

Amplificatori di potenza Yamaha

White Paper

Agosto 2008

Sommario

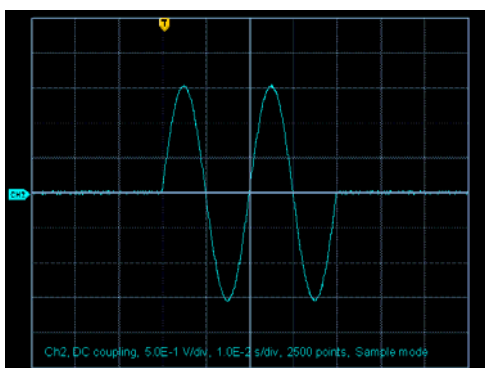
1. La tecnologia EEEngine.....	2
1.1. Introduzione.....	2
1.2. Spiegazione delle diverse topologie di amplificatori.....	2
2. Tecnologia Yamaha	5
2.1. Struttura dell' amplificatore doppio mono	5
2.2. Alimentazione full resonance switching.....	6
3. Comportamento dell'amplificatore in condizioni di carico elevato.....	7
3.1. Importanza della stabilità con carico a 2 ohm	7
3.2. Confronto tra amplificatori in condizioni di bassa impedenza	8
3.3. Spiegazione dei risultati del test di ascolto utilizzando una sorgente musicale	9

1. La tecnologia EEEngine

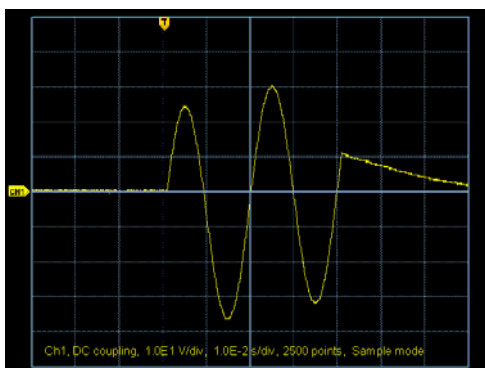
1.1. Introduzione

Filosofia degli amplificatori di potenza Yamaha

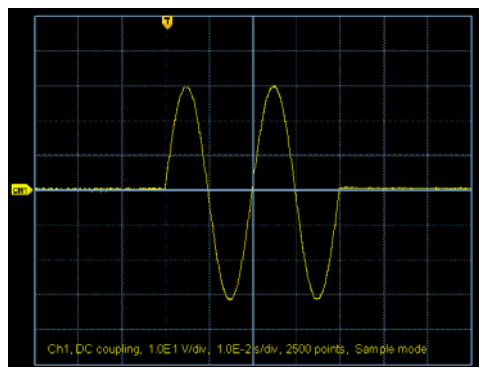
Il nostro approccio alla produzione di amplificatori di potenza è semplice: ci limitiamo ad amplificare in modo naturale il segnale di ingresso. I segnali sonori misti vengono inviati all'amplificatore dalla console di missaggio, per essere amplificati prima della coloritura da parte degli altoparlanti. Il ruolo degli amplificatori in un sistema audio non deve essere quello di aggiungere una coloritura, ma di garantire l'assoluta fedeltà al segnale di ingresso per consentire il massimo controllo sulle prestazioni finali.



[Fig. 1] Segnale di ingresso, onda sinusoidale di burst a 70Hz.



[Fig. 2] Segnale di uscita di un tipico amplificatore della concorrenza.



[Fig. 3] Segnale di uscita dell'amplificatore Yamaha T5n; naturale e fedele all'ingresso

L'affidabilità è un'altra caratteristica importante degli amplificatori Yamaha. Tutti i prodotti Yamaha vengono testati in condizioni estreme e devono risultare conformi agli elevati standard di qualità Yamaha. Per ulteriori informazioni sui test di qualità e gli standard Yamaha, visitare il sito Web all'indirizzo:

http://www.yamahaproaudio.com/topics/leading_technology/quality_control/index.html

1.2. Spiegazione delle diverse topologie di amplificatori

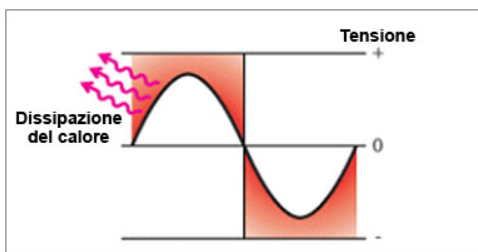
Esistono svariate topologie di amplificatori, o principi di progettazione dei circuiti, utilizzate negli amplificatori di potenza professionali. La maggior parte degli amplificatori di potenza elevata attualmente prodotti nel settore dell'audio professionale può essere ricondotta a tre tecnologie principali: Classe H, Classe D o un ibrido delle due, come la tecnologia EEEngine (Energy Efficient Engine) di Yamaha.

Classe AB

La tecnologia Classe AB è il pilastro dell'amplificazione professionale. Ancora oggi, molte applicazioni audio professionali utilizzano la Classe AB. Questa topologia, che ha rappresentato per decenni lo standard del settore, offre una configurazione dei circuiti semplice ed una qualità audio straordinaria. Gli amplificatori meno recenti Yamaha, quali il P2200, introdotto nel 1976, e il PC2002M, introdotto nel 1982, adottavano la Classe AB. La topologia di Classe AB, tuttavia, richiede la massima tensione in fase di uscita, e ciò comporta una notevole dissipazione di calore. Questa bassa efficienza è il motivo

per cui la potenza di uscita degli amplificatori di Classe AB è oltremodo ridotta rispetto alle dimensioni e al peso dell'unità. Se utilizzata per la riproduzione un programma musicale tipico con saturazione/clipping occasionale (1/8 della potenza), la topologia di Classe AB in genere offre un'efficienza del 20%*; ciò significa che l'80% della potenza erogata viene trasformata in calore e quindi risulta inutilizzabile. Per superare definitivamente questo problema, sono state sviluppate le topologie Classe H e Classe D.

* In questo documento, per livello di efficienza si intende l'efficienza globale dell'amplificatore di potenza, inclusa l'alimentazione di rete. L'efficienza viene calcolata ad 1/8 della potenza di uscita nominale, che è il riferimento per un programma musicale tipico con saturazione/clipping occasionale.

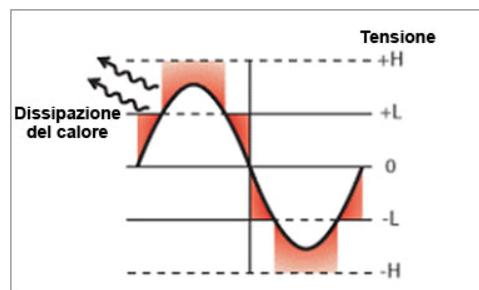


[Fig. 4] Forma d'onda di funzionamento della Classe AB.

Classe H

La Classe H utilizza un metodo che commuta il livello di tensione dell'alimentatore in base al segnale di ingresso. Ciò permette di migliorare notevolmente la dissipazione del calore in fase di uscita, diminuendo la tensione quando il livello del segnale è basso. Tuttavia, quando il livello del segnale cresce, il sistema funziona esattamente come un sistema di Classe AB, con conseguente perdita di efficienza. La Classe H perde efficienza quando viene alimentato da un segnale audio con un'ampia gamma dinamica. Si potrebbe mettere a punto un sistema che utilizza una commutazione di tensione multifase per risolvere il problema, ma si tratterebbe di una soluzione poco pratica a causa delle numerose possibili complicazioni, quali un maggiore "switch loss". Gli amplificatori di Classe H hanno in genere un'efficienza del 30% circa. Gli amplificatori P5002 Yamaha introdotti nel 1982 utilizzavano, tra i primi, la topologia di Classe

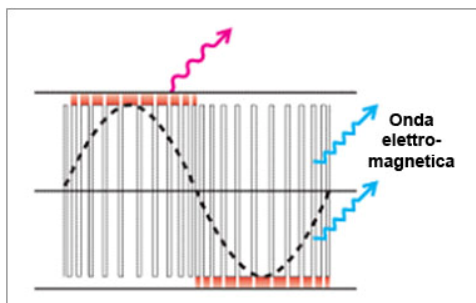
H.



[Fig. 5] Forma d'onda di funzionamento della Classe H.

Classe D

Spesso interpretata in modo non corretto come abbreviazione di "digitale", la Classe D utilizza la modulazione di larghezza di impulso (PWM, Pulse Width Modulation). Per prima cosa, viene creato un segnale PWM a partire da un segnale audio di ingresso. La tensione di alimentazione viene quindi commutata in base alla larghezza dell'impulso, creando un segnale PWM ad alta potenza per pilotare l'altoparlante. Gli elementi utilizzati per l'operazione di commutazione richiedono una quantità minima di tensione, garantendo un'efficacia molto maggiore rispetto alle precedenti topologie degli amplificatori. Gli amplificatori di Classe D hanno in genere un'efficienza del 60% circa. Tuttavia, per convertire il segnale audio in un segnale PWM con onda rettangolare, occorre utilizzare un filtro passa-basso ad elevato consumo energetico in fase di uscita per eliminare la pulsazione, allo scopo di recuperare il segnale audio. La risposta in frequenza, la distorsione e il fattore di smorzamento del segnale audio dipendono dal filtro passa-basso. Un effetto collaterale indesiderato dei segnali PWM ad elevata potenza è rappresentato dall'emissione di onde elettromagnetiche armoniche (EMC) in un intervallo di radiofrequenza di alcuni megahertz. Gli amplificatori di Classe D vantano un'ottima efficienza, ma non sempre garantiscono una qualità audio all'altezza; per questo, molti produttori stanno tentando di risolvere altrimenti questo problema.



[Fig. 6] Forma d'onda di funzionamento della Classe D.

EEEngine

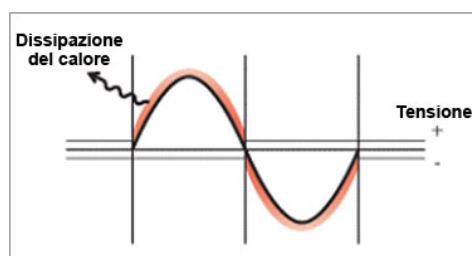
La tecnologia EEEngine unisce la qualità audio della circuitazione di Classe AB all'efficienza garantita dalla Classe D. Unire gli aspetti positivi delle Classi AB e D può sembrare un concetto ovvio, ma ci sono voluti anni di ricerche per implementare questa tecnologia su una base di produzione di massa.

EEEngine risolve i problemi legati alle convenzionali topologie degli amplificatori e rappresenta un deciso passo in avanti nella progettazione degli amplificatori di potenza. Garantisce la stessa efficienza della Classe D con una qualità audio paragonabile a quella degli amplificatori di Classe AB. La tecnologia brevettata EEEngine è scalabile e viene utilizzata in un'ampia gamma di amplificatori di potenza Yamaha, dalla serie P alla serie top di gamma TXn.

EEEngine controlla il segnale audio per fornire sempre la potenza minima occorrente per la fase di uscita finale, consentendo di ottenere un sorprendente miglioramento dell'efficienza. Utilizza il funzionamento di Classe D per dare potenza alla fase di uscita finale tipica della Classe AB. Quasi tutta la corrente viene emessa come segnale audio, e solo una piccola frazione dell'energia residua viene emessa come dissipazione di calore attraverso le alette di raffreddamento.

Con la fase di uscita finale modellata sul funzionamento di Classe AB, il segnale di uscita è di qualità sonora notevolmente superiore. Non vi è alcuna forma di deterioramento della risposta in frequenza, EMC o fattore di smorzamento, poiché non vi è conversione del segnale audio in segnale PWM. Inoltre, EEEngine è progettato per operare perfettamente con una minima generazione di

calore, indipendentemente dai requisiti di carico. Nel complesso, EEEngine offre una qualità del suono di Classe AB con un'efficienza pari a quella della Classe D. La circuiteria EEEngine è stata ottimizzata per gli amplificatori delle serie TXn e Tn con un nuovo circuito di pilotaggio FET a buffer di corrente ad elevata efficienza per gestire al meglio la potenza e i carichi 2 ohm pilotati dagli amplificatori.



[Fig. 7] Forma d'onda di funzionamento di EEEngine.

Raffronto tra la tecnologia EEEngine e quella della concorrenza

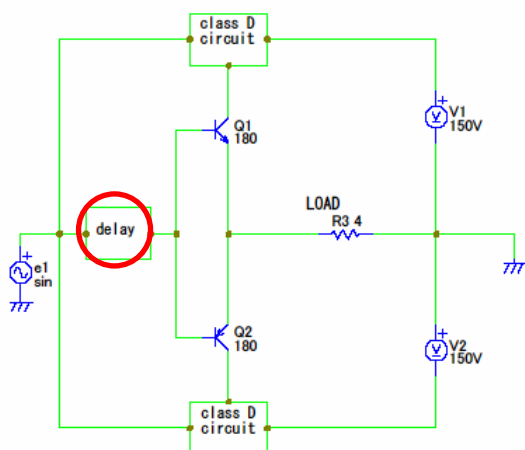
Esiste un famoso produttore di amplificatori di qualità con una topologia degli amplificatori proprietaria che adotta lo stesso concetto di unire l'amplificazione di Classe AB al funzionamento degli alimentatori di Classe D. Entrambe le tecnologie tengono sotto controllo il segnale audio per fornire sempre la potenza minima necessaria per la fase di uscita finale. Le due tecnologie tuttavia differiscono nel metodo di controllo.

I segnali di frequenza più elevata richiedono uno slew rate maggiore*, e sono più difficili da verificare. Lo slew rate misura la capacità di un amplificatore di rispondere a cambiamenti repentini di tensione del segnale. Per compensare l'impossibilità di adeguarsi in tempo reale ai cambiamenti di tensione del segnale, la tecnologia del produttore concorrente aggiunge un ritardo al segnale di ingresso. In questo modo, l'alimentatore di Classe D ha più tempo per rispondere ai rapidi cambiamenti di tensione, ma occorre tenere presente che la manipolazione del segnale audio incide inevitabilmente sulla qualità finale del suono.

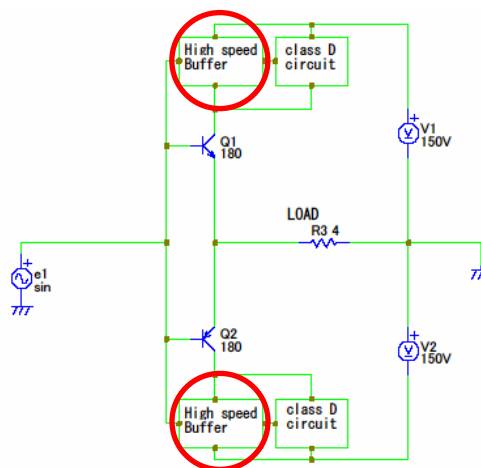
La tecnologia EEEngine di Yamaha adotta un diverso approccio per compensare i limiti che hanno gli

alimentatori di Classe D nell'adeguarsi ai cambiamenti repentini di tensione, utilizzando un alimentatore ausiliario con buffer ad alta velocità. Il circuito di alimentazione ad alta velocità entra in funzione unicamente quando il solo alimentatore di Classe D non è in grado di adeguarsi alla velocità. Questo meccanismo di buffer ad alta velocità consente all'EEEngine di rispondere in modo tempestivo ai repentini cambiamenti di tensione senza manipolare il segnale audio né degradare la qualità del suono. L'eliminazione di componenti superflui e indesiderati lungo la linea audio riflette la filosofia Yamaha di ottenere un segnale di uscita naturale fedele al segnale di ingresso.

* Lo slew rate riduce la capacità di un amplificatore di rendere in modo accurato forme d'onda complesse a livelli di potenza elevati. Un maggiore slew rate, tuttavia, non sempre rappresenta la soluzione ideale. Uno slew rate elevato garantisce all'amplificatore una maggiore ampiezza di banda, che può portare all'amplificazione anche dei segnali compresi nell'intervallo di radiofrequenza. Ciò comporta uno spreco di energia, crea distorsione e sottopone ad un'eccessiva sollecitazione gli altoparlanti.



[Fig. 8] Circuito di un amplificatore della concorrenza. Per garantire all'alimentatore di Classe D più tempo per rispondere ai repentini cambiamenti di tensione, tutto l'audio è soggetto ad un ritardo. Questa manipolazione del segnale audio incide inevitabilmente sulla qualità del suono.



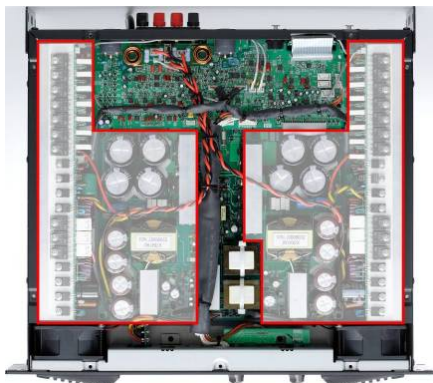
[Fig. 9] Il buffer ad alta velocità dell'EEEngine entra in funzione soltanto quando l'alimentatore di Classe D non è in grado di adeguarsi ai bruschi incrementi del suono. Questa circuiteria consente all'EEEngine di mantenere uno slew rate ottimale senza manipolare né degradare il segnale audio.

2. Tecnologia Yamaha

2.1. Struttura dell' amplificatore doppio mono

Tecnologia degli amplificatori di potenza Yamaha – progettazione meccanica

Gli amplificatori serie TXn, Tn e PC9501N sono amplificatori a due canali progettati con doppio amplificatore mono simmetrico, ciascuno con alimentatore separato. La struttura a doppio amplificatore mono svolge un ruolo importante nell'ottenere la separazione tra i due canali. Gli amplificatori separati riducono al minimo le interferenze tra i canali e impediscono, ad esempio, che le note basse su un canale sottraggano energia all'altro canale. I due alimentatori funzionano a fasi opposte, sincronizzandosi per annullare i disturbi e ridurre le interferenze elettromagnetiche.



[Fig. 10] Struttura del doppio amplificatore mono. Ciascun canale ha un alimentatore dedicato.

Gli amplificatori sono inoltre specificamente progettati per eliminare eventuali vibrazioni interne che potrebbero influire negativamente sulla qualità del suono. La superficie superiore del dissipatore è rinforzata per ridurre le vibrazioni ai transistor di alimentazione posizionati su di esso. Il dissipatore stesso è fissato ai pannelli laterali del telaio in corrispondenza di numerosi punti strategici con speciali isolatori, progettati per assorbire le vibrazioni e la risonanza del telaio che interferiscono con la riproduzione ottimale.

2.2. Alimentazione full resonance switching

L'alimentatore svolge un ruolo cruciale nella qualità di qualsiasi amplificatore. Gli alimentatori full resonance switching adottati per gli amplificatori delle serie TXn, Tn e PC1N elaborano due tipi di commutazione: Zero Voltage Switching e Zero Current Switching. Gli alimentatori full resonance switching forniscono la tensione e le forme d'onda della corrente con curve naturali, riducendo in modo significativo le componenti armoniche dei disturbi di commutazione. Gli alimentatori in modalità switching tradizionale adottano quello che viene definito in gergo l'“hard switching,” che induce maggiori disturbi nell'uscita CC e produce forme d'onda quadra ricche di armonici sulle alte frequenze, per la cui rimozione è necessario un filtro aggiuntivo. Il “soft switching” quale si verifica nella full resonance switching, invece, produce forme d'onda naturali ideali per la riproduzione.



[Fig. 11] Corrente e tensione di un alimentatore tipico della concorrenza. Si noti la maggiore quantità di disturbo (evidenziata da un circoletto rosso). La forma d'onda della tensione appare in giallo, mentre quella della corrente in blu.



[Fig. 12] Alimentatore Yamaha con full resonance switching. Forme d'onda ben definite e naturali con disturbo di switch minimo. La forma d'onda della tensione appare in giallo, mentre quella della corrente in blu.

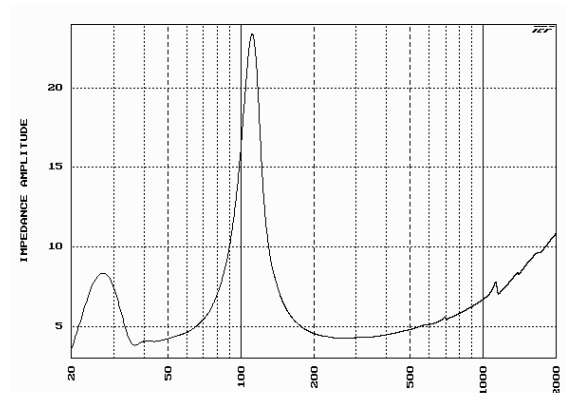
3. Comportamento dell'amplificatore in condizioni di carico elevato

3.1. Importanza della capacità di pilotare

stabilmente carichi a 2 ohm

Gli amplificatori della serie Tn e TXn sono stati sviluppati in base al concetto di funzionamento stabile con carico a 2 ohm. Non suggeriamo necessariamente che gli amplificatori di potenza vengano configurati per un setup di carico da 2 ohm. Tuttavia, sappiamo che la stabilità in condizioni di impedenza estremamente bassa è molto importante per gli amplificatori di potenza per uso professionale. Ad esempio, nell'uso di subwoofer doppi, le unità woofer con impedenza nominale da 6 a 8 ohm vengono generalmente collegate in parallelo, ed ogni amplificatore sopporta un carico di 3 o 4 ohm. Gli altoparlanti in line array sono spesso collegati in parallelo, e richiedono quindi stabilità a bassa impedenza. La curva effettiva di impedenza di un altoparlante è complessa, e il suo carico varia enormemente a seconda della frequenza. L'impedenza effettiva più bassa di un altoparlante è in genere inferiore alla sua impedenza nominale. In ragione di questa curva di impedenza, un operatore potrebbe involontariamente sottoporre l'amplificatore ad un'eccessiva sollecitazione, con una sorgente che raggiunge ripetutamente le frequenze più impegnative (impedenza inferiore) per gli altoparlanti. Poiché un amplificatore deve a volte operare in condizioni estreme, è importante che vi sia headroom sufficiente per evitare la saturazione.

Quando un amplificatore va in saturazione, il suo segnale di uscita viene distorto e si osserva una forma d'onda rettangolare. Un'onda rettangolare contiene una frequenza molto elevata, che può bruciare le bobine dell'altoparlante. Nei sistemi audio professionali, è necessario impedire la saturazione del segnale di uscita, che potrebbe danneggiare in modo irreversibile gli altoparlanti. La capacità di un amplificatore di garantire un funzionamento stabile a bassa impedenza è essenziale, poiché la saturazione avviene più frequentemente proprio in condizioni di bassa impedenza.



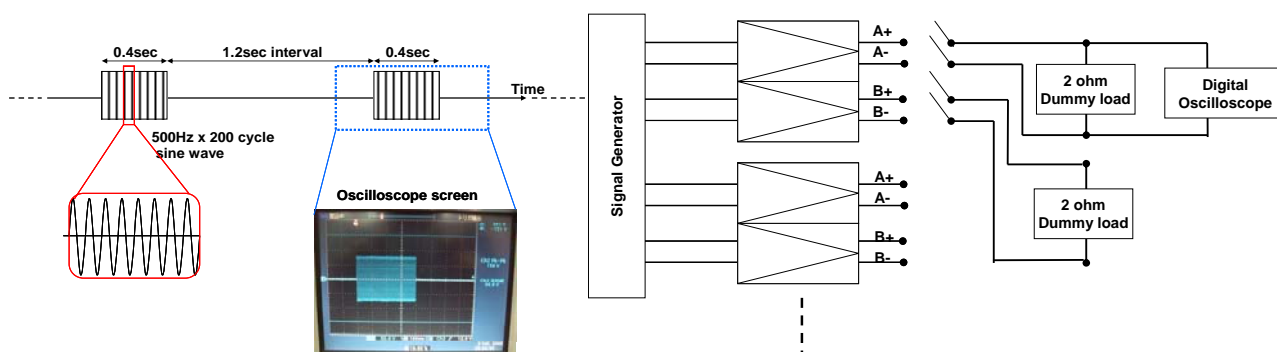
[Fig. 13] Tipica curva di impedenza di un woofer bass-reflex. L'impedenza nominale è di 4 ohm ma l'impedenza minima è inferiore.

3.2. Raffronto tra amplificatori in condizioni di bassa impedenza

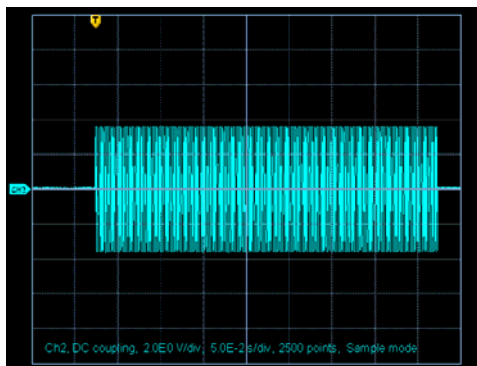
Di seguito sono riportate misurazioni ottenute con un oscilloscopio che mostrano le differenze nel comportamento di alcuni degli amplificatori più diffusi sul mercato. Il segnale di test è un'onda sinusoidale (200 cicli di 500 Hz = 0,4 sec) seguita da 1,2 secondi di intervallo (nessun segnale). Questa frequenza è presente in molti materiali musicali tipici, ed è stato previsto un

intervallo perché la riproduzione continua di onde sinusoidali non è realistica nelle applicazioni di sound reinforcement.

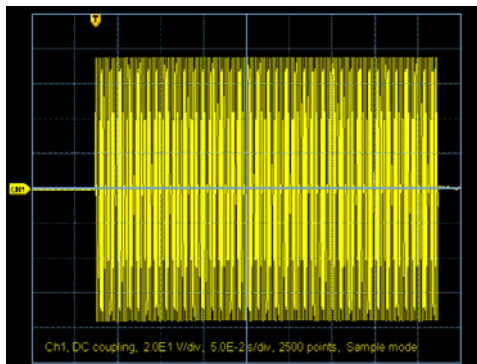
Questo è un confronto tra vari amplificatori di potenza disponibili sul mercato, tutti con una potenza nominale compresa tra 2500W e 3000W a 2 ohm. Il guadagno di tensione e i livelli di ingresso sono stati attentamente misurati e adeguati per garantire l'omogeneità dei dati.



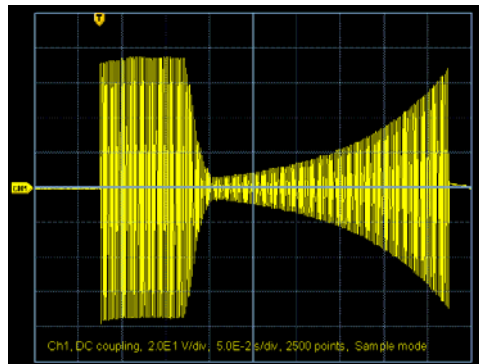
[Fig. 14] Panoramica del setup



[Fig. 15] Il segnale di ingresso. Si vuole ottenere la stessa forma d'onda con un'ampiezza maggiore per il segnale di uscita dell'amplificatore.



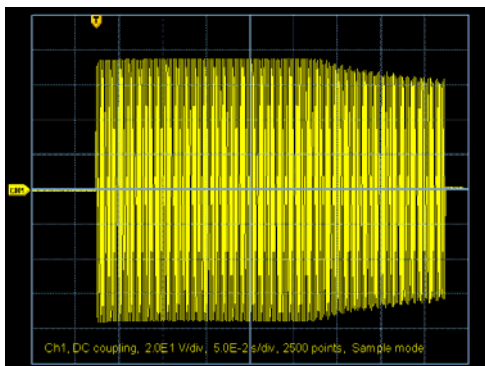
[Fig. 16] Uscita dell'amplificatore T5n Yamaha (2500W a 2 ohm). Il segnale di uscita è fedele al segnale di ingresso.



[Fig. 17] Segnale di uscita di un amplificatore del produttore concorrente A (2500W a 2 ohm).

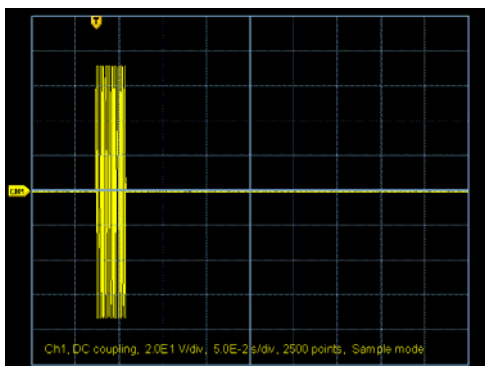
La misurazione con oscilloscopio nella Fig. 17 mostra un comportamento con forte compressione nel segnale di uscita. Il segnale di uscita ha un aspetto molto diverso rispetto all'onda sinusoidale di ingresso. Questo comportamento non era stato riscontrato quando l'amplificatore era pilotato su un solo canale, ma è divenuto rapidamente instabile quando è stato pilotato su entrambi i canali. Riteniamo che si tratti del risultato di

un'eccessiva sollecitazione dell'alimentatore unico per entrambi i canali.



[Fig. 18] Misurazione con oscilloscopio di un modello di amplificatore del produttore concorrente B (2900w a 2 ohm).

La Fig. 18 mostra che il produttore concorrente B, con una potenza nominale di 400W superiore rispetto al T5n a due ohm, parte con il piede giusto ma perde rapidamente potenza, e la tensione di uscita precipita. Questo comportamento è stato osservato quando l'amplificatore veniva pilotato su entrambi i canali.



[Fig. 19] Produttore concorrente C: con una potenza nominale di 3300W a 2 ohm, questo amplificatore è stato rapidamente escluso non appena è entrato in funzione il limitatore (3300W a 2 ohm).

La Fig. 19 mostra il segnale di uscita di un modello di amplificatore del produttore concorrente C. Anche se la potenza nominale di questo amplificatore è di 3300W a 2 ohm e viene presentato come il modello con la maggiore potenza in questo raffronto, l'analisi dell'oscilloscopio mostra risultati contraddittori. Quando entra in funzione il limitatore, la tensione di uscita cala sensibilmente.

Benché non sia visibile nel diagramma, ci sono voluti alcuni secondi perché la tensione di uscita risalisse; ma a questo punto è nuovamente entrato in funzione il limitatore. Questo comportamento si è ripetuto per l'intera durata del test.

Questi risultati mostrano che amplificatori diversi si comportano in modo dissimile in condizione di funzionamento a bassa impedenza. I risultati del raffronto indicano inoltre che le prestazioni effettive di un amplificatore non sempre sono prevedibili alla luce delle specifiche tecniche dichiarate. Dal momento che non esistono standard di settore per le specifiche degli amplificatori, il semplice confronto di valori numerici quali la potenza di uscita non è indicativo.

3.3. Spiegazione dei risultati del test di ascolto

utilizzando una sorgente musicale

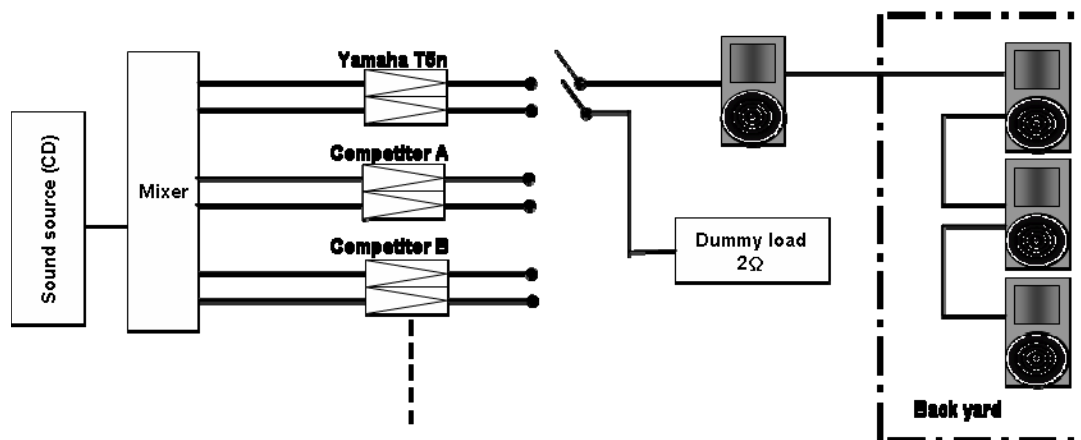
Abbiamo condotto questo esperimento utilizzando una sorgente musicale. Per riprodurre un setup più realistico, abbiamo sostituito il carico fittizio su un canale con quattro altoparlanti collegati in parallelo. Per ridurre l'interferenza tra i quattro altoparlanti e la sollecitazione acustica, abbiamo verificato i risultati con un unico altoparlante di riferimento, mentre gli altri tre altoparlanti erano posizionati lontano dal luogo del test.

I risultati di questo test di ascolto sono stati congruenti alle misurazioni con oscilloscopio. Per il produttore concorrente A, i suoni di grancassa erano estremamente distorti, sgradevoli e dannosi per gli altoparlanti. Il livello di riproduzione fluttuava dopo ogni colpo di grancassa, come osservato nella misurazione con oscilloscopio.

L'output per il produttore concorrente B risultava notevolmente distorto in occasione dei picchi di volume. Per quanto riguarda il produttore concorrente C, il limitatore veniva attivato dopo il colpo di grancassa. L'amplificatore veniva escluso per alcuni secondi prima di attivarsi nuovamente. Il limitatore può evitare danni all'amplificatore, ma questo comportamento è inaccettabile in situazioni live. Il T5n Yamaha ha mostrato risultati positivi in questo test, con limitazione minima e l'headroom maggiore rispetto alla concorrenza.

L'uscita dell'amplificatore mostrava una lieve distorsione quando i livelli erano alti, ma la riproduzione rimaneva

musicale ed ha offerto le prestazioni migliori in questo raffronto.



[Fig. 20] Setup del test di ascolto

YAMAHA CORPORATION

P.O.BOX 1, Hamamatsu, Japan

<http://www.yamahaproaudio.com>