

SP-LIFE... tre anni dopo

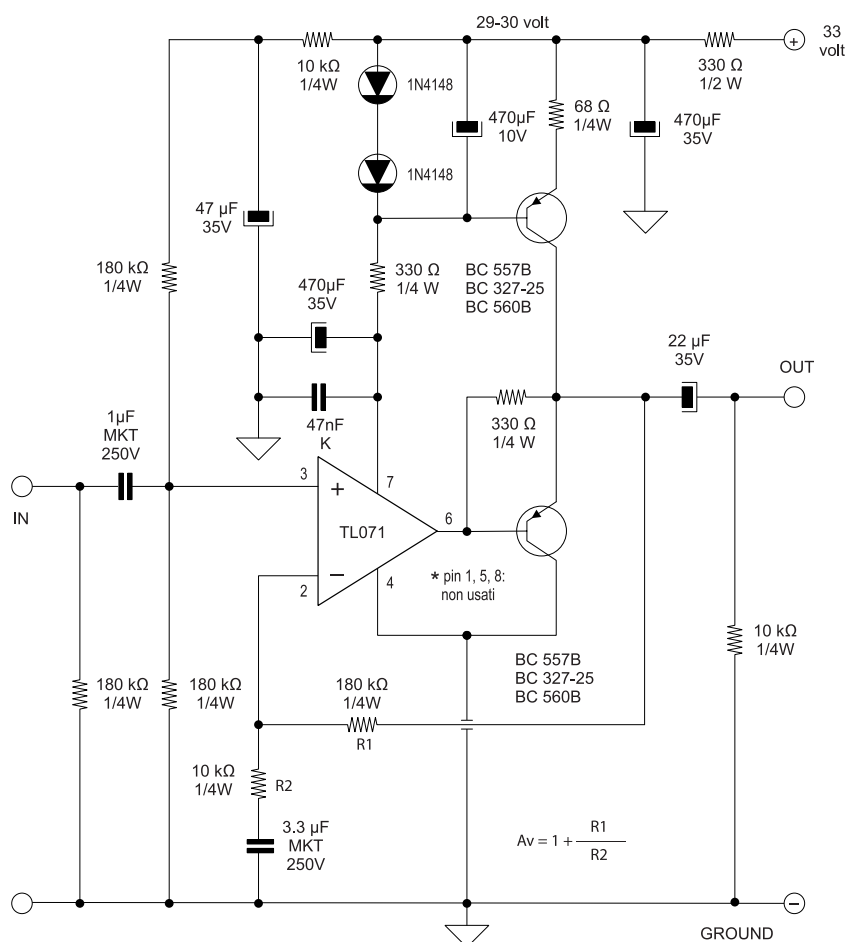
SP-LIFE è un preamplificatore di linea basato su TL071 che, nato nel novembre 2010 da una discussione all'interno del forum di «Costruire Hi-Fi» come soluzione dei problemi di un suo utente (Simone Biserni, aka «op-amp»), venne poi pubblicato nel numero 141 della rivista, uscito nel gennaio 2011.

Quel preamplificatore, che quando lo progettai a tutto pensavo tranne che potesse diventare un «figlio famoso» (dopotutto, mi dicevo, sono un paio di operazionali che, in due, non fanno neppure il costo di un cappuccino con brioche... chi vuoi che se lo fili...), è invece divenuto, tra i forumisti di CHF, discretamente popolare, probabilmente anche per il fatto che, sia nella discussione avutasi nel forum sia nell'incorniciato tecnico che fu pubblicato sul n. 141 della rivista, delle sue scelte progettuali e tecniche era stato spiegato tutto quel che c'era da spiegare, lasciando nel limbo che si meritano tutte le pretese «audio-esoteriche» che solitamente vengono accampate per esaltare circuiti altrimenti comunissimi.

I concetti di base impiegati nell'ideazione di questo pre sono poi stati ripresi per intero per il progetto prima del finale per cuffia, uscito sempre su «Costruire Hi-Fi» nell'agosto del 2011, e poi del JLH2012 proposto nel mio blog «elettronica audio», il quale, benché fosse praticamente finito fin dal marzo 2013, è rimasto a prender polvere fino al 6 gennaio scorso quando l'ho finalmente potuto alimentare e provare — solo un canale a causa dei limiti del trasformatore in mio possesso, ma con risultati semplicemente strepitosi.

Tali concetti, pur non essendo niente di nuovo (anzi...), credo siano però validi quel tanto che basta a meritare lo sforzo di divulgarli un po'.

Il preamplificatore



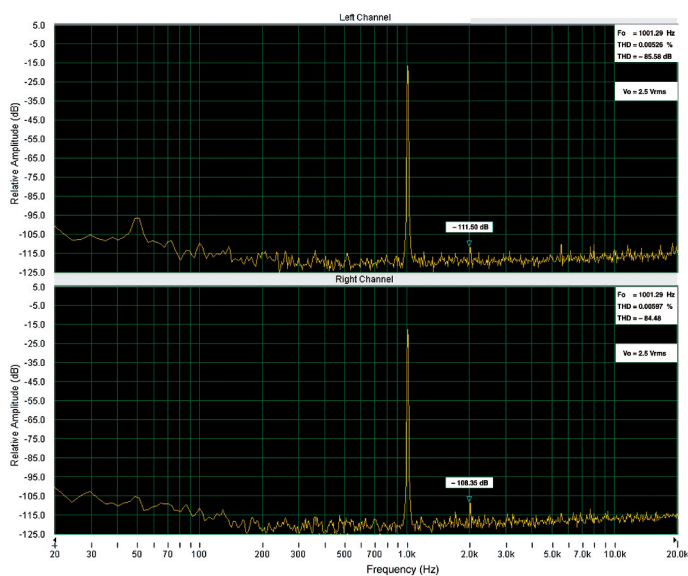
Il circuito dell'SP-LIFE, composto da due preamplificatori di linea e da un alimentatore in comune, è la fusione di diversi approcci maturati nel corso di vari anni allo scopo di affrontare i problemi di un preamplificatore di linea in maniera semplice, economica ma allo stesso tempo non completamente scontata né banale. E ciò sia per quanto riguarda il preamplificatore sia per quanto riguarda la sua alimentazione, un aspetto a cui tengo in modo particolare.

La scelta del TL071 come "cuore" circuitale è dovuta anzitutto al suo essere semplice, stabile, con prestazioni più che rispettabili e, buon ultimo, decisamente economico.

Schema della parte preamplificatrice (un canale) di SP-LIFE — Rispetto a quanto presentato a suo tempo su Costruire Hi-Fi sono stati apportati alcuni ritocchi ai valori dei componenti sia per diminuirne l'assorbimento a riposo (che rimane comunque sufficiente a garantire la piena pilotabilità di qualunque carico dai 500 ohm in poi), sia per renderlo un "vero" pre di linea con un guadagno idoneo ($A_v = 19$ ovvero 25 dB) a rendere pilotabile qualunque finale anche da un tuner standard ($V_o = 150$ mV).

Per quanto riguarda il preamplificatore vero e proprio, il principale contributo circuitale da me apportato rispetto a quanto solitamente proposto in questi casi è stato quello di neutralizzare dinamicamente lo stadio di uscita del TL071, obbligandolo a lavorare a corrente costante, e di sostituirlo con uno stadio di uscita lavorante in classe A, a sua volta caricato da un generatore di corrente che ne riducesse ai minimi termini le sue distorsioni intrinseche.

Su questo punto le prove "caserecce" (ma oneste!) effettuate da *Fernando Micelli* su un esemplare costruito da un forumista di CHF (*Andrea Coltella*, aka «*AndreaC*») e riportate qui sotto, parlano da sole: le sole distorsioni rimaste sono in effetti quelle del solo stadio d'ingresso del TL071, cioè la parte circuitale meno manipolabile dall'esterno di questo tipo di operazionale,



Le tre schermate postate da *Fernando Micelli* sul forum di *Costruire Hi-Fi* corrispondono ad altrettante sedute di misura effettuate sull'esemplare di *SP-Life* montato da *Andrea Coltella* (aka «*AndreaC*»).

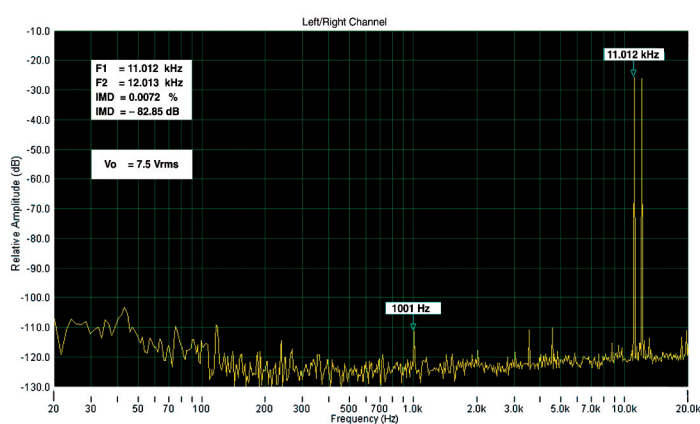
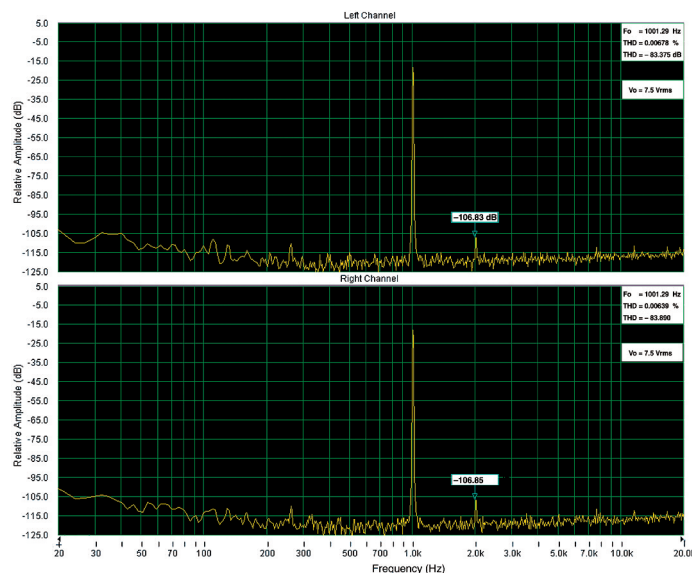
In termini numerici assoluti non siamo in presenza di valori "eccezionali" di distorsione, pur rimanendo sempre al di sotto dello 0.01 % (-80 dB) praticamente a qualsiasi livello di uscita prima della saturazione (circa 11-12 volt di picco su carichi minimi di 1 k Ω).

Notevoli sono invece la pulizia del tappeto di fondo che è di fatto costituito dal solo rumore intrinseco dello stadio di ingresso dell'operazionale, il quale contribuisce in maniera pressoché esclusiva alla composizione spettrale della distorsione sia armonica che di intermodulazione.

Le prestazioni sopra illustrate, sebbene in parte dovute anche ad una certa dose di fortuna (un ingrediente assolutamente indispensabile nell'armamentario di un hobbista!) è però in misura ancora maggiore il frutto di alcune scelte di fondo maturate nel tempo tra cui, per importanza, spicca il dare priorità non tanto al "con cosa" si suona, al giorno d'oggi (salvo utilizzo di circuiti e soluzioni da museo...) praticamente al

come anche dei suoi equivalenti con ingresso a bipolari (JRC4558 e analoghi giapponesi).

Sono prestazioni già piuttosto buone e assai lusinghiere considerando la natura hobbistica del progetto ma diventano sbalorditive se vengono confrontate con le prestazioni del TL071 "crudo" così come sono state rilevate, sotto carico, da Samuel Gröner nella sua notevolissima monografia *Operational Amplifier Distortion* — http://www.sg-acoustics.ch/analogue_audio/ic_opamps/pdf/opamp_distortion.pdf pp. 402-406 — ove a fronte di una limpida linearità in assenza di carico (superiore a quella del nostro circuito, che dopotutto deve fare i conti con uno stadio in più), fa riscontro un crollo catastrofico di prestazioni sotto carico, interamente dovuto ai limiti intrinseci di linearità dello stadio di uscita interno al TL071, proprio quello che nel nostro circuito è stato "silenziato".



di sopra di ogni sospetto e ormai di livello qualitativo largamente eccedente le necessità dell'alta fedeltà, ma piuttosto al "che cosa" si suona, campo in cui spesso molto viene dato per scontato senza esserlo (o senza averlo verificato).

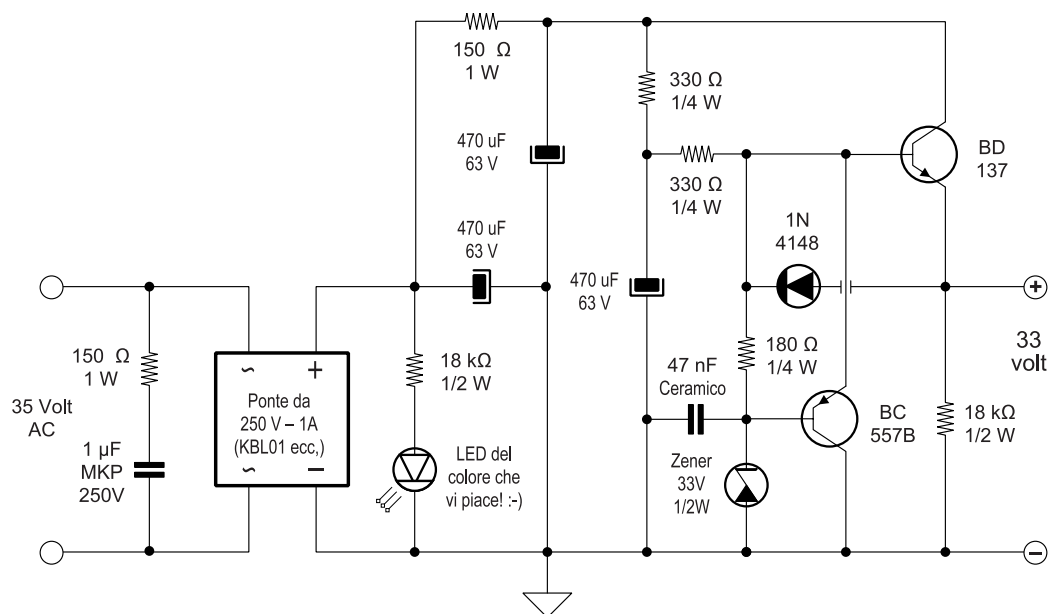
Per il mio modo di vedere infatti la domanda chiave a cui occorre dare una risposta non ambigua è: siamo davvero sicuri di stare amplificando, oltre al rumore bianco, SOLO il segnale desi-

derato? La risposta che mi sono implicitamente dato è stata che, almeno per quanto riguarda il contributo spurio che può venire dalle alimentazioni di un circuito, la sicurezza offerta sia decisamente insufficiente non solo e non tanto per i limiti posti dalla fisica ma anche per un'attenzione non di rado carente da parte di progettisti e costruttori che, spesso e volentieri, nascondono sotto vari aggettivi ("trascurabile", "non udibile"

e compagnia cantante) problemi che più di quanto si possa immaginare, non vogliono affrontare e risolvere per non intaccare il loro margine di profitto (che verrebbe "compromesso" non tanto dall'uso di migliori componenti ma dal pagare il dovuto a ingegneri migliori...).

Nel mio piccolo e con i miei limiti ho provato a metterci una buona toppa che, al momento del dunque, reggesse il meglio possibile. Vediamola.

L'alimentatore



L'alimentatore di SP-LIFE, unico per entrambi i canali. Pur essendo piuttosto semplice, consente di ridurre il ripple presente sul primo condensatore di livellamento (che come gli altri è stato scelto **VOLUTAMENTE** di valore "modesto") di oltre 75 dB all'uscita — in termini assoluti da circa 550 mV pV picco-picco a circa 90 μV picco-picco — con una corrente assorbita dai due canali stimata prudenzialmente in 30 mA totali ma in realtà sensibilmente inferiore).

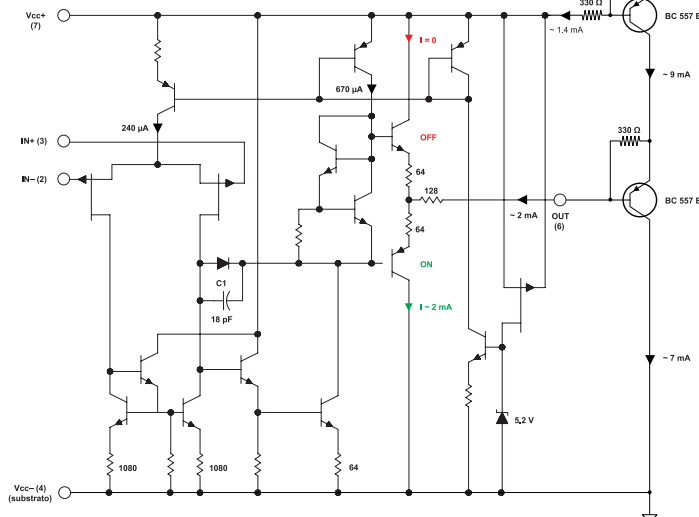
L'alimentatore regge cali di tensione del 10%; se nella vostra zona i cali sono maggiori i condensatori da 470 μF andranno portati a 1000 μF e lo zener andrà ribassato a 30 volt o anche 27 volt.

La caratteristica per me più importante dell'alimentazione di SP-LIFE è quasi sicuramente anche quella che si fa notare di meno: l'essere a tensione singola anziché duale. La sua scelta non dipende da mie simpatie/antipatie per l'uno o l'altro tipo di alimentazione ma piuttosto dal dato di fatto che, salvo eccezioni per lo più a discreti, la maggioranza degli amplificatori operazionali, come anche audio in genere, ha rispetto alle linee di alimentazione non solo una struttura asimmetrica che li isola meglio dai disturbi di una piuttosto che dell'altra linea ma, proprio per questo, anche delle preferenze (in caso di alimentazione singola) circa il lato che è meglio ancorare a massa piuttosto che all'alimentatore — che a sua volta andrà scelto di conseguenza tenendo conto che, proprio perché l'elettrodo connesso a massa **NON** necessita di avere nessuna reiezione ai disturbi di alimentazione (SVR), ad essa andrà connesso sempre il lato più "debole" del circuito, cioè quasi sempre il negativo.

Il TL071 è tra questi e "preferisce" la massa connessa al negativo (piedino 4 substrato) in quanto, rispetto alla SVR, questo è il suo lato più debole, mentre il lato positivo, essendo isolato dal circuit-

to dalla stringa di generatori di corrente che lo polarizzano, è da questo punto di vista intrinsecamente più protetto pur con la presenza di una parziale "falla" costituita dal transistor NPN dello stadio di uscita (si veda l'illustrazione sottostante).

SP-LIFE comprensivo della parte interna al TL071. L'esistenza di una rete resistiva di protezione sull'uscita impedisce di usare il solo BC557B superiore connesso al PNP di uscita interno, come sarebbe stato altrimenti possibile ad esempio con un LM833, ottimo quanto ingiustamente poco famoso sostituto del NE5532 (purtroppo non adatto al circuito qui proposto).

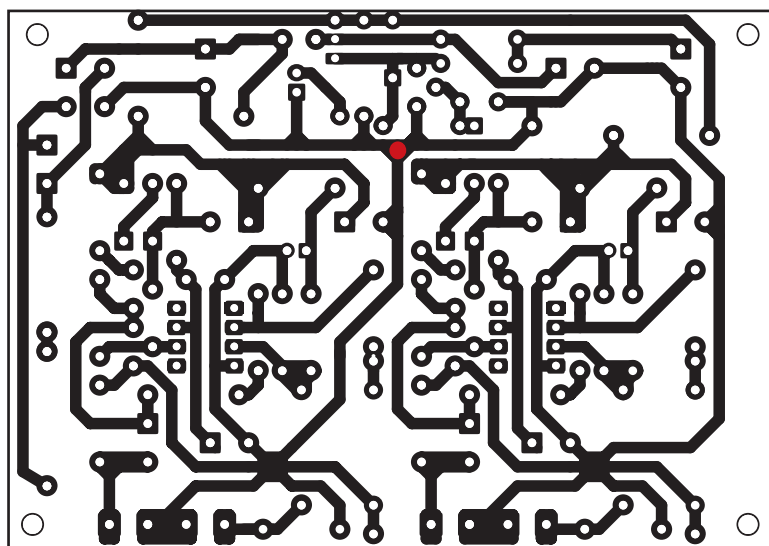
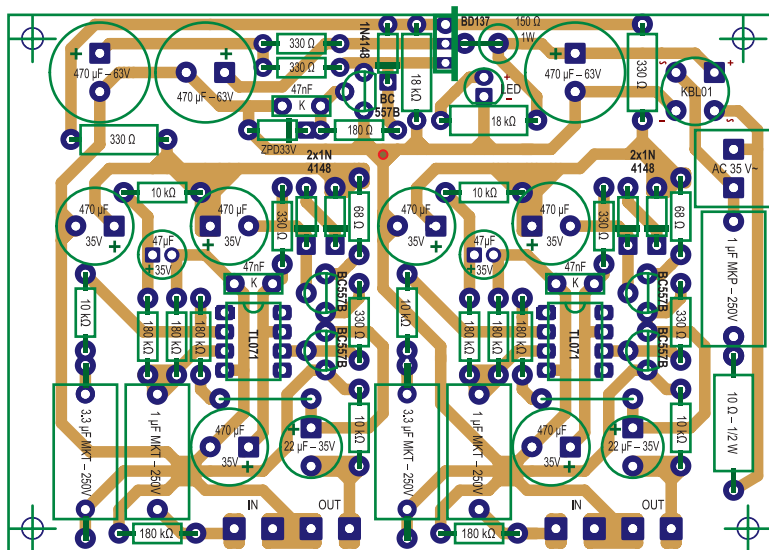


L'alimentatore, salvo l'uso di un BC557 allo scopo di abbassare l'impedenza dinamica dello zener, non ha altre particolarità circuitalmente rilevanti; la sua concezione "vecchia scuola" è volta soprattutto ad evitare l'utilizzo di stabilizzatori integrati di vario genere; pur ritenendo siano insostituibili quando occorra essere assolutamente certi della costanza della tensione di alimentazione, non mi attirano un granché quando si tratti di alimentare circuiti audio dove, più che la precisione della tensione di alimentazione, conta la buona qualità del filtraggio e soprattutto il non darla per scontata come quasi sempre si tende a fare allorché si utilizza uno stabilizzatore integrato: la maggior parte dei problemi timbrici dei circuiti audio, quando non derivino da una progettazione pacificamente scadente, vengono soprattutto dall'inconscio presupposto di potersi "risparmiare" di affrontare i problemi

sulla base del presupposto che "ci hanno già pensato gli altri" o che sono già stati risolti a priori da qualcos'altro (lo stabilizzatore qui, la retroazione negli amplificatori ecc.), dimenticando un aspetto fondamentale della progettazione e cioè che essa è SEMPRE un compromesso tra esigenze divergenti tra loro e che, prima di farci andar bene qualcosa di "già pensato" occorre esser sicuri che i compromessi che sono andati bene al progettista che "ci ha già pensato" vadano poi bene anche per noi.

Vedi l'esempio del BC557 di questo alimentatore: per un progettista di cinquant'anni fa, che l'avrebbe pagato fior di soldi, sarebbe stato uno spreco irresponsabile; per noi che ormai li troviamo a un tot al chilo, della "responsabilità" su questi costi non ce ne può fregar di meno: costa più il caffè che si paga al progettista per farlo lavorare bene che non il transistor che si risparmia.

Circuito stampato e qualche dettaglio pratico



A lato è visibile, con misure al naturale, la traccia del circuito stampato di SP-LIFE (*), comprensivo dei due canali e dell'alimentatore – fuori dal layout dello stampato restano solo il trasformatore di alimentazione, le boccole di ingresso e uscita e, se lo si desidera, l'eventuale controllo di volume da porre all'ingresso del circuito (**).

Il montaggio "ideale" dell'intero pre in un contenitore possibilmente di alluminio dovrebbe vedere su un lato montate le prese di ingresso e uscita e un eventuale controllo di volume mentre dalla parte opposta dovrebbe vedere il trasformatore, l'interruttore di accensione, il portafusibile e l'uscita del cavo di alimentazione.

Le connessioni di segnale vanno fatte con cavetto schermato sia per l'ingresso che per l'uscita. IN NESSUN CASO il contenitore va usato come massa di segnale: esso dovrà invece essere connesso con uno spezzone di filo al punto contrassegnato in ROSSO sulla traccia dello stampato (su cui, a questo scopo, andrà eventualmente aggiunto un foro).

Sia le boccole di ingresso e uscita del segnale sia il trasformatore di alimentazione vanno montati ISOLATI dal contenitore in modo da evitare anelli di massa e di iniezione di disturbi da parte del campo disperso del trasformatore.

Infine la scelta del trasformatore: esso dovrà essere un 40 VA in grado di fornire sul secondario 35 volt AC con un ampere di assorbimento in modo da evitare cadute di tensione dovute alla ricarica periodica dei condensatori.

Il trasformatore dovrà essere di tipo toroidale o almeno schermato contro i flussi dispersi (meglio ancora, se ve lo potete permettere, toroidale e schermato da opportuno contenitore). Questo perché, in questo circuito, è l'unica reale (e ahimè inevitabile) possibile fonte di disturbi e contaminazioni da tenere "al guinzaglio".

Infine il trasformatore dovrà essere di tipo ad alto isolamento in modo da evitare l'altrimenti necessario collegamento di sicurezza tra il contenitore metallico e l'impianto di terra di casa che, purtroppo, rischia in questo caso di trasformarsi in una ulteriore fonte di contaminazione in più (per lo stesso motivo va evitato l'uso di filtri di rete che oltretutto qui sono assolutamente superflui in quanto essi non servono a proteggere i circuiti dalle interferenze di rete ma piuttosto

al contrario e cioè a impedire ad alcuni circuiti — in primo luogo gli alimentatori a commutazione — di inquinare la rete elettrica con i loro disturbi, andando a rompere l'anima a tutto quanto vi è collegato).

() Preziosissimo contributo da parte di Roberto Vanni (aka «Virus») del forum di CHF, a cui vanno sia i miei vivi ringraziamenti sia la mia sincera ammirazione per la splendida sensibilità grafica che dimostra come sbrogliatore di questa come di altre tracce di stampato elaborate durante la discussione di vari progetti più o meno collettivi tra i frequentatori del forum.*

*(**) Nel caso si desideri inserire in circuito un potenziometro di volume vi sono almeno due strade percorribili; la più semplice, quella originariamente prevista nell'articolo di CHF, è quella di avvalersi, se ne ha, dei controlli di livello posti agli ingressi del (o dei) finali, lasciando immutato il circuito.*

Quella invece un filo più "smanettona" ma allo stesso tempo di valore più generale, prevede, per un potenziometro di ingresso da 22 k Ω , il portare le tre resistenze che fanno parte del circuito di ingresso del pre da 180 k Ω a 680 k Ω . Il condensatore di accoppiamento da 1 μ F può rimanere invariato, a condizione che all'accensione e allo spegnimento ci si ricordi sempre di portarlo a zero, altrimenti è meglio dimezzarne il valore portandolo a 0,47 μ F (470 nF).

Peraltro, come emerso a suo tempo nella discussione sul forum di CHF, l'alimentazione singola comporta un piccolo scotto da pagare e cioè il fare attenzione ad accendere il pre PRIMA dei finali e a spegnerlo sempre DOPO di essi, pena l'inviare ai diffusori dei transitori di accensione ("bump!") piuttosto fastidiosi.

Conclusioni e ringraziamenti

Siamo arrivati alla fine di questo opuscolo su SP-LIFE e dove è andato a finire tre anni dopo. Tutto quel che vi era da dire sul piano tecnico credo sia stato detto a sufficienza; rimane ancora in sospeso da dire qualcosa sul piano, se mi è permesso esprimermi in questi termini, "ideologico" e "politico".

Essendo uno che in vita sua, anzichè nuotare nei metalli preziosi si è dovuto "limitare" a nuotare nella più banale acqua, al mare o più spesso in piscina, ho sempre trovato piuttosto indisponente il gioco al continuo spendere di più — e soprattutto inutilmente di più — per cose che, con un minimo di raziocino, buona volontà e un tutto sommato contenuto consumo di neuroni dedicato allo studio (che non è certo quello richiesto ad uno studente di ingegneria pur richiedendo un minimo di competenze per comprendere ciò di cui si parla), può essere ottenuto a prezzi decisamente più vantaggiosi.

SP-LIFE è a suo modo proprio un piccolo manifesto su dove possa portare un GIUSTO grado di insofferenza verso quello che, in buona sostanza, non è altro che snobismo mascherato, a tutto vantaggio del godersi sperticamente la vita alla faccia di chi, a furia di rincorrere lo status per lo status (soprattutto quello che NON ci si può davvero permettere), è rimasto poi a piedi.

Infine, infine... qualche ringraziamento per questa bella avventura ci va: senza lo sprone iniziale di «op-amp», che partito con un suo progetto iniziale di buffer paurosamente sbagliato (non per colpa sua e soprattutto non ancora quanto certe cose viste in giro anche su siti MOLTO prestigiosi!) è riuscito a stuzzicare interesse quanto bastava a tirarlo fuori dalle pesti, questo progetto non sarebbe semplicemente mai uscito dai miei appunti sparsi in giro per la casa; senza il successivo interesse di altri partecipanti al forum di CHF, che hanno addirittura indotto a muoversi le "potenze massime" (Pierluigi Marzullo) per trasformare una chiacchierata serale a puntate in un articolo della rivista, questo progetto sarebbe rimasto uno dei tanti schemini postati sul forum di CHF tanto per chiacchierare un po'. E se infine altri ancora («Virus», «AndreaC», Fernando Micelli e qualcun altro che ora mi sfugge) non si fossero interessati tanto da indurmi finalmente a "crederci" in quel che io stesso avevo fatto quasi a mia (benigna, eh!) "insaputa", non saremmo mai arrivati fin qua a scrivere addirittura un "SP-LIFE tre anni dopo"...

Grazie a tutti. È bello giocare tutti insieme a questo gioco fino al punto da arrivare a fare dei nostri sogni delle piccole realtà. Davvero bello!

Piercarlo Boletti – 19 gennaio 2014

audioplay