confronta la situazione effettiva con quella desiderata e sfrutta il segnale differenza tra questi due valori per correggere l'errore presente.**

---

**S.I. Audio**

S.I. srl - via Ugo Niutta 36, 80128 NAPOLI - Tel. (+39) 081 5580270-fax (+39) 081 5580272  
Web: [www.siaudio.it](http://www.siaudio.it) e-mail: [tecnica@siaudio.it](mailto:tecnica@siaudio.it)



### **Anche nel nostro corpo è utilizzata la controreazione.**

Ci sembra particolarmente interessante riportare qui un esempio che sottolinea come le modalità operative della controreazione siano assai diffuse nei più svariati campi, quali appunto nella fattispecie quello **biologico**: accenniamo incidentalmente che da tali studi prendono le mosse le **tecniche cibernetiche** che vedono nel sistema controreattivo il livello a più bassa complessità per l'interpretazione delle modalità operative del nostro corpo, allo scopo di configurarne gli opportuni modelli matematici. Citiamo in questa sede anche tecniche più evolute diffuse nel mondo cibernetico, in quanto non escludiamo affatto che in un futuro assolutamente non remoto esse possano essere, almeno in parte, opportunamente mutate nel campo della amplificazione elettronica; le elenchiamo in ordine crescente di complessità:

- 1) controreazione,
- 2) adattamento,
- 3) apprendimento,
- 4) capacità di riproduzione,
- 5) capacità di evoluzione.

Come è facilmente immaginabile, alcuni dei punti su elencati, forse addirittura tutti con la sola eccezione del n.4, possono essere considerati raggiungibili per applicazioni elettroniche ed in parte ciò è già una realtà.

Ritorniamo dunque a quanto dicevamo prima circa il controllo della posizione eretta del corpo durante il movimento. Pur se a tale fine concorrono più elementi, quali gli stimoli visivi e quelli vestibolari, è principalmente grazie al meccanismo seguente che viene raggiunto il risultato voluto: il contatto delle dita e della pianta del piede con il suolo viene rilevato da numerosi organi sensori, specificatamente preposti allo scopo, i quali, attraverso il midollo spinale, trasmettono le necessarie informazioni al sistema nervoso centrale.

Quest'ultimo opera un confronto tra la posizione effettiva, comunicatagli dai sensori periferici, e quella desiderata, la posizione eretta: la differenza presente tra la situazione attuale e quella da raggiungere, opportunamente elaborata, genera gli impulsi nervosi per il comando dei muscoli che agiscono di conseguenza, correggendo tempestivamente gli errori rilevati. Il meccanismo secondo il quale il nostro corpo effettua il controllo della posizione eretta può così essere giustamente interpretato secondo un modello basato sulla controreazione; a suffragio della validità di tale interpretazione vi è il fatto che i soggetti che soffrono di atassia per tabe dorsale sono incapaci di mantenere in modo naturale la posizione eretta.

La tabe dorsale provoca infatti l'interruzione della attività del midollo e, conseguentemente, la rottura della catena di controreazione.

**Fulvio Chiappetta**

---

**S.I. Audio**

S.I. srl - via Ugo Niutta 36, 80128 NAPOLI - Tel. (+39) 081 5580270-fax (+39) 081 5580272

Web: [www.siaudio.it](http://www.siaudio.it) e-mail: [tecnica@siaudio.it](mailto:tecnica@siaudio.it)