

Misure di disturbo di rettificazione my_ref

Di Mauro Penasa

Dopo una serie di scambi di opinioni con vari appassionati, ho deciso di fare alcuni test preliminari su My_REF revC, nella sezione PSU (Power Supply Unit). Lo spunto nasce dalle nuove tendenze di dimensionamento dei diodi rettificatori e Condensatori di livellamento e bypass, che portano ad usare diodi veloci od ultraveloci con tecniche di bypass "snubber".

Dato che la regola vuole che a dimostrare le cose affermate sia chi le propone, non mi occuperò di analizzare a fondo le tecniche citate, ma a dimostrare le ragioni di dimensionamento di My_ref e la loro efficacia.

In conseguenza, diventa evidente anche la non necessità di utilizzare tecniche più sofisticate...

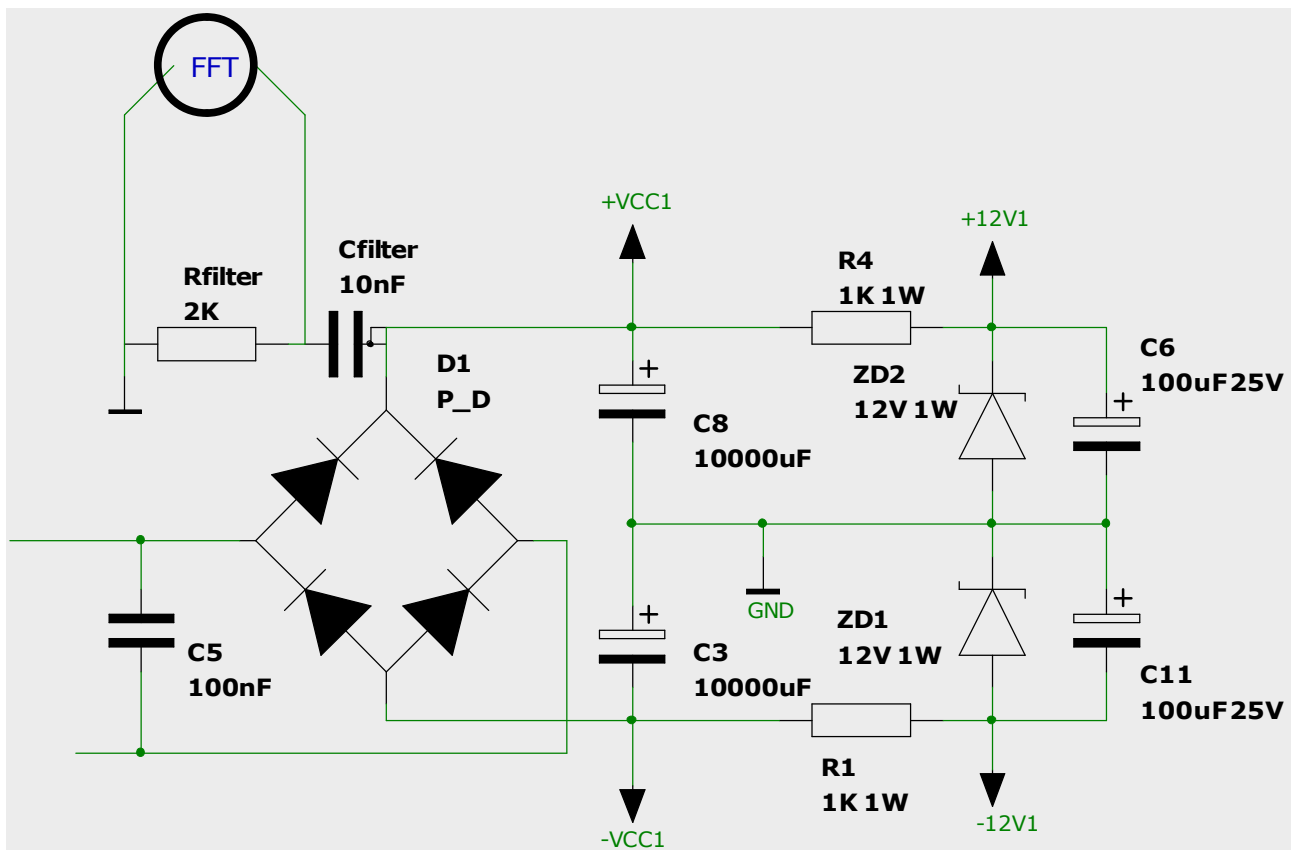


Fig1: Circuito di misura del rumore di commutazione dei diodi raddrizzatori. Il filtro RC limita l'ampiezza del segnale a 50Hz, per evidenziare gli spikes dei diodi.

Questo metodo ricalca quello usato da George Korga nei suoi test sul forum DIYaudio.com

Il trasformatore usato è un toroidale Talema 225V 230/25+25Vac, connesso direttamente ai relativi faston AC.

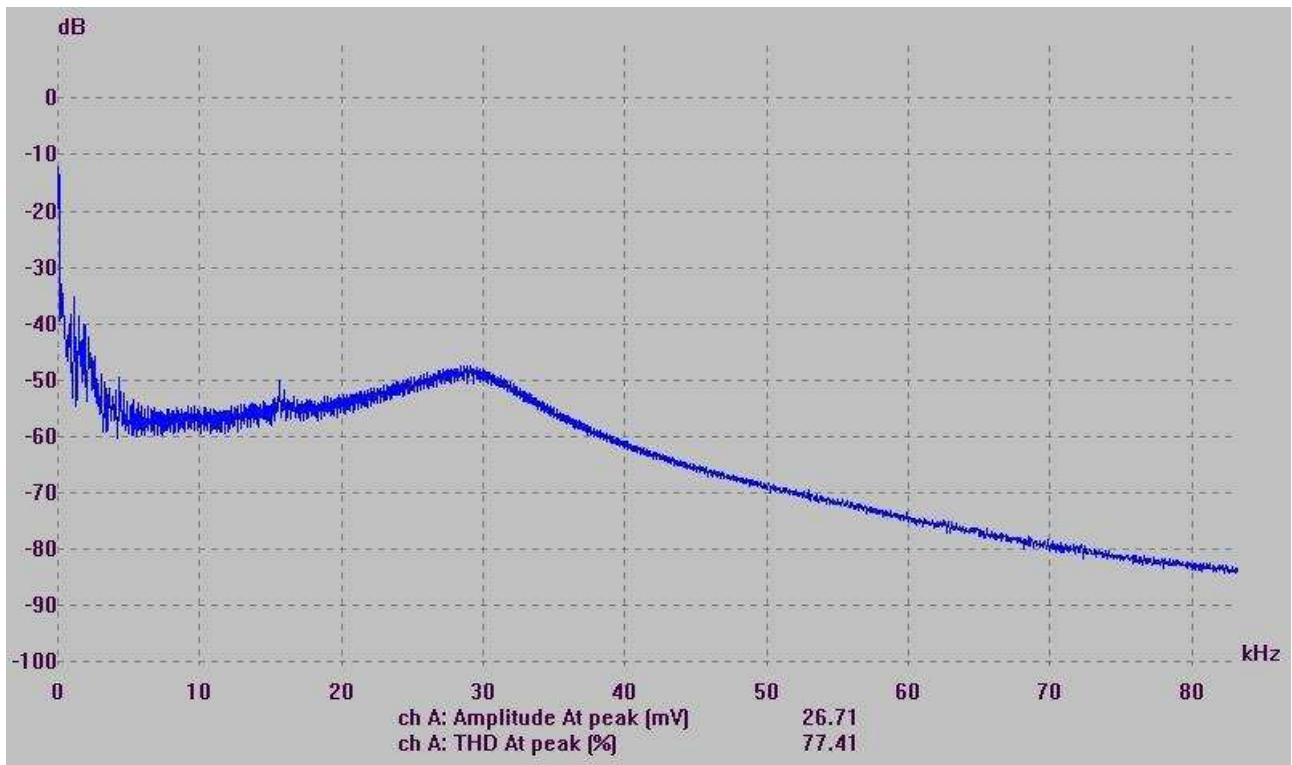


Fig2: Spettro di frequenza del segnale tra Vac1 e GND del ponte rettificatore My_ref, prelevato con filtro 10n+2Kohm. Valore medio.

Il condensatore da 100nF tra AC1 e AC2 smorza gli spike ad alta frequenza e porta il picco di risonanza trafo-cap- diodi a circa 30Khz. Tutte le componenti HF sono assorbite dalla rete risonante.

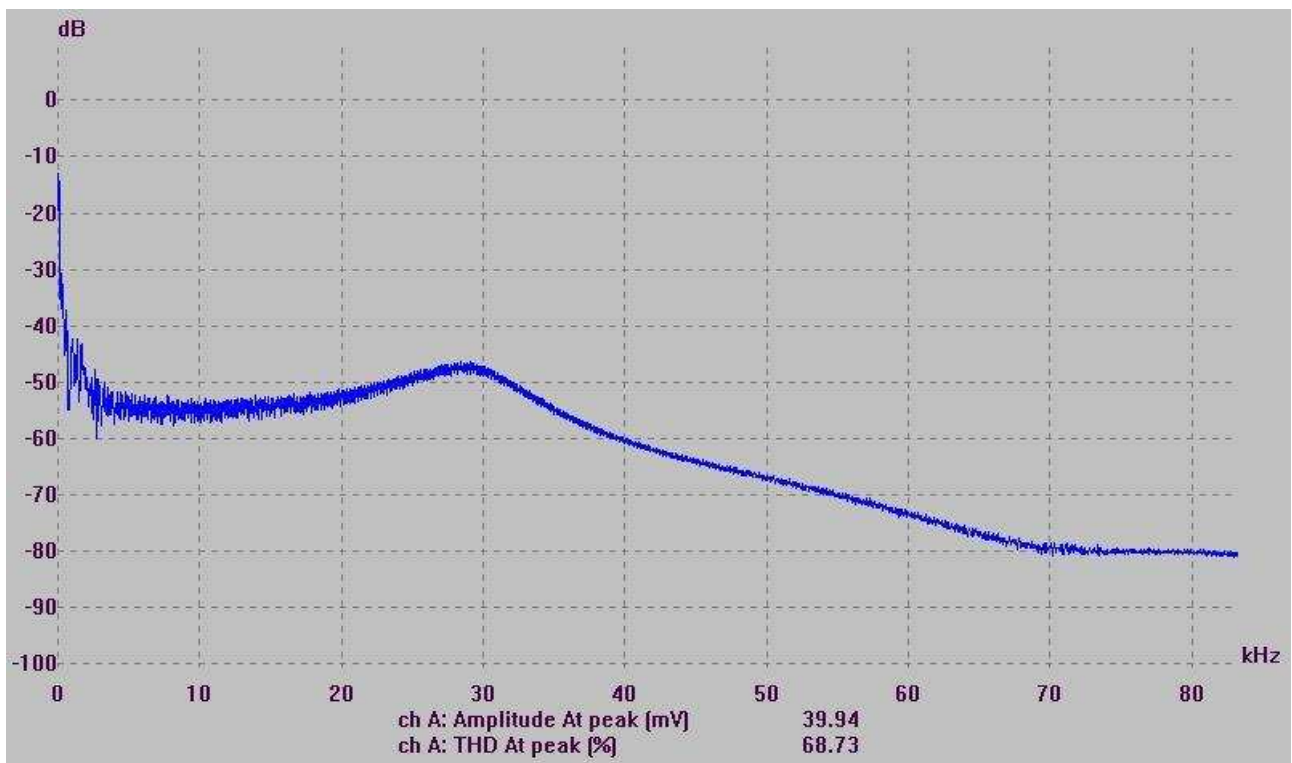


Fig3: Spettro come fig2 ma a 36W 8ohm 1Khz. Come si nota, questa curva caratteristica è abbastanza indipendente dal carico dell'amplificatore (aumento di pochi dB in zona 50Khz), e può

essere modificata solo dal valore del condensatore tra V_{ac1} e V_{ac2} , e dall'induttanza del avvolgimento secondario del trasformatore. A seconda del modello di trasformatore questa risonanza si può trovare tra circa 15Khz e 30Khz.

Emerge chiara la necessità di disporre di un gruppo di condensatori di filtratura con buona efficienza a queste frequenze. Un ELcap di buona qualità da $10000\mu\text{F}$ 50V dispone di un'ottima efficienza fino e oltre 20Khz, per cui da solo è in grado di eliminare tutti i residui di rettificazione. L'aggiunta locale di ELcap da $220\mu\text{F}$ low ESR permette di aumentare questa efficienza fino oltre i 200Khz...

Diversa è la situazione se si aumentano le dimensioni e la capacità degli Elcap. Un ELcap da $20000\mu\text{F}$ difficilmente riesce ad assorbire i picchi di commutazione dei diodi, per cui si deve fare ricorso a tecniche di filtratura più sofisticate sia sui diodi che sul PSU...

Un sistema utile può essere l'uso di ELcap di minore capacità multipli o con capacità differenziate (scale di 1/4 o 1/8 di capacità), ma l'induttanza serie del layout riduce l'efficienza teorica di queste reti, a volte creando altre risonanze...

Da questo grafico si deduce la totale inutilità di usare tecniche di rettificazione più complesse. L'uso di diodi "Fast" può ridurre l'ampiezza del disturbo ma a scapito di un' aumento di frequenza. L'efficienza dei condensatori oltre i 200-500Khz diminuisce in modo esponenziale a questi livelli energetici, per cui non è possibile assorbire completamente il picco di risonanza.

Dal punto di vista Audio, a parte le emissioni elettromagnetiche di queste reti (che possono influenzare le sezioni di amplificazione) questi comportamenti in AC non hanno nessun valore. La parte del circuito che deve essere dimensionata correttamente è la sezione DC.

Gli eventuali residui di rettificazione possono modulare il segnale utile, aumentando le distorsioni sia statiche che dinamiche.

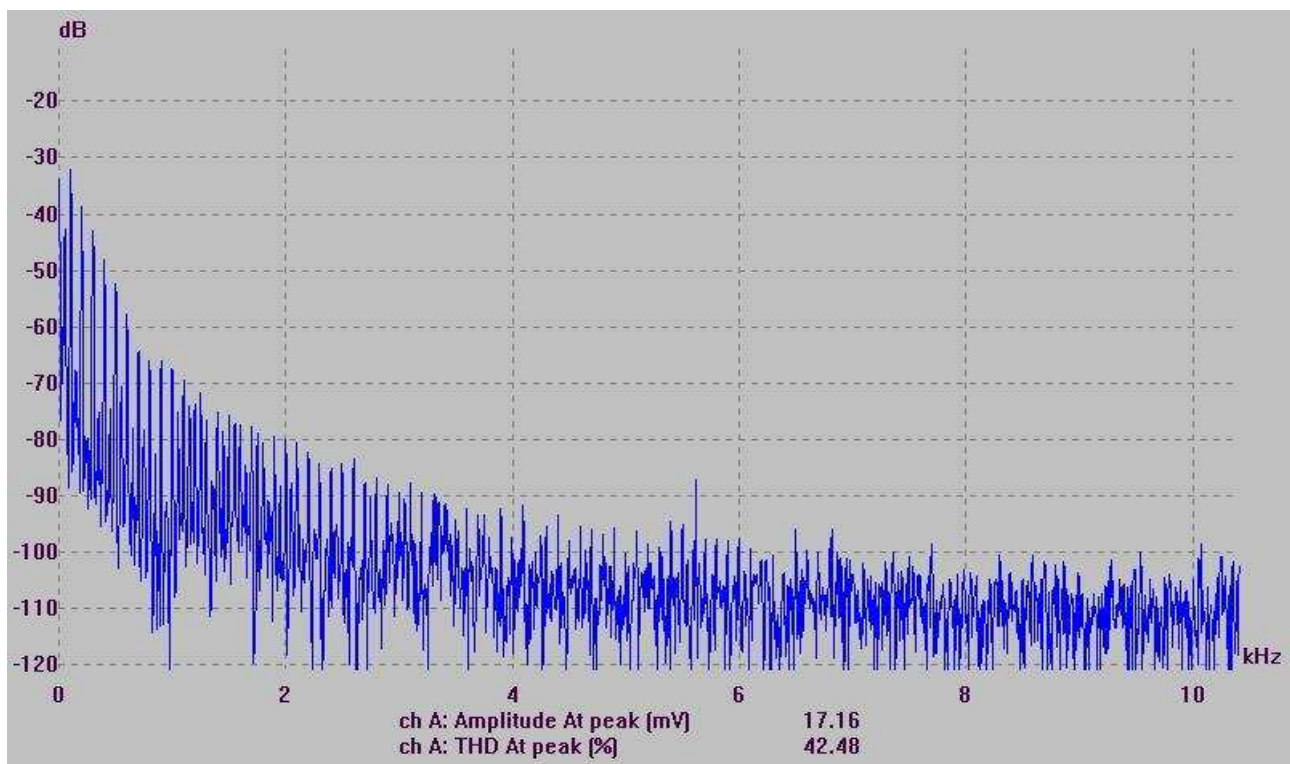


Fig4: Spettro di frequenza del segnale presente sulla tensione positiva (tra +VCC e GND) di alimentazione di My_ref, senza segnale in ingresso.

Si nota la classica distribuzione spettrale del dente di sega provocato dalla parziale scarica degli Elettrolitici a frequenza di rete.

Oltre i 6Khz praticamente non esistono segnali di disturbo. Notare che a bassa frequenza i disturbi sono assorbiti dal CMRR (common mode rejection ratio) che nei moderni amp è molto elevato entro le frequenze citate. La cosa importante è mantenere limitati i disturbi oltre i 6Khz....

Come si vede gli elettrolitici (ed il layout ravvicinato) assorbono in modo totale il picco di disturbo di commutazione dei diodi. Questo lavoro viene svolto completamente dai grossi condensatori da 10000 μ F. Il resto del bypass è molto più utile per assorbire le modulazioni che si creano durante il lavoro del amp...

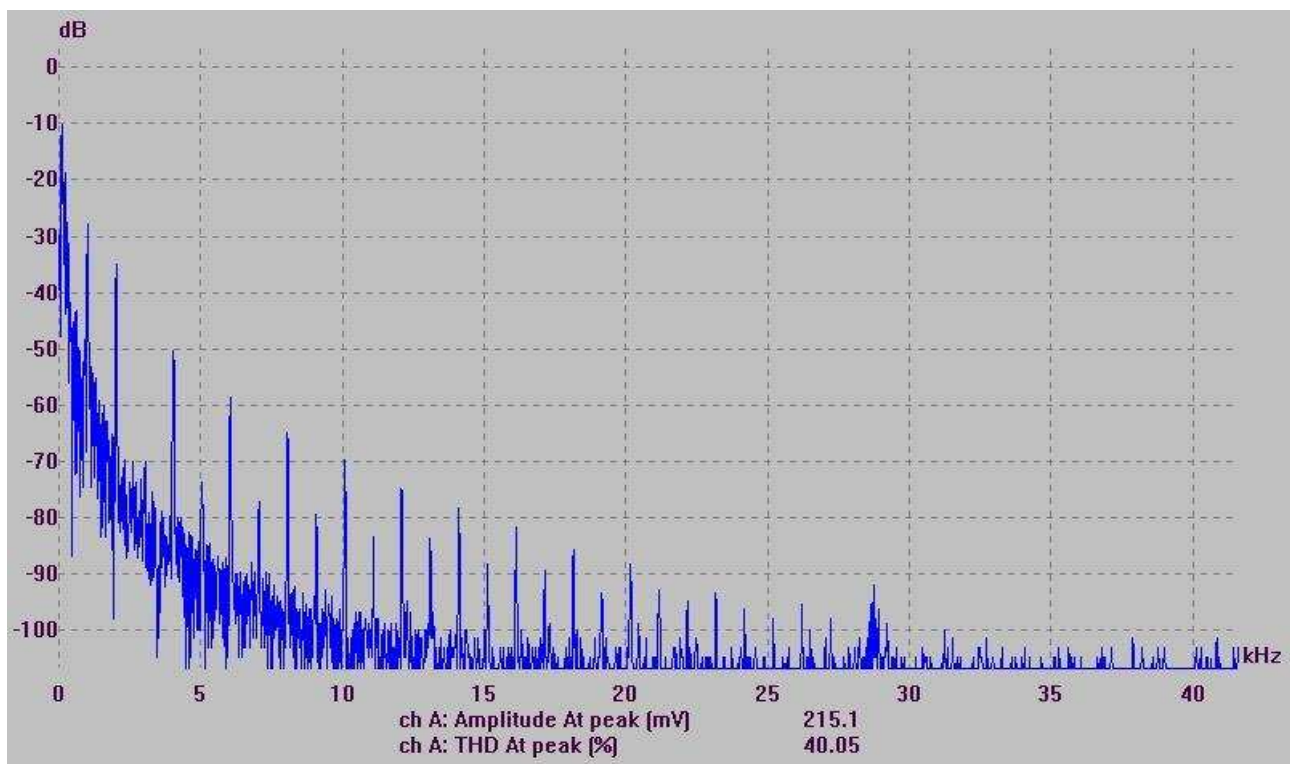


Fig5: Grafico FFT della modulazione di +VCC (tra +Vcc e GND) , su My_ref, con carico 8 ohm a 36Wrms 1Khz. A bassa frequenza (<4Khz) si trova lo stesso involuppo a dente di sega, aumentato a causa della maggiore modulazione richiesta dal aumento di corrente media dispersa dal PSU. Nonostante questo, notare il veloce decadimento del disturbo oltre i 5Khz. Praticamente rimangono solo le armoniche del segnale amplificato. Il picco a 28Khz è causato dal sistema di misura (PC).

La cosa che io ritengo più importante è la profondità di modulazione armonica del segnale amplificato. Si nota la fondamentale a 1 KHz a circa -25dB, seguita da tutta la serie di armoniche, con prevalenza delle armoniche pari. Questo grafico non desta particolari allarmismi, perché dimostra una forma di “compressione” causata dal calo istantaneo dell’ alimentazione al aumento di corrente di uscita. Un amp moderno non ha difficoltà ad “assorbire” queste condizioni, usando la NFB (locale o globale). Bisogna considerare che il segnale di uscita ha un’ ampiezza di circa +25 dB, per cui la modulazione su PSU vista dal amp è a circa -50dB (seconda armonica -60dB), per cui bastano poche decine di dB di NFB per assorbirle.

Le condizioni critiche di bypass in banda audio sono queste. La rete di filtro deve assorbire al massimo le modulazioni con andamento progressivo, in modo di non “sovraccaricare” le prestazioni del amp ad alta frequenza.

Per ottenere questa caratteristica serve una adeguata bassa impedenza del alimentatore entro un range di frequenza sufficientemente ampio.

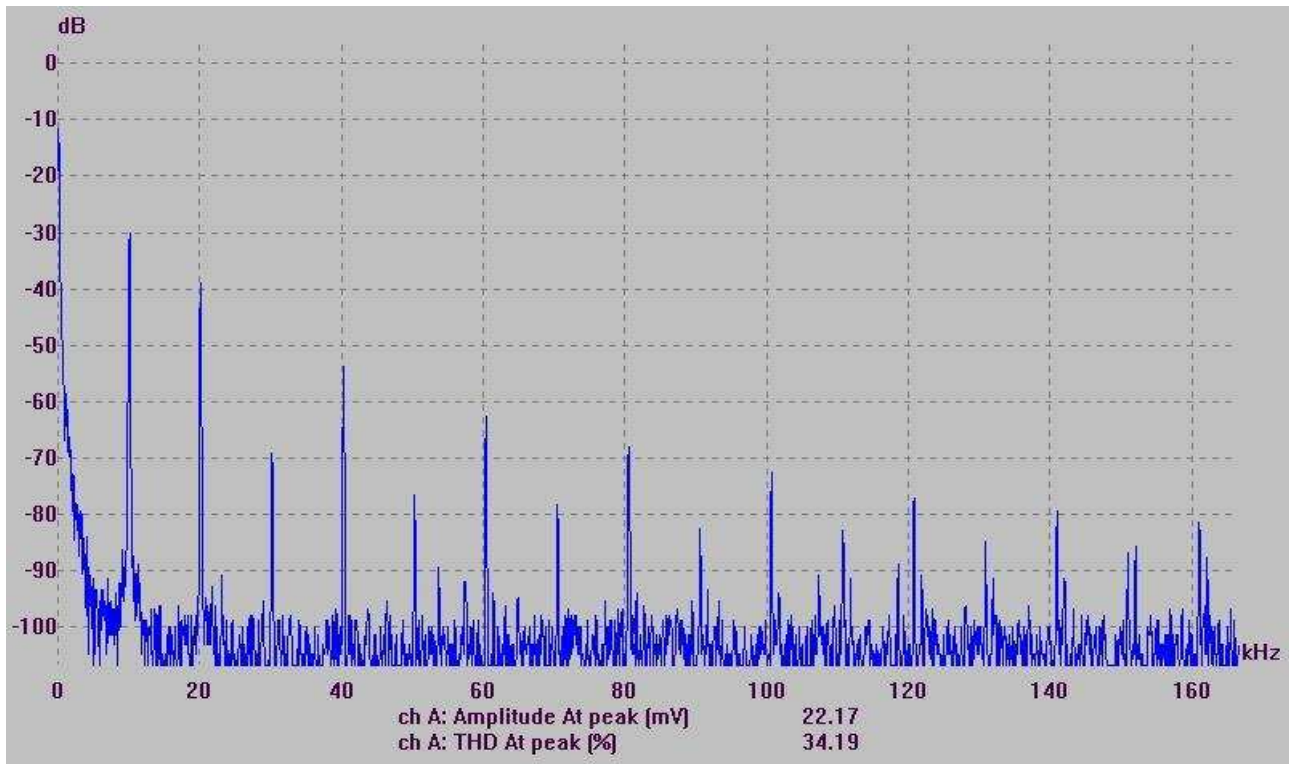


Fig6: Stesse condizioni di prima ma con segnale a 10Khz. Notare l' andamento analogo (le IMD oltre 120Khz sono causate dal campionamento a 330Khz con i residui armonici oltre i 160Khz, e quindi non realistici).

L'ampiezza delle armoniche praticamente uguale a quelle ad 1Khz conferma che fino oltre i 200Khz la rete di bypass esegue correttamente il suo lavoro. Se l' impedenza del PSU aumentasse, si avrebbe un' aumento di modulazione...

Per ottenere buoni risultati a queste frequenze è necessario usare Elcap da circa 100-220uF low ESR. I low cap a film non hanno una reattanza capacitiva sufficiente per limitare le modulazioni, e servono esclusivamente o per smorzare risonanze causate da un layout ad alta induttanza parassita, o per rumore o risonanze in banda RF.

Conclusioni:

Un amplificatore adeguatamente filtrato entro la banda di competenza audio (10-100Khz) non ha ragione di usare tecniche di bypass adatte per frequenze superiori a 1Mhz, a parte alcune condizioni particolari, come rischi di oscillazioni locali o riduzione del rumore locale (termico od elettromagnetico).

L' uso di diodi veloci od ultra veloci non ha una ragione tecnica giustificata, perché generano comunque disturbi di commutazione ad altissima frequenza. Lo smorzamento di tali spikes, se pur di ampiezza molto minore è estremamente critico, perché necessita di reti di condensatori estremamente efficienti ad altissima frequenza. L' uso di rettificatori ordinari permette di assorbire gli spikes usando elementi molto più comuni.

Un' uso ponderato di questi componenti (diodi veloci) tuttavia può dare luogo a situazioni di rumore di commutazione minore di altre strutture a diodi normali, in particolare durante l' erogazione di forti correnti di carica. Gli esiti di queste analisi dimostrano che le variazioni del disturbo in funzione della corrente su questo circuito non assumono entità tali da giustificare l' utilizzo.

Altro elemento da non sottovalutare è la necessità di eseguire dei PCB layout più elaborati nel caso di un' uso di diodi di potenza "discreti", con il rischio di aumentare le emissioni elettromagnetiche.

Durante il normale funzionamento, un amplificatore è in grado di lavorare al meglio in presenza di una bassa impedenza interna del PSU, ma in particolare è importante che essa sia lineare nel intero spettro di frequenze che riproduce.

La presenza di segnali "spuri" sul PSU non deve modulare il segnale utile. Per questo l' amp deve avere un adeguato CMRR, ed essere quindi sufficientemente "immune" da questi disturbi.

Questo documento va considerato una integrazione tecnica alle varie descrizioni del progetto "My_Ref". L' esito delle misure serve a giustificare alcune scelte progettuali su cui è basato il lavoro.

Non tutte le condizioni di esercizio rilevate su questo circuito sono riproducibili con altre topologie. In tal senso questa descrizione non deve essere considerata una guida alla progettazione dei PSU per amplificatori audio.

M.P.