

# Il trio solido - Evolution full

## Seconda Parte

**Signore e signori, vi presentiamo il My\_Evolution full, secondo amplificatore della triade, nato come estremizzazione dei concetti applicati al My\_Ref. L'Evolutione del Riferimento!**

La seconda proposta di amplificatore finale che descriviamo in questo articolo (**Figura 01**) è un diretto discendente del My\_Ref visto su CHF 115, indi nasce dalla mente di quello stesso ing. Mauro Penasa che avevamo "conosciuto" il mese scorso. Ripercorriamo insieme l'evoluzione, è proprio il caso di dirlo, di questo progetto ancora una volta innovativo e controcorrente, anche per capire i motivi tecnici che hanno spinto Penasa a questa nuova proposta.

### UN PO' DI STORIA...

All'inizio del 2005 veniva presentato il My\_Ref rev. A, mentre nella seconda metà dello stesso anno faceva la sua apparizione la revision C, nella quale Penasa implementava nuove topologie, tanto da renderla differente più che migliore rispetto alla capostipite. Pur continuando a utilizzare un alto guadagno ad anello aperto, un elevato *negative feedback*, e uno stadio di uscita a transconduttanza, la rev. C si spinge oltre con un circuito di *feed forward* in grado di annullare le conseguenze negative delle compensazioni interne dell'IC

LM318 sulle caratteristiche di uscita, cosicché il fattore di smorzamento (*damping factor*) risulti costante in tutto lo spettro audio e valga circa 180 (riferito a un carico di 8 ohm). In pratica questo parametro è controllato totalmente in modo attivo e le sue variazioni di fase sono estremamente limitate: non sono molti gli amplificatori capaci di fare altrettanto.

Di grande importanza, nello sviluppo della rev. C, sono stati gli scritti di Graham Maynard pubblicati su Electronics World tra il 2004 e il 2005, articoli nei quali viene descritta la metodologia di misurazione denominata *reverse driven*, ovvero il pilotaggio inverso di un amplificatore. Con questa misurazione si traccia l'andamento di modulo e fase del

*damping factor* rispetto alla frequenza: la correlazione tra questa misura e test di ascolto ha confermato che un fattore di smorzamento costante nello spettro audio e, ancora più importante, una scostamento minimo della fase, portano al risultato di un suono pulito ed equilibrato.

Vogliamo dare enfasi a questa misura in quanto di grande importanza: sovente sentiamo parlare dell'inutilità delle misure, o dell'incapacità di correlare certi dati strumentali alle sensazioni che pervengono quando ascoltiamo della musica. Il nostro direttore Fulvio Chiappetta, per esempio, scrive spesso di quanto sia più appagante, all'orecchio, un amplificatore con un decadimento armonico lineare, piuttosto che uno con lo spettro altalenante, e in questa ottica la corrispondenza



Figura 01: L'amplificatore Evolution full realizzato.

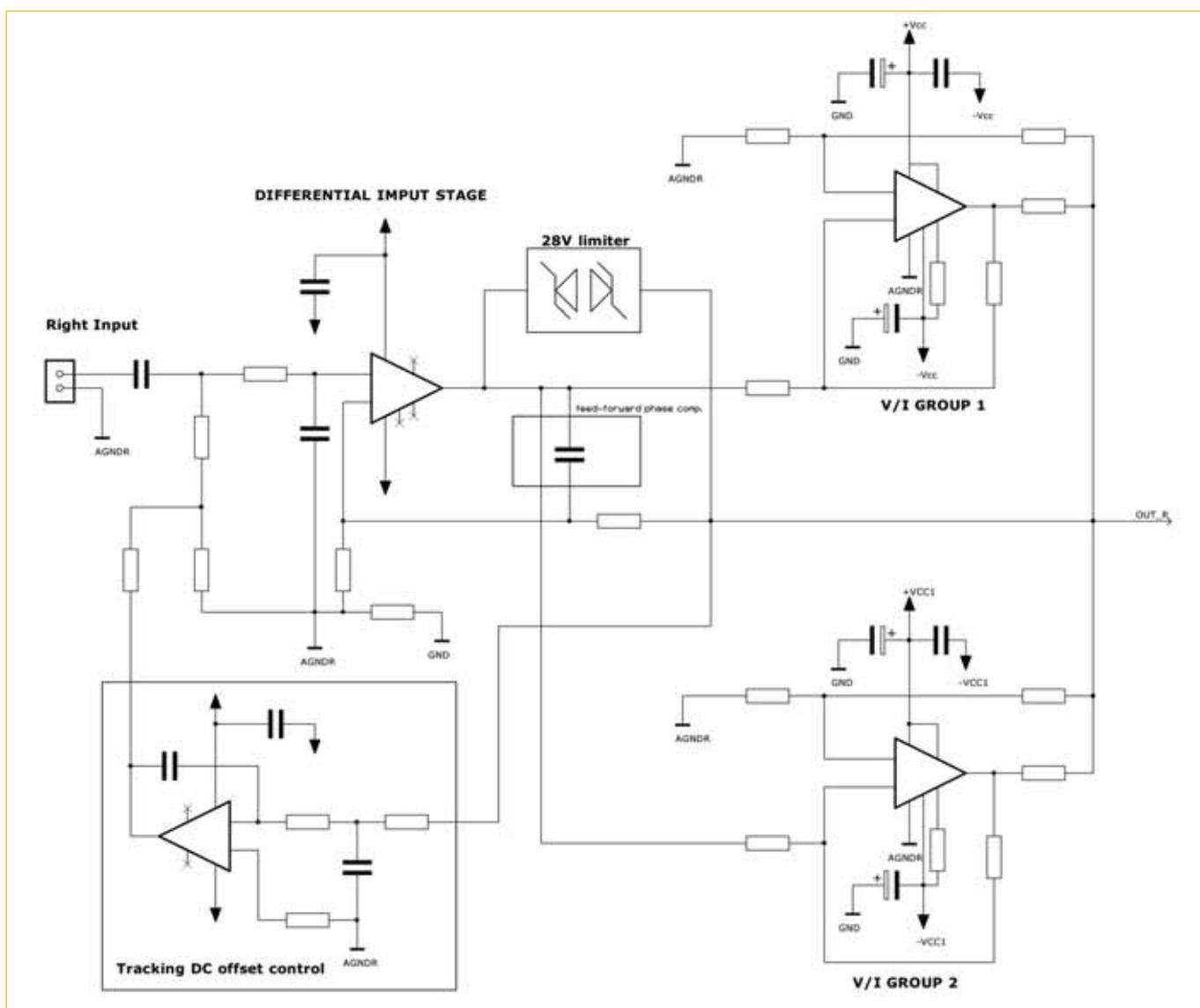


Figura 02: Schema a blocchi della sezione di amplificazione dell'Evolution.

misura-ascolto è comprovata.

Anche il metodo del *reverse driven* porta a risultati notevoli: prendiamo due amplificatori, **Eta** con un DF altissimo ma variabile, diciamo compreso tra 500 e 100 nel range dello spettro audio, e una fase (sempre misurata con il metodo del pilotaggio inverso) abbastanza mutevole, e **Beta** con un DF costante di discreto valore, a esempio 100, e una fase che non si discosta di molto da 0 gradi. Dopo avere spento l'oscilloscopio, l'analizzatore di spettro e tutto l'*ambiradan* del nostro laboratorio, colleghiamo ai nostri diffusori di riferimento (immaginiamoci di essere proprietari di un negozio Hi-Fi, con decine di casse a disposizione) prima Eta e poi Beta, e ascoltiamo un po' di sana musica seduti su una comoda poltrona e con le luci soffuse: alla fine delle sessioni d'ascolto spegneremo Eta e lasceremo Beta in pianta stabile nel nostro impianto.

Ecco quindi che questi test ci dicono che non è importante il valore assoluto del fattore di smorzamento, ma piuttosto la linearità dello stesso su tutto lo spettro audio. E ancora: uno scostamento minimo della fase rispetto allo zero è da preferirsi a degli andamenti con rotazioni. In conclusione, con il metodo del *reverse driven* otteniamo dei dati che possono essere messi in relazione alla classifica che il nostro orecchio-cervello ci stila, stante a quanto riportano gli studi sia di Maynard che di Penasa. Del fattore di smorzamento e del pilotaggio inverso ne riparliamo nella sezione dell'articolo dedicata alle misure.

Ritorniamo a Penasa che, spinto dall'entusiasmo dei risultati, sembra non fermarsi mai e nel primo semestre del 2006 tira fuori dal cappello l'Evolution, il cui schema a blocchi è visibile nelle **Figure 02** e **03**: vediamo quali migliorie sono state apporta-

te rispetto alla rev. C.

In primo luogo il progettista ha ridisegnato la PCB, visto che il precedente stampato era nato per la rev. A, ottimizzando i percorsi delle piste di potenza e la disposizione dei componenti critici. La nuova PCB è a doppia faccia e sono presenti anche componenti SMD, il cui uso nella rete di compensazione ne ha migliorato la stabilità; sono stati utilizzati diodi veloci, o meglio *soft recovery* come vedremo fra qualche riga, in sostituzione del ponte di diodi; è stata implementata una nuova sezione di controllo attivo della tensione di offset in uscita (servo DC) al fine di eliminare l'uso del condensatore elettrolitico di disaccoppiamento e, di conseguenza, annullare le distorsioni tipiche di questi componenti. Altra novità è la possibilità di aumentare la potenza dell'amplificatore, su bassi carichi, attraverso l'impiego di due integrati di

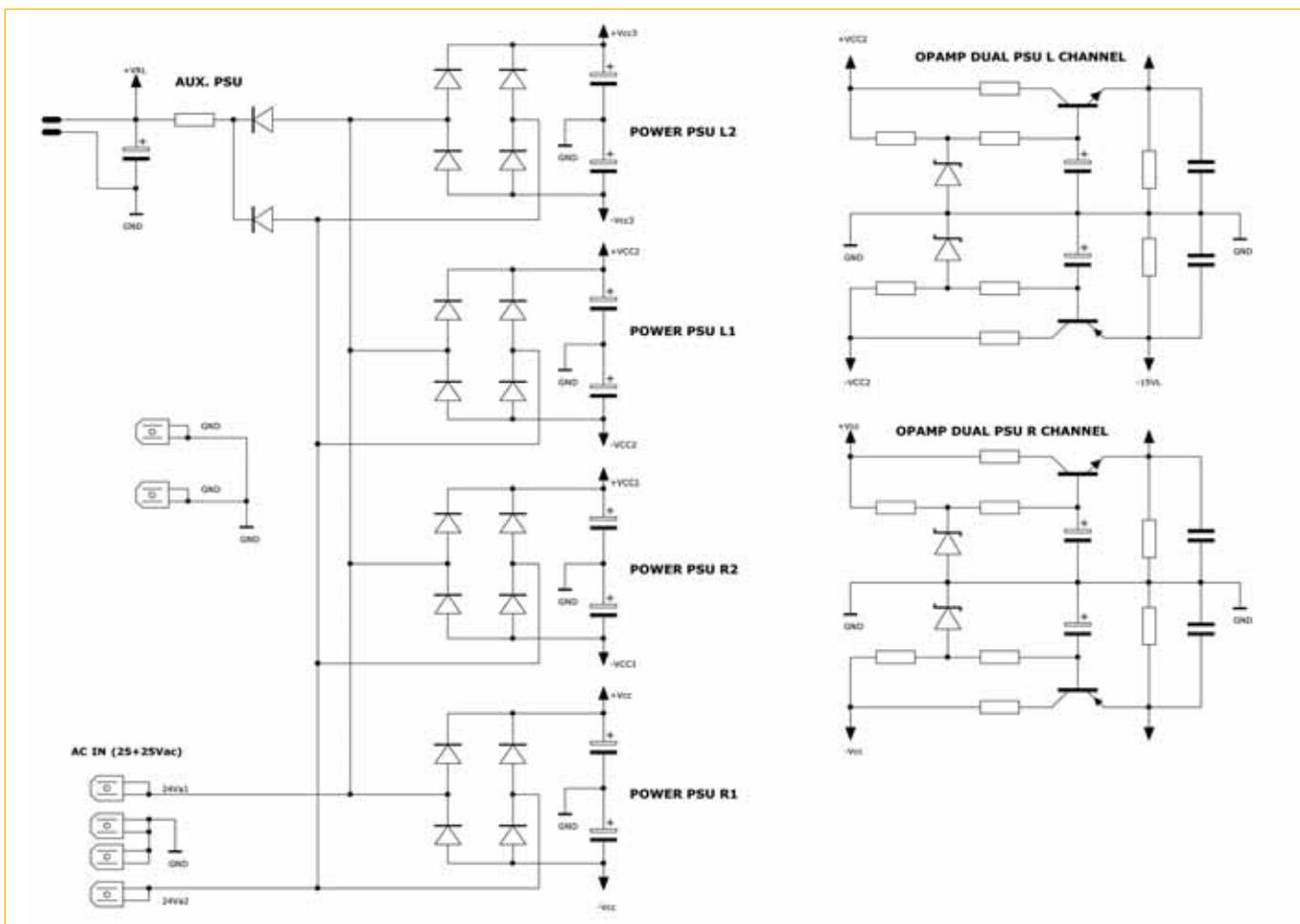


Figura 03: Schema a blocchi della sezione di alimentazione e protezione dell'Evolution.

potenza per canale: detti integrati non sono configurati a ponte, quindi non si ha il raddoppio della potenza, ma lavorano simultaneamente come due pompe di corrente. In questa maniera si consegue un aumento della capacità di corrente di uscita, fino al doppio di quella ottenibile servendosi di un solo integrato di potenza; inoltre ogni pompa di corrente dispone di un alimentatore autonomo, in modo da ottimizzare le dinamiche di trasferimento dell'energia. Il bello è che, partendo dalla stessa PCB, uno può decidere quale versione costruire: la **base**, che monta un LM3886 a canale, oppure la **full**, che invece ne adopera due per canale. In termini di potenza la differenza tra le due versioni si nota sui bassi carichi: si riescono a "spremere" 80 Watt su 4 Ohm con la full contro i 56W della base, mentre con un carico di 8 ohm i valori sono molto vicini, ossia 50W contro 40W. Altra differenza tra le due versioni è il fattore di smorzamento, che vale circa 180 nella versione base, mentre sale a 350 in quella full (valore costante da 20 a 20k Hz). Al contrario di quanto accaduto con il My\_Ref, che è un progetto open source, Penasa non ha pubblicato, finora, né lo

schema né l'immagine della PCB Evolution, ma ha messo in vendita la piastra in due forme: o popolata con i soli componenti SMD, o completa di tutti i componenti, SMD e tradizionali. Lungi dal voler essere una operazione commerciale, come alcuni potrebbero pensare, la scelta di Penasa è ampiamente condivisibile sia da un punto di vista tecnico, che da quello propositivo. Nel primo caso dobbiamo ricordare che l'Evolution fa ampio uso di reazione positiva e negativa, quindi è un circuito delicato e qualche disattenzione da parte dell'autocostruttore porterebbe, come minimo, a un degrado delle prestazioni; inoltre la saldatura dei componenti SMD non è il massimo della facilità, fattore che potrebbe essere un ostacolo considerevole per l'autocostruttore desideroso di tradurre in realtà l'amplificatore oggetto di questo articolo. Da un punto di vista propositivo, spesso ci lamentiamo della mancanza di PCB già pronte per molti dei progetti che si leggono sulle riviste e che si vorrebbero realizzare: è proprio questa mancanza che fa desistere i molti lettori che non vogliono mettersi a "giocare" con fogli blu, ferri da stiro o i cari

vecchi trasferibili (senz'altro lodevole l'iniziativa di CHF di proporre i circuiti stampati dell'MPC di Pierluigi Marzullo). Sempre in tema propositivo, Penasa mette a disposizione anche i piani di foratura e un tutorial di montaggio del suo Evolution utilizzando il contenitore GX288 della *Hi-Fi 2000*, i cui pannelli laterali sono adibiti a dissipare il calore prodotto dagli LM3886, previa interposizione del dissipatore fornito nel kit. Più facile ed economico di così ci sembra arduo! Oltre a ciò bisogna dare atto a Mauro Penasa, il quale ha investito soldi e tempo per questo progetto senza la sicurezza di un ritorno del capitale versato per produrre i kit. E parlando di kit, dobbiamo dare una brutta notizia, ovvero che sono finiti! Malauguratamente per noi, il progettista non ha al momento nessuna intenzione di reinvestire del capitale per produrre nuove schede dell'Evolution, essendo molto occupato da altre cose: controllate la home page di Mauro, all'indirizzo web <http://www.webalice.it/mauro.penasa/index.html>, per sapere di eventuali sviluppi in merito. E già sentiamo qualcuno che ci dirà: "Ma se

## LISTA COMPONENTI

Riferimento	Descrizione	Farnell P/N	RS-comp. P/N	Distrelec P/N
R4, R80	Res. 1 OHM, 1/4W, 1%		150-565	714000
R31, R32, R78, R79	Res. 0,47 OHM, 7W, 5%, BASSO ESL, A FILO, CEMENTATA		159-297	721120
R33, R40, R67, R72	Res. 470 OHM, 1/4W, 1%		148-427	714081
R41	Res. 180, 2W, 5%		214-1844	712159
R65	Res. 10K, 1/2W, 5%		148-736	714115
R81	Res. 47, 1W, 5%		131-750	712000
D12, D13, D14	Diodo, 1N4002	9565000	628-8953	603561
D1 a D8, D15 a D19, D23 a D25	Diodo 8A, 100V, ULTRA VELOCE, TO-220	1095128	545-2901	601741
U3, U4, U7, U8	LM3886TF	9489681	534-2961	640447
RL1, RL2	Relay, 24Vdc, 5A, 250V, 2 scambi, FUJITSU FTR-F1-24		400041	
C1, C2, C12, C13, C47, C48, C52, C53	Cond. Elettr. 10.000 microF, 50V, snap in, diam. 30-35 mm	1198552	339-7048	800150
C3, C20, C21, C22, C30, C33, C45, C46, C51	Cond. Elettr. 220 microF, 50V, 105°, diam. 10 mm	1219481	526-1660	801852
C24, C25, C31, C32	Cond. Elettr. 470 microF, 25V, diam. 10 mm		526-1884	801846
C26	Cond. Elettr. 100 microF, 25V, diam. 8 mm		449-1056	801851
C27	Cond. Elettr. 22 microF, 25V, diam. 6,3 mm		526-1654	801850
C4, C10, C49, C50	Cond. MKT, 100 nanoF, 100V, passo 10, 43 x 133 mm		487-9787	820457
C23, C44	Cond. MKT, 220 nanoF, 100V, passo 10, 43 x 133 mm		487-9793	820624
PL 1 a PL8	Faston maschio, per C.S., 6,3 mm		534-834	450280
CONN1, CONN2, CN1, CN2	Molex maschio a 2 poli o Pin Header	1360130	547-3239	114620
1 Trasformatore	Toroidale incaps. 230/25+25 Vac, 300 VA		223-8853	
2 Condensatori X2, 10 nanoF, 275V		616-7698	820729	
1 Interruttore illuminato, DPST, 250V, 10A	1082460			
1 Presa IEC con Fusibile da 2,5A ritardato	145358		110251	
1 Condensatore X2, 0,33 microF, 275V		441-9650	820745	
2 prese da pannello Neutrix Speakon 2 poli	3104400	2508451169		
1 Cabinet Hi-Fi 2000 GX288 - <a href="http://www.hifi2000.it/">http://www.hifi2000.it/</a>				

Tabella 01: Lista componenti per la realizzazione dell'Evolution full.

non si può comprare il kit, perché ci proponete questo articolo?" *In primis* questo articolo descrive un amplificatore che è parte integrante della comparativa d'ascolto che leggerete nella prossima puntata, e quindi non si poteva non parlarne; *in secundis* quando avevamo iniziato la costruzione dell'Evolution, all'inizio del 2008, non sapevamo quanti kit fossero ancora disponibili, né tanto meno eravamo a conoscenza che una volta finite le scorte il progettista avrebbe chiuso baracca e burattini; *in tertiis* questo articolo presenta comunque spunti interessanti che prescindono dal voler costruire o meno l'Evolution; *dulcis in fundo* finché c'è vita c'è speranza, enuncia un detto popolare: magari quando leggerete queste righe Penasa potrebbe aver deciso di produrre un nuovo lotto di circuiti stampati.

Ma torniamo a razzo all'opera prima del nostro ingegnere: come avevamo visto per il My\_Ref, la PCB dell'Evolution comprende sia la sezione alimentatrice che quella amplificatrice: per completare il finale basta quindi aggiungere un trasformatore toroidale, un interruttore, una vaschetta

IEC con fusibile, due RCA d'ingresso e i terminali per le casse oltre, s'intende, al contenitore. Nella **Tabella 01** trovate la lista dei componenti utilizzati per la versione full, con i relativi codice prodotto dei tre fornitori dai quali ci siamo serviti: RS-Components, Distrelec e Farnell (quest'ultimo usufruibile solo da chi possiede una partita IVA).

I dati dichiarati, per l'**Evolution full**, sono riportati nella tabella in basso a destra.

Tralasciamo per qualche istante l'Evolution, e apriamo una piccola parentesi per soffermarci su dei componenti sempre presenti nella sezione alimentatrice di quasi tutti gli apparecchi HI-FI, i diodi di raddrizzamento della corrente alternata, e più nello specifico analizziamo i diodi veloci.

**I DIODI VELOCI**

Quando si parla dei diodi veloci si pensa subito alle alimentazioni a commutazione (switching), dove il passaggio dallo stato di conduzione a quello di interdizione deve essere il più rapido possibile per diminuire le perdite di commutazione. Da diversi anni, tuttavia, molti autocostruttori di apparecchi audio sono soliti usare questo tipo di diodi nei circuiti di raddrizzamento e il motivo è molto semplice: si chiama riduzione delle RFI generate dai diodi. Se siete come San Tommaso e non ci credete, accendete una radiolina a batteria, selezionate la banda AM, e avvicinatela al ponte di raddrizzamento di un qualche apparecchio in funzione: *Radio Diodo* trasmette tra i 550-

**DATI DICHIARATI PER L'EVOLUTION FULL**

- Guadagno in tensione: ~ 31 dB
- Impedenza di ingresso: 100k ohm, 220p Farad
  - Potenza massima (8 ohm): 50 Watt rms
  - Potenza massima (4 ohm): 80 Watt rms
- Fattore di smorzamento (20-20k Hz, 8 ohm): ~ 350
  - Rumore residuo (600 ohm): < -100 dB
  - THD (20-20k Hz, 1-50 Watt, 8 ohm) < 0,01%

PRATICA

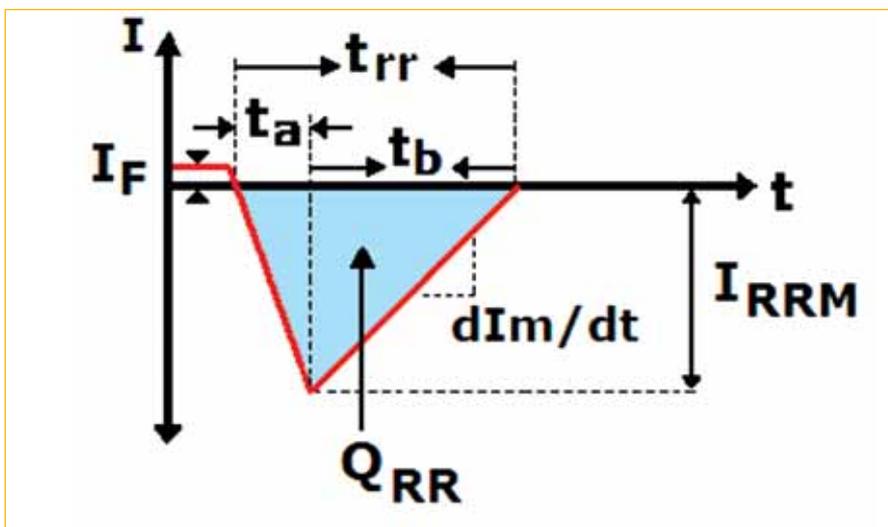


Grafico 01: Illustrazione dei parametri di un diodo.

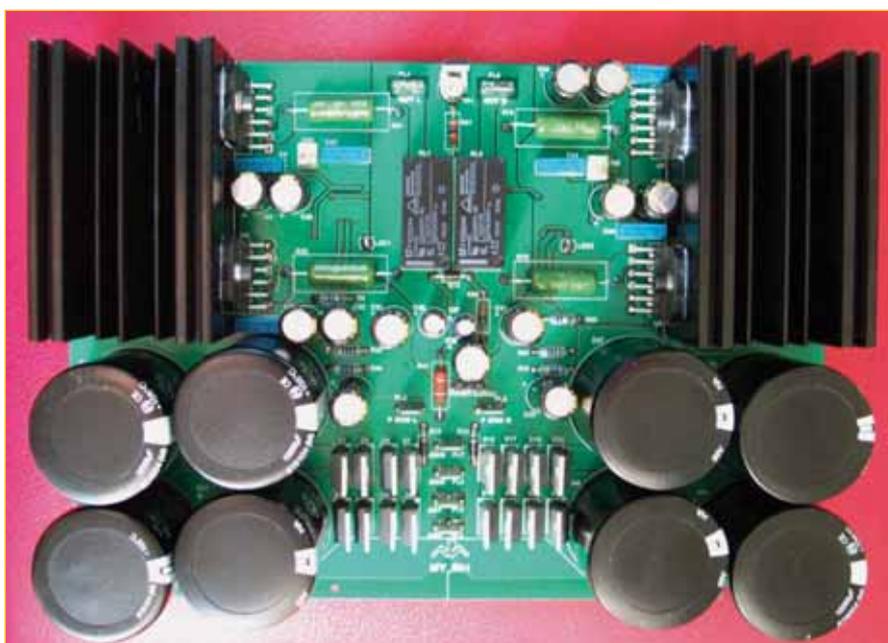


Figura 04: PCB dell'Evolution full completa dei componenti.



Figura 05: Vista esterna del pannello posteriore.

700k Hz, buon ascolto!

A riprova di quanto detto, nel 2000 Francesco Callegari pubblicò, su CHF n. 45, un articolo intitolato "Un circuito antidi-sturbo per raddrizzatori al silicio", nel quale analizzava ampiamente il problema e le sue possibili soluzioni. Tra queste soluzioni, l'autore mostrava graficamente come l'utilizzo di diodi *soft recovery* nel circuito di raddrizzamento, piuttosto che i classici 1N4007, aiutasse a diminuire l'ampiezza dell'oscillazione che si crea ai capi del secondario del trasformatore, oscillazione causata dalla commutazione dei diodi. È anche vero che implementando uno *snubber* (rete RC serie) nel circuito di alimentazione si riesce a ridurre questi treni d'onda, come lo stesso Callegari e anche Marzullo su CHF n. 100 hanno spiegato, ma bisogna accordare lo snubber al circuito in uso, e la cosa non è tanto semplice come potrebbe sembrare. Tanto vale impiegare dei diodi *soft recovery* e dormire sonni tranquilli!

Ma approfondiamo cosa significano i termini che spesso leggiamo o sentiamo, ossia diodo veloce, *soft recovery*, *fast recovery* e via dicendo, guardando il **Grafico 01**

$I_F$  è la corrente massima continuativa che il diodo regge, ed è il primo parametro che si guarda nel datasheet per sapere se il componente è idoneo per la nostra applicazione.

Il tempo per passare dallo stato di conduzione a quello di interdizione è chiamato *reverse recovery time* ( $t_{rr}$ ): più è basso questo valore più è veloce il diodo, da qui le diciture diodo veloce, ultra veloce e così via; il  $t_{rr}$ , a sua volta, è dato dalla somma dei due intervalli  $t_a$  e  $t_b$ . Il primo ( $t_a$ ) corrisponde al tempo impiegato dalla corrente inversa del diodo a raggiungere il suo picco ( $I_{RRM}$ ) partendo da 0; il secondo ( $t_b$ ) indica la durata necessaria alla corrente inversa per tornare allo 0 partendo dalla  $I_{RRM}$ . Il fattore di morbidezza (*softness factor*) di un diodo è dato da:  $S = t_b / t_a$ ; a un maggior valore di questo parametro corrisponde una minore emissione di RFI da parte del diodo. Le diciture *soft recovery*, *ultra-soft recovery*, dipendono proprio dal parametro S.

Il  $Q_{RR}$  rappresenta la carica inversa totale, vale a dire l'energia che deve essere dissipata dal circuito, ed è dato da:  $Q_{RR} = (I_{RRM} * t_{rr}) / 2$ ; tra due diodi con medesimo valore S, è da prediligere quello con minore  $Q_{RR}$ .

Altro parametro importante nella comparazione tra differenti diodi è il  $dI_M / dt$ , che indica la pendenza del tratto  $t_b$ . a parità di S è da preferirsi un minore valore di  $dI_M / dt$ .

La capacità del diodo è espressa dal para-

metro  $C_J$ : meno è meglio è, visto che va a formare un circuito risonante insieme all'induttanza di perdita del trasformatore.

L'ultima nota riguarda i diodi Schottky, i quali hanno il pregio di avere un  $t_{rr}$  bassissimo (tanto basso che spesso non viene specificato nei datasheet), sicché le emissioni RFI da commutazione sono minime; per contro, i principali limiti sono una bassa tensione massima di lavoro ( $V_{RRM}$ ) e una  $C_J$  molto alta. Quest'ultima abbassa la frequenza del circuito risonante di cui parlavamo poc'anzi, obbligando a doversi servire di un circuito snubber.

Ricapitolando: possiamo diminuire le emissioni RFI tipiche dei diodi, emissioni che andrebbero a inquinare il nostro circuito, adoperando i diodi *soft recovery*, ossia prediligendo alti valori del parametro  $S$  in prima istanza, e bassa  $dI_M / dt$  e  $Q_{RR}$  in seconda istanza. L'uso di questo tipo di diodi rende, nella maggior parte dei casi, superfluo implementare nel nostro alimentatore un circuito snubber. Esempi di diodi *soft recovery* sono la serie Stealth della Fairchild Semiconductor (modello che abbiamo utilizzato nell'Evolution) o la nuova Hyperfast II, la serie MSR della On Semiconductor, i Microsemi APT8; per basse correnti i Vishay SBYV27 sono una ottima alternativa.

Dopo questa lunga digressione, torniamo all'amplificatore Evolution e in particolare alla sua realizzazione pratica.

#### COSTRUZIONE EVOLUTION FULL

Non ci soffermeremo molto sulla costruzione del finale in oggetto, visto che la guida scritta da Penasa spiega molto dettagliatamente i passi da seguire. Sicuramente il grosso del lavoro è più che altro meccanico, essendo pochi i componenti da saldare (quelli SMD sono già saldati). Come al solito si incomincia a saldare per dimensioni, ovvero i due ponticelli, le resistenze (ricordarsi di montare quelle da 1 Watt e oltre sollevate di 5 mm dalla scheda), i diodi 1N4002, i condensatori di piccola stazza, i faston, e i due relay. Lasciamo per ultimi i diodi di potenza e tralasciamo, per il momento, i grossi condensatori da 10.000 micro Farad e gli LM3886TF. È consigliato saldare su entrambe le facce della PCB sia i faston (migliora la resistenza meccanica), sia i diodi *fast recovery* e le resistenze da 7 Watt (migliora la dissipazione termica).

A questo punto prendiamo il dissipatore fornito con il kit (verificate di usare il lato giusto) e creiamo le sedi, a 16 mm dal lato del dissipatore, per le viti 3MA X 10 mm che bloccheranno gli IC di potenza: potete adoperare una filiera maschio o avvitare un



Figura 06: Vista inferiore dell'Evolution full.



Figura 07: Vista cablaggi di segnale e di terra.

perno, che suggeriamo con testa a brugola per poter esercitare una maggiore leva, lubrificato.

Con gli LM3886 (versione in contenitore plastico) avvitati al dissipatore, previa interposizione di pasta termica per incrementare il trasferimento termico, posizioniamo il dissipatore sulla PCB impiegando due rondelle per tenerlo leggermente sollevato dalla piastra, a favore di un suo miglior raffreddamento; con due viti 3MA X 8 mm, infilate dal lato saldature del circuito stampato, iniziamo a fissare, ma non definitivamente, il dissipatore. Prima di serrare le viti assicuriamoci che i lati esterni del dissipatore siano perfettamente allineati a quelli

della PCB, in modo da ottimizzare il contatto con i pannelli del cabinet: se necessario, allenteremo i perni che bloccano gli LM3886 per avere un maggior gioco tra le parti, ricordandoci poi di riavvitarli. Superata questa fase, salderemo gli IC di potenza e i condensatori elettrolitici di filtraggio, prestando attenzione alla loro polarità. La Figura 04 mostra la PCB dell'Evolution full popolata e pronta per essere montata nel contenitore GX288.

Dopo aver inserito le colonnine distanziali da 8 mm (meglio se plastiche), possiamo procedere con il forare i pannelli laterali e quello posteriore del case per fissare i dissipatori, sui quali spalmeremo della pasta

## PRATICA



Figura 08: Vista posizionamento cavo di rete.



Figura 09: Particolare dell'interruttore di accensione e dei condensatori spegni arco.



Figura 10: Vista della dislocazione del circuito di soft start.

termica nei punti di contatto con il case: consigliamo di utilizzare dei perni con testa svasata piana, si da renderli meno visibili all'occhio (Figura 05). Altro foro da effettuare è quello al centro del pannello posteriore, per consentire il fissaggio dell'angolare metallico presente sul circuito stampato. Verificate con molta cura che non ci siano dei residui di filettatura nel telaio o sulla PCB.

Una volta che la piastra dell'Evolution e il GX288 sono diventati un pezzo unico, preoccupiamoci del componente più pesante, ossia del trasformatore di alimentazione. Questo è un toroidale incapsulato da 300VA 25+25 Vac dell'azienda Talema-Nuvotem: raccomandiamo di usare questo specifico modello, dato che è quello indicato e sperimentato dal progettista. Un modello di maggiori dimensioni fisiche andrebbe a creare più problemi che benefici, specialmente se si utilizza il case GX288. Il trasformatore si appoggia, previa interposizione di alcune strisce di neoprene, su di una basetta da 3 mm di bachelite, alla quale è bloccato tramite un perno centrale M6 con relativo dado e rondella; la basetta deve avere dimensioni tali da inserirsi nelle cave laterali del contenitore, e viene ivi incollata con del silicone, come visibile in Figura 06.

Terminata la parte meccanica dell'assemblaggio dell'Evolution, cominciamo a cablare le parti tra loro, non prima di rammentarvi di prestare la massima attenzione alla pericolosità dei voltaggi in gioco. Tutte le connessioni fanno uso di faston femmina isolati con guaina termorestringente; suggeriamo di saldare oltre che crimpare detti connettori.

Sulla presa IEC con fusibile è incollato un condensatore classe X2 da 0,33 micro Farad, i cui reofori (belli lunghi) sono saldati ai terminali di fase e neutro della presa stessa: la funzione di questo condensatore è di filtraggio delle RFI. Dal terminale di terra della presa IEC parte un cavo giallo-verde che arriva all'angolare metallico presente sulla PCB, e a questo viene avvitato tramite la vite centrale del pannello posteriore (Figura 07); ricordatevi che l'alluminio anodizzato non è conduttore elettrico. Sempre dalla presa IEC escono due cavi, marrone e azzurro, che vanno a collegarsi all'interruttore sul pannello anteriore del case: il cavo usato è un bipolare da 1,5 mmq con guaina. Prestate attenzione a mantenere corretto il collegamento delle fase (cavo marrone) e del neutro (cavo azzurro) sia sulla presa IEC che sulla spina che andrete a collegare alla presa di rete (aiutatevi con un cercafase e un pennarello). Il cavo con guaina è inserito in una cava del pannello laterale del

GX288, allontanandolo così dalla sezione audio (**Figura 08**).

Il cavo di rete si collega all'interruttore bipolare illuminato alloggiato sul pannello anteriore; è comunque presente, sulla PCB, la predisposizione per usare un LED che segnali il funzionamento, per chi lo preferisse. In parallelo ai terminali di ciascuna via dell'interruttore di accensione abbiamo saldato un condensatore classe X2 da 10 nano Farad (**Figura 09**), con la funzione di spegnere l'arco tra i contatti: ne riparlamo nel prosieguo dell'articolo. Dai due restanti terminali dell'interruttore partono due cavi che entrano in uno scatolotto plastico nero, come appare in **Figura 10**: questi altri non è che il contenitore del circuito di *soft start*, circuito che descriveremo nel dettaglio tra qualche rigo. L'implementazione di un circuito di rallentamento della corrente di spunto sul primario del trasformatore è stata necessaria nonostante si utilizzi un trasformatore da soli 300VA, vista l'alta corrente in gioco nell'Evolution full.

Dal *soft start* escono i due fili del primario del trasformatore. I cavi dei secondari, una volta attorcigliati tra loro, si infilano nei faston maschio della PCB: cavo nero con PL7, cavo giallo con PL4 (questi sono i due ground); cavo rosso con PL5 e cavo arancione con PL6 (vedi serigrafia della PCB). Se usate un trasformatore differente dal nostro, accertatevi del corretto collegamento dei secondari. La forza da applicare per infilare i faston è notevole, quindi attenzione a non piegare troppo la scheda che, per la presenza di componenti SMD, potrebbe soffrire di queste contorsioni. Passiamo ai collegamenti di segnale, rammentando che sia gli RCA di ingresso che i terminali d'uscita devono essere elettricamente isolati dal pannello; come potete notare dalle foto, anche nell'Evolution i terminali di uscita sono gli *speaker* a due poli. Le raccomandazioni sono uguali a quelle già fatte nel numero scorso, e cioè: far scorrere i cavi di massa (PL2-3) paralleli tra loro in modo da ridurre la diafonia tra i canali; posizionare gli RCA e i cavi schermati di ingresso (RG174) lontano da parti in cui scorra alta corrente, come i cavi di potenza, di rete, di alimentazione e gli stessi LM3886; utilizzare dei piedini alti al posto di quelli forniti con il GX288, al fine di migliorare il moto convettivo (ottimo ed economico è il tappo della soluzione fisiologica). L'Evolution full terminato è quanto potete osservare nella **Figura 11**.

#### IL CIRCUITO DI SOFT START

Iniziamo con il ricordarvi della pericolosità delle tensioni in gioco, quindi siate consci di dove andate a mettere le mani. Uomo



Figura 11: Vista interna dell'Evolution full completato.

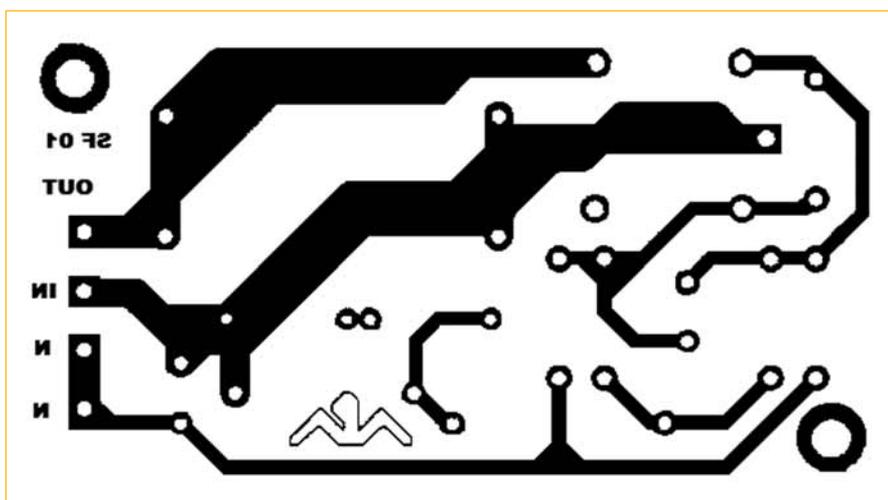


Figura 12: La PCB del circuito di soft start, lato rame. Dimensioni reali: 8 x 4,5 cm.

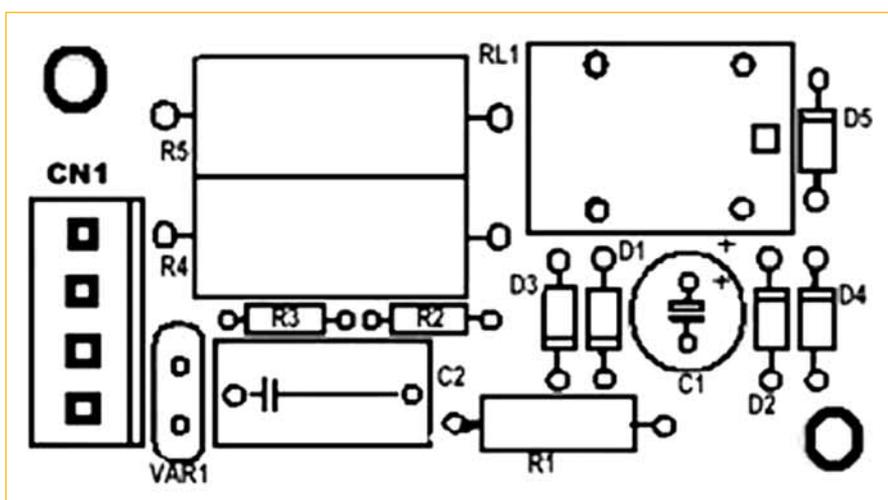


Figura 13: La PCB del circuito di soft start, lato componenti.

## PRATICA

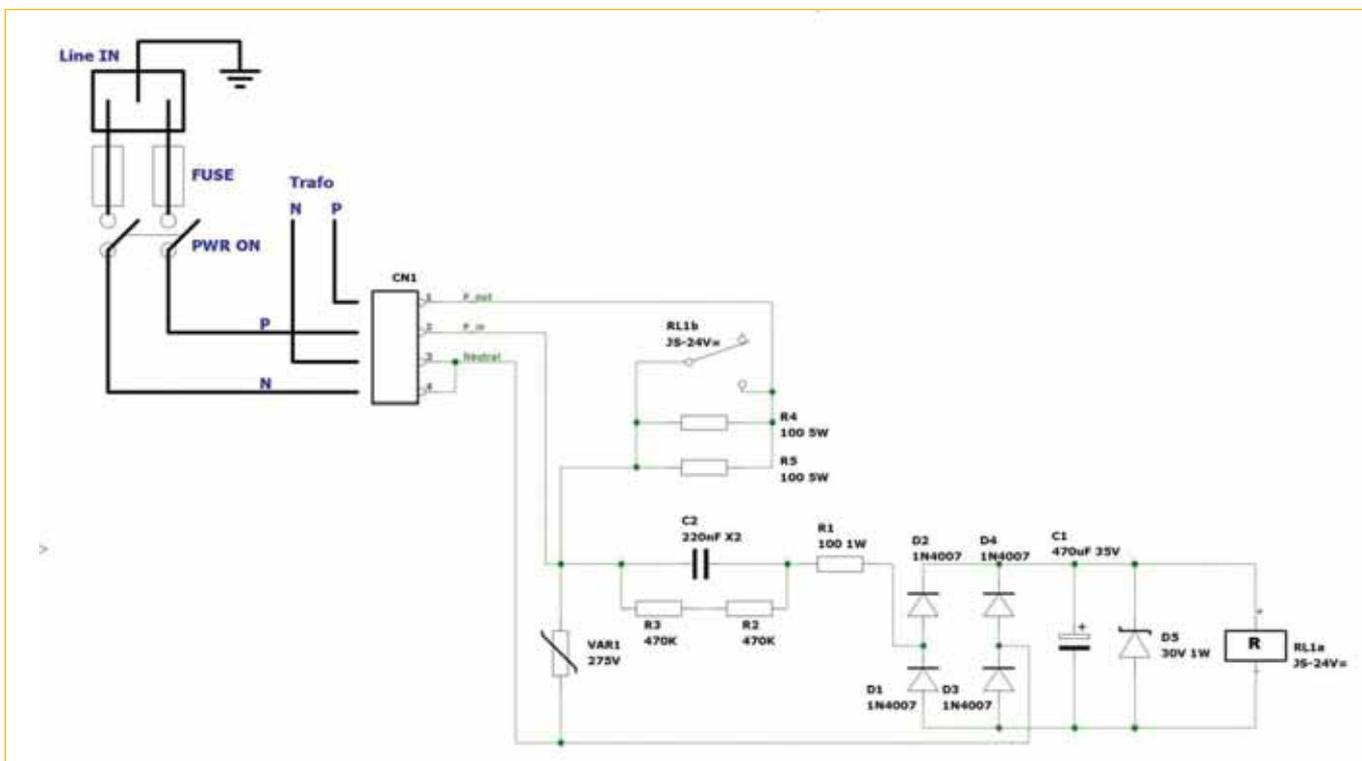


Figura 14: Schema elettrico del circuito di soft start.

### LISTA COMPONENTI

Riferimento	Descrizione	RS-comp. P/N	Distrelec P/N
R1	Res. 100 OHM, 1W, 5%	131-772	712008
R2, R3	Res. 470K OHM, 1/4W, 1%	149-149	711941
R4, R5	Res. 56 OHM, 5W, 5%, a filo		722466
D1, D2, D3, D4	Diodo, 1N4007	628-9546	600099
D5	Diodo Zener 1N4751, 30V, 1W,	812-572	600941
RL1	Relay, 24Vdc, 5A, 250V, JS1-24	171-8796	402526
C1	Cond. Elettr. 470 microF, 35V, diam. 10 mm, Passo 5 mm	628-3920	802595
C2	Cond. Classe X2, 220 nanoF, 250V, Passo 15, 91x182 mm		820743
VAR1	Varistore 275V AC	543-5120	730007
CONN1	Connettore 4 poli	548-7250	
1 Contenitore plastico		381-5186	300733

Tabella 02: Lista componenti per la realizzazione del circuito di soft start.



Figura 15: Vista del soft start assemblato nel contenitore plastico.

avvisato...

Quando si usano trasformatori di alimentazione da 400-500 VA in su, per preservare il ponte di diodi da rotture è buona norma impiegare un circuito di soft start per diminuire lo spunto di accensione. Ne aveva parlato Pierluigi Marzullo su CHF n.100, e ne avevamo discusso insieme anche sul Forum della rivista. Il calcolo per sapere quanti ampere di picco deve essere capace di sopportare il diodo di raddrizzamento è abbastanza semplice, basta applicare la formula  $I_p = V_p / R_t$ . Facciamo un esempio pratico.

Mettiamo il caso di avere un trasformatore da 500VA, con il secondario da 30 Vac (che corrispondono a 42,3 Volt di picco) e una resistenza uguale a 0,12 ohm; il condensatore di filtraggio possiede una ESR di 0,03 ohm a 120 Hz; valutiamo la resistenza



Figura 16: Effetti, nel tempo, degli archi voltaici che si generano tra i contatti di un interruttore.

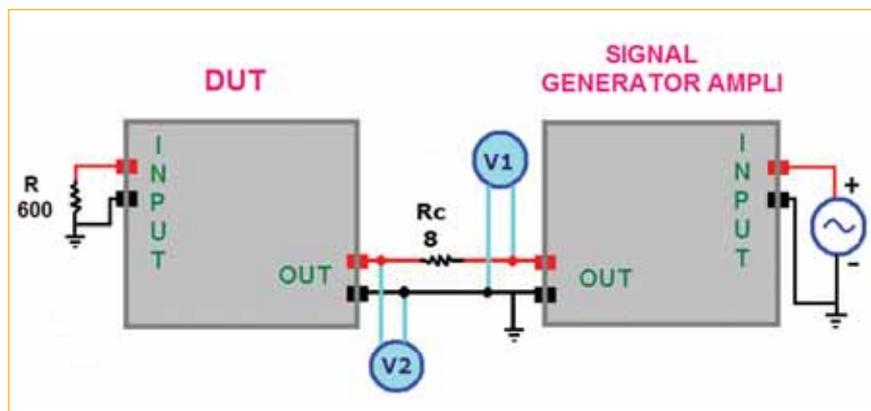


Figura 17: Schema dei collegamenti per la misura del fattore di smorzamento attraverso il metodo dell'iniezione inversa.

dei cablaggi e della pista ramata della PCB in 0,07 ohm. La corrente di spunto è uguale a:  $42,3 / (0,12 + 0,03 + 0,07) = 192$  Ampere. A dirla tutta non si è considerato la resistenza dei diodi stessi, ma facciamo finta di niente e consideriamo il caso peggiore così da avere un ampio margine di sicurezza. Dicevamo che il diodo o il ponte dovrà supportare 192A di spunto ossia avere una  $I_{FSM} = 192A$  o maggiore: questo valore è difficilmente raggiunto dai diodi veloci, mentre è supportato dai ponti di raddrizzamento convenzionali. Tuttavia, bisogna pensare che a soffrire di questi picchi di corrente non sono solo i diodi di raddrizzamento ma anche il trasformatore e i condensatori di filtraggio stessi, per cui è sempre vivamente consigliato impiegare un circuito di soft start quando si superano i 400VA di potenza e in presenza di una capacità di filtraggio alta. Facciamo una carrellata dei possibili circuiti di soft start da realizzare.

Il più semplice prevede l'uso di una resistenza NTC in serie al primario del trasformatore. La resistenza NTC oppone una certa resistenza a freddo (un valore tra 5 e 10 ohm è sufficiente), resistenza che diminuisce all'aumentare della temperatura in base alla corrente che attraversa il componente (effetto Joule). Nella scelta del tipo di NTC da utilizzare bisogna prestare attenzione al valore dichiarato di resistenza al 50% della potenza di targa del componente: detto valore deve essere basso per minimizzare le perdite. Un ricco catalogo di resistenze NTC lo potete trovare presso il produttore Ametherm. I limiti nell'uso

delle NTC sono principalmente due: cambiando la potenza richiesta dall'amplificatore cambia il valore della resistenza, la qual cosa relega ai soli amplificatori in classe A il loro possibile impiego (la resistenza NTC modula la tensione in funzione della corrente assorbita); esiste un tempo di recupero della NTC per passare dalla temperatura d'esercizio e quella ambiente (*thermal time constant*), che in parole povere significa che se spegnete e riaccendete entro circa 60 secondi l'amplificatore, la NTC sarà ancora calda e quindi con bassa resistenza, indi non agirà sul picco di corrente all'accensione. Inoltre non dimenticate che le resistenze NTC possono raggiungere temperature superiori ai 200 gradi centigradi, quindi prestate attenzione a non scottarvi e alla loro dislocazione! Per ovviare a dette restrizioni, si può installare un interruttore (da azionare dopo aver dato corrente al circuito), che bypassi la resistenza NTC: non siamo molto propensi a tale alternativa per una questione di sicurezza.

Un secondo circuito di soft start, idoneo a qualsiasi classe di amplificazione, è quello proposto dall'australiano Rod Elliot, <http://sound.westhost.com/project39.htm>, dal quale è possibile comprare le due PCB necessarie per meno di 40 dollari.

Altro semplice circuito da realizzare è l'offerta dello svedese Per-Anders Sjöström, <http://sjostromaudio.com/joomla>, con il kit SST-01: la PCB a doppia faccia costa circa 13 euro, ma è possibile scaricare il layout per realizzarla in casa, previa piccola donazione. Fatevi comunque un giro su ambo i siti segnalati, che ci sono veramente tanti circuiti interessanti e dei quali è possibile acquistare le PCB.

Ma veniamo al soft start implementato sia nell'Evolution che nell'UcD180 che vedrete nel prossimo CHF: porta la firma di Mauro Penasa, nome che oramai conoscerete già. È molto facile ed economico da costruire, l'unica difficoltà è che dovete farvi la PCB, partendo dal layout visibile nelle Figure 12 e 13; il costo finale si aggira intorno ai 12 euro. Guardate lo schema del circuito in

## AXIOMEDIA

**DISTRIBUTORE ESCLUSIVO  
JANTZEN, TB-SPEAKER, SEAS E AUDAX**

**AXIOMEDIA**  
 Via San Lorenzo 291/E 90146 Palermo  
[www.axiomediamedia.it](http://www.axiomediamedia.it)    [info@axiomediamedia.it](mailto:info@axiomediamedia.it)  
 Cell: 349-3147786    Tel: 091-243441    Fax: 091-6197654

## PRATICA

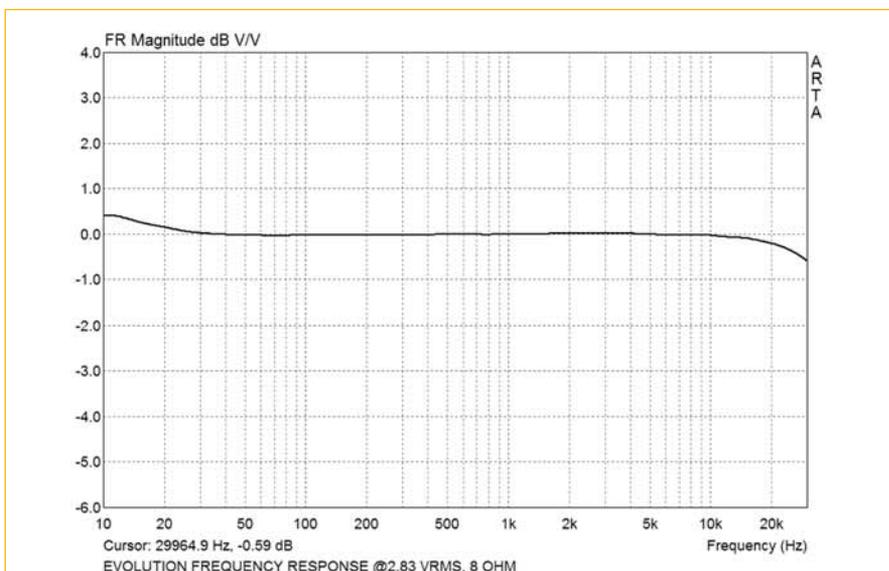


Grafico 02: Risposta in frequenza: 2,83 Vrms, carico di 8 ohm.

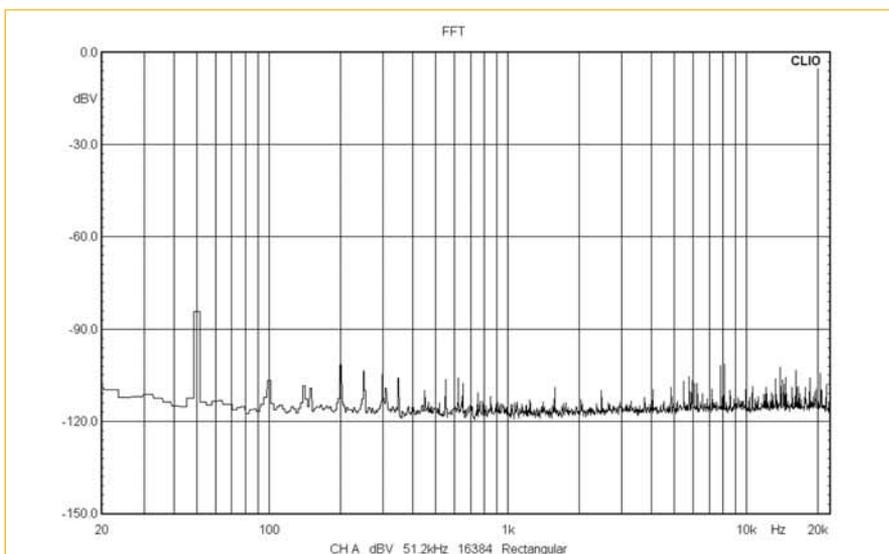


Grafico 03: Livello di rumore, ingresso terminato su 620 ohm.

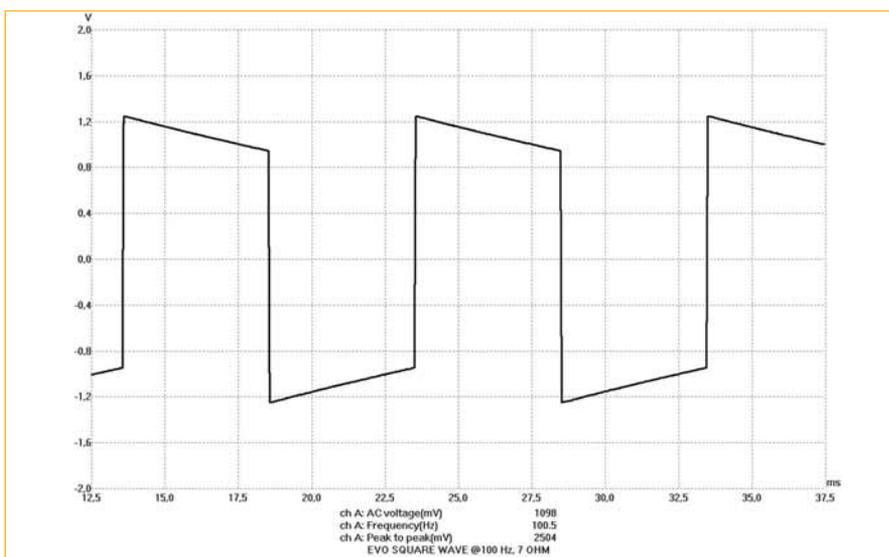


Grafico 04: Risposta all'onda quadra: 100 Hz, 2,5Vpp, carico di 7 ohm.

Figura 14 e notate la disarmante semplicità ma anche la presenza di un varistore (VAR1), componente non molto usato se non nei condizionatori di rete. Il varistore altro non è che una resistenza variabile con la tensione (VDR), il cui principale utilizzo è la protezione dei circuiti da sovratensioni di breve durata, il tutto al costo di pochi centesimi di euro. Un difetto dei varistori è che quando si rompono non lo danno a vedere, quindi risulta difficile sapere se sono ancora buoni o meno soltanto guardandoli; inoltre se sottoposti a forti correnti per lunghi periodi si surriscaldano, e può accadere che prendano fuoco. Per fortuna esiste una soluzione e si chiama TMOV, ovvero un varistore all'ossido metallico con implementato un fusibile termico: quando si sta per raggiungere la temperatura di rottura il TMOV smette di funzionare, e quindi di proteggere dai picchi di tensione, fino a quando la sua temperatura non si abbassa sufficientemente per riprendere a essere operativo. Esiste anche una versione denominata *iTMOV*, la cui particolarità è di avere un terzo reoforo il cui scopo è quello di monitorare la funzionalità del varistore: basta collegargli un LED, tramite un diodo e una resistenza, e il gioco è fatto! Torniamo al circuito di soft start che vi proponiamo. Le due resistenze R4-R5 limitano il picco di corrente all'accensione, e dopo circa un secondo sono bypassate dal relay: praticamente è la versione automatizzata della resistenza NTC con interruttore di bypass che avevamo visto in precedenza. Il valore di queste resistenze è di 100 ohm se adoperiamo un trasformatore da 300-400VA, valore che scende fino a 47 ohm in presenza di un trasformatore da 500VA o di condensatori elettrolitici di filtraggio di notevole capacità.

Badate bene che il circuito non dispone di alcun isolamento galvanico dalla tensione di rete, indi DEVE essere alloggiato in un contenitore plastico; inoltre DEVE essere collegato dopo il fusibile e l'interruttore di alimentazione dell'apparecchio che lo utilizzerà, come si evince dallo schema. La Figura 15 mostra il circuito di soft start incollato nel contenitore plastico (manca il coperchio superiore, a scampo di equivoci); notate i 4 fori per il passaggio dei cavi. Per rendervi la vita più facile, nella Tabella 02 incontrate i codici prodotto, dei soliti fornitori, per realizzare il circuito di soft start di Mauro. Continuiamo la parentesi aperta per parlare delle saette (non quelle di Giove).

### IL CONDENSATORE SPENGI ARCO

Un componente spesso trascurato è l'interruttore di accensione degli apparecchi audio, il cui ruolo è tanto banale che oramai

lo si guarda solo da un punto di vista estetico. Tuttavia, il classico switch è formato da due contatti che si chiudono o meno a seconda delle nostre necessità: ed è proprio durante questa fase di apertura e chiusura del circuito elettrico che si evidenzia il fenomeno dell'arco voltaico tra i contatti, fenomeno dovuto alla ionizzazione dell'aria. Il risultato di queste scariche elettriche è un deterioramento fisico dei contatti dell'interruttore, contatti che in alcuni casi possono addirittura saldarsi. Un tipico esempio di quello che succede lo potete notare in **Figura 16**, dove abbiamo smontato e fotografato i contatti di un comune interruttore dopo un anno di uso: notate lo strato carbonioso e le asperità che si sono create. Appare palese che utilizzando un simile interruttore si va incontro a problemi di alimentazione e, di conseguenza, di prestazioni sonore nella nostra catena audio. Una soluzione elementare al problema consiste nel lasciare sempre accesi gli apparecchi, ma la cosa ha delle ripercussioni negative sia sulla bolletta dell'Enel che sulla vita utile dei componenti, senza voler tirar in ballo il riscaldamento globale. La nostra proposta antiarco è molto semplice e poco dispendiosa: un condensatore da 10 nano Farad, classe X2, in parallelo ai contatti di ciascun polo dell'interruttore (**non tra i poli**); nel nostro caso essendo lo switch utilizzato del tipo bipolare, abbiamo impiegato due condensatori incollati direttamente sull'interruttore (**Figura 9**). Sebbene esistano in commercio dei dispositivi specifici spegni arco, che altro non sono che una rete RC serie, il loro costo è alto ma nessuno vi vieta di utilizzarli, se lo preferite. La nostra esperienza ci dice che con l'economico condensatore classe X2 abbiamo risolto i nostri problemi di "saette" tra i contatti. Riprendiamo in mano l'Evolution oramai completo: siamo pronti per la sua prima accensione!

#### CHECK UP E PRIMA ACCENSIONE

Prima di dare corrente a qualsiasi apparecchio autocostruito è sempre buona norma fare un controllo visivo, dato che errare è umano; inoltre consigliamo sempre di non avere fretta nel voler spingere il dito sull'interruttore del nuovo nato, specialmente se è notte fonda e la materia cerebrale non è nel massimo delle sue funzioni.

Con il tester acceso, e la spina dei 220 Vac staccata dal muro, verificate che ci sia corto circuito tra il telaio e: i dissipatori, la terra della presa IEC. Tra il contenitore e PL4-7 dovete leggere il valore di 47 ohm, cioè la resistenza R81; tra telaio e collare RCA dovete rilevare 48 ohm (R81+R4 o R80);

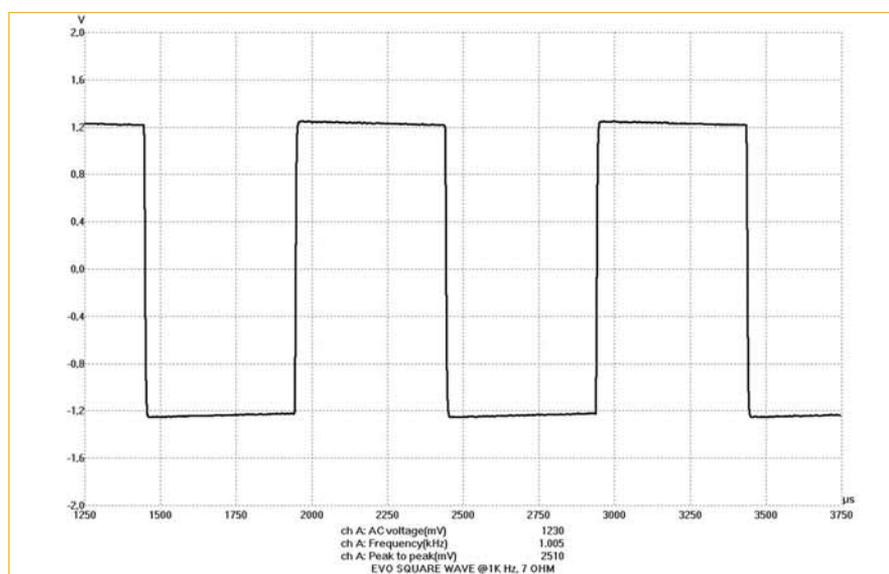


Grafico 05: Risposta all'onda quadra: 1.000 Hz, 2,5Vpp, carico di 7 ohm.

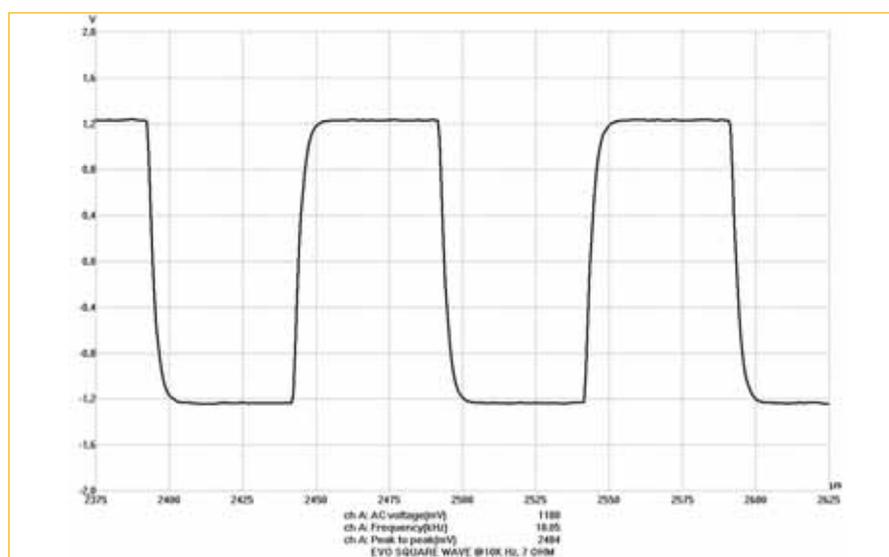


Grafico 06: Risposta all'onda quadra: 10K Hz, 2,5Vpp, carico di 7 ohm.

tra i due collari degli RCA il valore da misurare è 2 ohm, ovvero R4+R80.

Siamo pronti per la prima accensione con il coperchio superiore del GX288 ben avvitato per proteggerci da eventuali malfunzionamenti: pochi secondi bastano per capire se ci siano surriscaldamenti anomali. Dovrete sentire chiudersi i contatti del relay dello soft start prima, e immediatamente dopo quelli dei relay montati sulla piastra Evolution. La seconda prova consiste nel lasciare l'amplificatore acceso per un minuto, dopodichè staccate la spina di rete e controllate che non ci siano componenti surriscaldati. Superato questo test, ridate corrente e misurate quanti millivolt ci sono fra i terminali di uscita di ciascun canale dell'amplificatore: questo è l'offset in continua, e non deve superare i 20 mVdc con l'ingresso chiuso su 600 ohm. La prossima

mossa prevede di collegare degli altoparlanti da laboratorio e far suonare l'Evolution, controllando la temperatura dei pannelli laterali del contenitore. Due settimane di rodaggio sono quanto suggerisce il progettista per questo finale di potenza.

#### MISURAZIONI EVOLUTION FULL

Il setup di rilevamento è lo stesso utilizzato in precedenza con il My\_Ref, vale a dire: il laboratorio trasportabile di Valerio Russo (il RusVaLab mobile con il SuperJIG), la scheda audio M-Audio FW410 e il software Arta 1.3, la Clio 6, l'oscilloscopio Picotech 212/3. Vediamone i risultati.

Dopo 15 minuti di riscaldamento, con gli ingressi terminati tramite una resistenza da 620 ohm, abbiamo misurato l'offset in corrente continua, ottenendo sul canale destro 7,4 mV e 9,5 mV sul sinistro: valori ben

## PRATICA

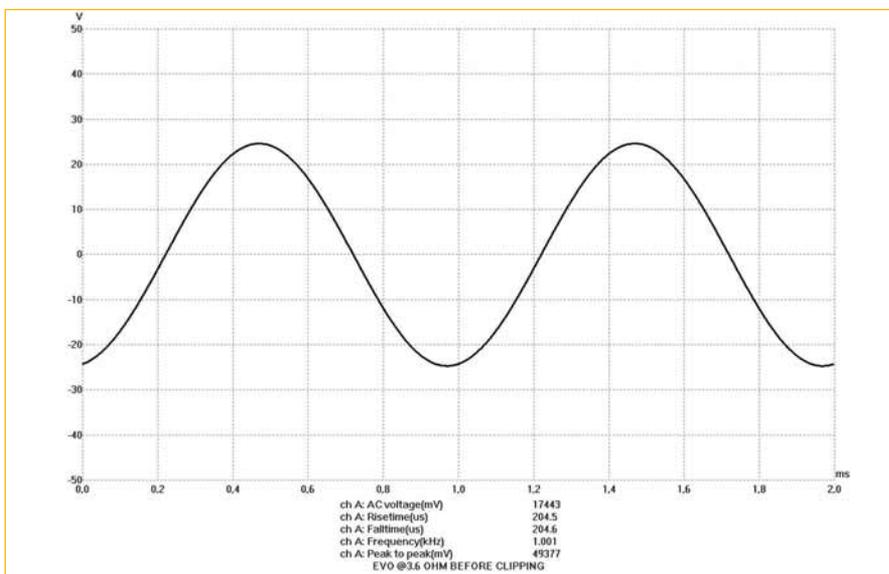


Grafico 07: Risposta sinusoidale prima del clipping: 1.000 Hz, 49,4Vpp, carico di 3,6 ohm.

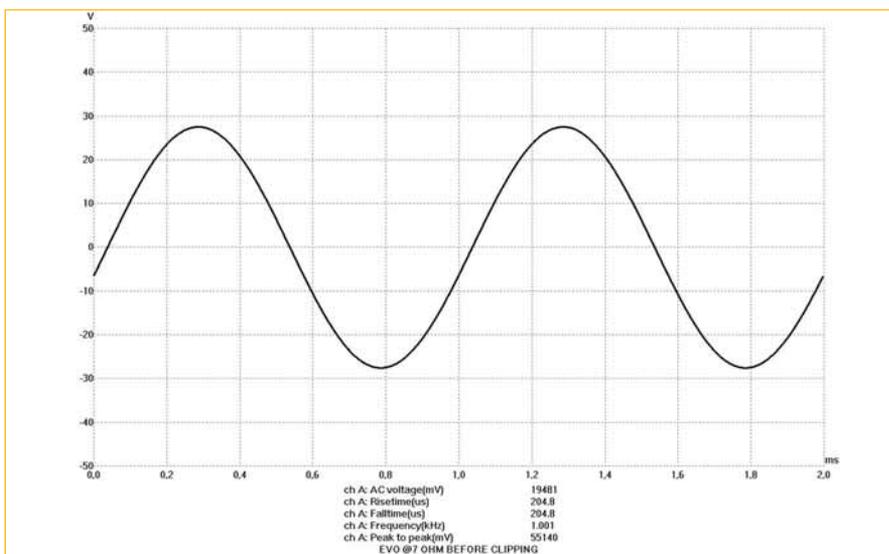


Grafico 08: Risposta sinusoidale prima del clipping: 1.000 Hz, 55,1Vpp, carico di 7 ohm.

dentro le specifiche. L'impedenza d'ingresso, definita a 1.000 Hz, risulta uguale a 103.900 ohm, mentre quella di uscita misura 0,024 ohm su di un carico di 8,4 ohm (che corrisponde a un fattore di smorzamento di 350). La risposta in frequenza è visibile nel **Grafico 02**, che ci mostra una deviazione limitata entro 0,59 dB da 10 a 30k Hz. Il rumore residuo dell'Evo (**Grafico 03**) è quasi al limite delle capacità della Clio, e si attesta ben al di sotto dei -100 dBV: la risonanza a 50 Hz e le sue armoniche sono artefatti della catena di misurazione. I **Grafici 04, 05 e 06** rappresentano la risposta all'onda quadra su carico di 7 ohm a 100-1.000-10.000 Hz rispettivamente, e non si notano *ringing* o altri problemi di sorta. La sinusoide a 1k Hz del **Grafico 07** esibisce cosa succede prima del clipping con un carico di 3,6

ohm: ai 17,4 Vrms misurati corrisponde una potenza di 84 Watt. Sostituendo il carico con uno di 7 ohm raggiungiamo 19,5 Vrms, ossia 54W come denuncia il **Grafico 08**, con una THD dello 0,02%. Sofferamoci un attimo sulla determinazione dell'impedenza d'uscita: visti i bassi valori in gioco, la procedura di rilevazione classica non è particolarmente adatta. Questa prevede che si applichi all'ingresso del DUT (Device Under Test) un tono sinusoidale, a un livello tale da non portare l'amplificatore vicino alla saturazione, e si misura con il tester la tensione alternata in uscita senza carico, tensione che chiameremo **V1**. Di seguito si collega un carico di 8 Ohm (**Rc**) e si misura nuovamente la tensione di uscita, che chiameremo **V2**. Applicando la formula  $R_{out} = R_c * (V1 - V2) / V2$  otterremo l'impedenza

di uscita dell'amplificatore a quella frequenza e per quel carico. Se per esempio siamo in presenza di una  $R_{out}$  di 0,02 ohm su 8 Ohm, la differenza  $V1 - V2$  sarà una cifra con tre decimali: ci vuole un voltmetro con la V maiuscola per riuscire a leggere con precisione questo valore. Per fortuna arriva in nostro aiuto il metodo dell'iniezione inversa (reverse driven), metodo da alcuni anni usato dai progettisti audio per la determinazione del fattore di smorzamento e non solo. Con questa tecnica l'ingresso dell'amplificatore viene chiuso su 600 ohm, mentre un generatore esterno inietta il segnale amplificato nell'uscita del DUT, come visibile in **Figura 17**. In pratica si può usare un canale dello stesso amplificatore (se non connesso a ponte) come ampli-generatore, e l'altro canale come DUT. Si misura il voltaggio in alternata prima (**V1**) e dopo la resistenza (**V2**) di carico da 8 Ohm (**Rc**), e si calcola il damping factor dalla formula  $DF = V1 / V2$ . Modificando la frequenza del generatore potete sapere l'andamento del fattore di smorzamento in funzione della frequenza avendo cura, però, di mantenere costante la  $V1$  al variare della frequenza iniettata. L'impedenza di uscita del DUT è data dalla formula  $R_{out} = R_c / DF$ .

## CONCLUSIONI

La seconda puntata della serie "il trio solido" ha descritto un amplificatore finale *made in Italy* che prosegue il discorso ideologico iniziato con il My\_Ref, quest'ultimo trattato nella precedente puntata. Il costo per realizzare l'Evo Full è stato di circa 380,00 euro, mentre per la versione base si scende a 320,00 euro, principalmente grazie al dimezzamento del numero di condensatori di filtro, degli integrati di potenza e dei diodi di rettificazione necessari. Siamo al cospetto di un amplificatore di grande valore, che ha esibito risultati strumentali al di sopra di ogni sospetto e, piccola anticipazione, un suono dettagliatissimo. L'unica nota dolente è la chiusura del progetto Evolution da parte del progettista e quindi l'indisponibilità di PCB o kit: crediamo fermamente nelle qualità di questo finale, e siamo speranzosi che in un prossimo futuro Mauro Penasa voglia tornare sui suoi passi e fornire la possibilità ad altri appassionati di costruire questo grande amplificatore.

Nella terza e ultima parte della triade, parleremo del finale in classe D della Hypex e descriveremo le nostre impressioni d'ascolto delle tre proposte; nell'attesa potete contattarmi all'indirizzo di posta elettronica [cnegro@costruirehifi.net](mailto:cnegro@costruirehifi.net).