

Fra i tanti effetti musicali che si possono ottenere per via elettronica (riverbero, ua-ua, tremolo, vibrato) ce n'è uno che ancora non è stato presentato sulla nostra rivista, l'effetto **eco**.

Il motivo di questa lacuna non è comunque dovuto a nostra cattiva volontà o trascuratezza, quanto piuttosto al fatto che fino a ieri, per poterlo realizzare, avremmo dovuto ricorrere a costosissime linee di ritardo analogiche oppure a marchin-gegni meccanici di non facile applicazione in campo hobbistico.

La maggior parte degli effetti «eco» commerciali funzionano infatti con registratori a nastro continuo, cioè dispongono di una testina che incide sul nastro le frasi da noi pronunciate poi, ad una certa distanza dalla prima testina, vi sono altre 3 o 4 testine poste una di seguito all'altra che «leggono» le nostre frasi dal nastro e le presentano in tempi successivi all'amplificatore.

nell'utilizzare le cosiddette **linee di ritardo analogiche**. Anche questa soluzione però presentava molti lati negativi che ci ha sempre «frenato» nei nostri sforzi e consigliato di attendere tempi migliori.

Queste «linee» infatti, pur costando cifre da capogiro, hanno l'inconveniente di generare ritardi molto modesti rispetto a quelli che necessitano per realizzare un'efficace effetto di eco, quindi se si vuole realizzare un qualcosa di veramente valido esistono solo due possibili alternative:

- 1) impiegare un clock molto basso a scapito del rumore e della banda passante
- 2) impiegare molte linee di ritardo in cascata facendo così salire alle stelle il costo complessivo della realizzazione.

Comprenderete che entrambe queste soluzioni erano improponibili per i nostri lettori, la prima perché non si può presentare un circuito per Hi-Fi

Una volta per poter sentire l'eco era necessario andarsene in montagna e ricercare quella determinata valle in grado di produrre tale effetto: oggi invece basta rinchiudersi per qualche ora nel proprio laboratorio e collegare insieme un certo numero di integrati per ottenere automaticamente un'eco così «malleabile» da poterne variare il ritardo, il numero di ripetizioni e l'intensità. Tale circuito, inutile dirlo, troverà valide applicazioni in campo orchestrale, nelle sale di registrazione nonché in fase di audizione, potendo essere inserito anche in un'amplificatore Hi-Fi di tipo «domestico».

UN ECO

In questo modo si ottiene per 3-4 volte la ripetizione della stessa frase ed il ritardo fra una ripetizione e la successiva dipende unicamente dalla distanza fra le varie testine di «lettura» nonché dalla velocità di traslazione del nastro.

Ovviamente per presentarvi un'eco di questo genere, il primo problema che avremmo dovuto risolvere sarebbe stato l'acquisto di una meccanica di registrazione e ascolto idonea per tale funzione ma una volta conoscitone il prezzo avreste subito rinunciato all'idea di montarlo.

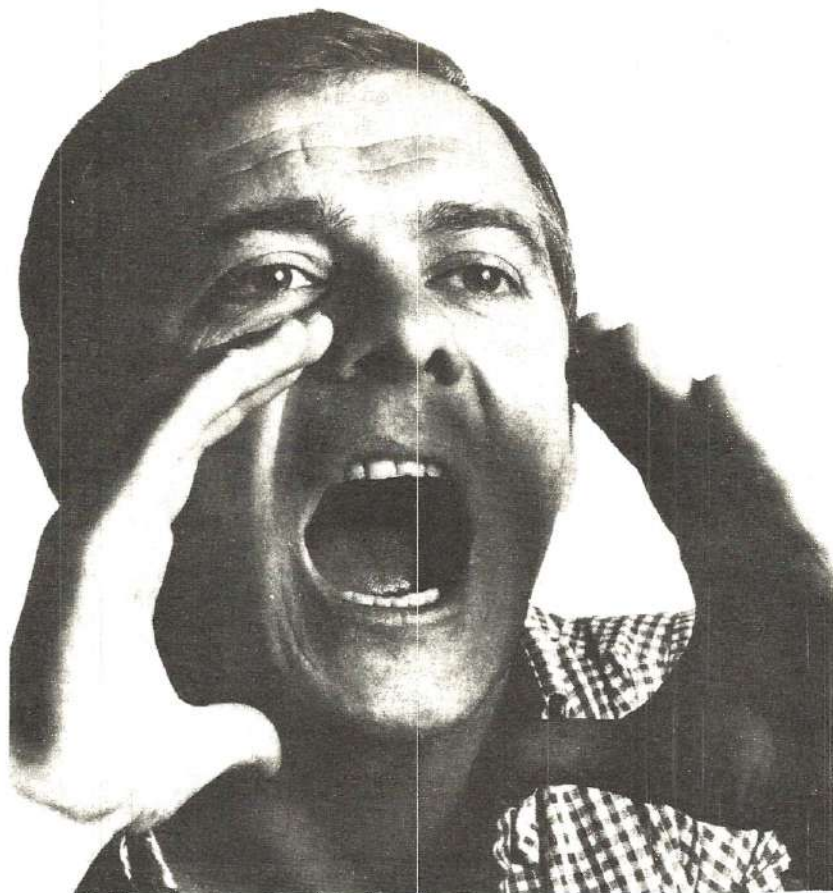
Per aggirare l'ostacolo avevamo pure pensato di modificare per questo scopo qualche economico registratore a cassetta, ma le complicazioni che sono sorte in proposito sono state tali da farci ben presto desistere dai nostri tentativi.

Esisteva comunque sempre un'alternativa all'eco meccanica, alternativa che in pratica consisteva

trascurando il rumore e la banda passante e la seconda perché avrebbe richiesto un esborso di denaro così elevato da far desistere dalla realizzazione anche i più pratici.

Oggi invece tutte queste difficoltà possono considerarsi superate infatti impiegando delle **ram dinamiche**, un componente questo che sta trovando consensi sempre più vasti nel mondo dell'elettronica e che oramai può essere acquistato con poche migliaia di lire, si possono realizzare dei ritardi molto lunghi (sull'ordine di 0,6 secondi) senza per questo dover limitare la banda passante né sborsare cifre astronomiche.

Vi diciamo subito che l'idea di utilizzare queste ram per realizzare un'eco elettronico ci è venuta osservando il nostro microcomputer infatti abbiamo pensato: «se su queste ram è possibile memorizzare un numero così elevato di bit e andarli a



ELETTRONICO

rileggere dopo un certo periodo di tempo, perché non si può fare altrettanto con un segnale analogico? Basta campionarlo ad intervalli regolari ed il gioco è fatto».

Ovviamente per passare dalla teoria alla pratica c'è molta strada da percorrere ed anche in questo caso il vecchio proverbio si è rivelato molto valido, tuttavia dopo innumerevoli prove e riprove siamo riusciti ad ottenere ciò che volevamo, un eco cioè senza parti meccaniche in movimento, senza problemi di nastri magnetici e soprattutto di costo contenuto. Le caratteristiche di tale circuito, come avrete modo di constatare, sono veramente sorprendenti infatti non solo possiamo ottenere l'effetto di eco ma possiamo modificare a nostro piacimento i tempi di ripetizione, il numero di cicli e l'intensità dell'effetto, ottenendo così dei «suoni» veramente eccezionali.

Per quanto riguarda le possibilità d'impiego di

tale circuito potremmo citarvi innumerevoli applicazioni, per esempio potrebbe servire per dare più «colore» alla voce di un cantante oppure per creare nuovi effetti in un'orchestra o in una sala di registrazione, le radio private lo potrebbero impiegare per trasmettere annunci pubblicitari tuttavia anche applicandolo su un impianto Hi-Fi domestico si riuscirà a dare nuova vita a dischi oramai arciscoltati.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Come sapete non è nostra consuetudine presentare un progetto senza spiegarne punto per punto il funzionamento in quanto riteniamo che la rivista debba avere innanzitutto una funzione divulgativa e didattica, non ridursi a un semplice catalogo in

cui il lettore può trovare l'oggetto che va cercando.

Ogni volta infatti noi ci sforziamo di analizzare gli schemi elettrici e di dare spiegazioni delle principali scelte adottate in modo tale che chi legge possa capire perché si ottiene questa o quella condizione e sia così in grado di sfruttare le parti più interessanti del circuito per altre applicazioni sue personali oppure di sfruttare le nozioni acquisite per riparare o eventualmente modificare il progetto una volta realizzatolo. Ovviamente la spiegazione non può sempre essere semplice ed alla portata di tutti poiché quando il circuito è complesso anche la sua analisi diventa per forza di cose complessa, tuttavia i nostri sforzi saranno sempre orientati a rendere intelligibile la cosa anche ai meno introdotti nel campo della elettronica e se purtroppo qualche volta non ci siamo riusciti o non ci riusciremo, sappiate comunque che l'intenzione c'era.

Premesso questo passiamo ora ad occuparci più direttamente del nostro «eco elettronico», il cui schema elettrico è visibile in fig. 2.

Come noterete si tratta di un circuito apparentemente molto complicato tuttavia se seguirete la nostra spiegazione siamo certi che alla fine, anche se non ne avrete compreso al 100% il funzionamento, saprete comunque individuare al suo interno degli stadi molto interessanti che potrebbero servire per approfondire le vostre conoscenze di elettronica oppure per risolvere altri problemi che da tempo avete cercato di affrontare senza fortuna.

Innanzitutto, prima di addentrarci nella descrizione dello schema elettrico, cerchiamo di capire come deve essere manipolato un segnale fonico di BF per ottenere appunto l'effetto dell'eco.

In pratica l'eco non è altro che la stessa frase da noi pronunciata che viene ripetuta per 1-2-3-4 volte di seguito ad un volume sempre più basso e con un intervallo fra una ripetizione e l'altra per esempio di 0,2-0,3 secondi.

Il fatto che il volume della voce diminuisca ad ogni ripetizione provoca due effetti distinti:

1) dopo 3-4 ripetizioni al massimo l'eco non si sente più perché il volume è ormai così basso che l'orecchio non riesce più ad ascoltarlo

2) se anziché pronunciare una singola parola si pronuncia una frase, l'eco si sente distintamente per l'ultima parola di questa frase perché le eco precedenti vengono sopraffatte dal volume della nostra voce che è sempre molto superiore nei loro confronti.

Questo non significa che le prime parole della frase da noi pronunciata non siano soggette ad eco e che lo sia invece solo l'ultima, come dimostra il fatto che parlando ad alta voce in un ambiente in cui sia presente appunto l'effetto dell'eco si sente un certo «rimbombo» dovuto alle parole precedenti che si accavallano a quelle successive, anche se ad un livello molto inferiore.

Per ottenere lo stesso effetto per via elettronica, utilizzando come abbiamo fatto noi delle **ram dina-**

miche per microcomputer, la strada da seguire è quella che ci viene indicata dallo schema a blocchi di fig. 1.

Il segnale di BF proveniente dal microfono o da un qualsiasi altro circuito viene innanzitutto preamplificato per portarlo ad un livello adeguato al funzionamento degli stadi successivi e subito in uscita a questo preamplificatore troviamo un «rivelatore di picco» utile per indicarci quando il livello del segnale è troppo elevato: in tal caso dovremo attenuare l'ampiezza di questo segnale agendo sul potenziometro di volume posto in ingresso.

Una volta preamplificato, il nostro segnale ha due strade aperte davanti a sé: una lo porta direttamente sul **misceleatore di uscita** infatti la parola da noi pronunciata deve immediatamente sentirsi in altoparlante ad un livello «normale»; la seconda lo porta invece in «memoria» per poter generare l'effetto dell'eco.

Come noterete su questa seconda strada il nostro segnale di BF incontra innanzitutto un «misceleatore» che gli sovrappone i residui ancora attivi degli «eco» precedenti, dopodiché il segnale stesso viene applicato all'ingresso di un «**convertitore analogico-digitale**» che provvede a trasformare la sinusoide in una successione di 1 e di 0, cioè in una specie di onda quadra.

Il segnale di BF infatti è un segnale sinusoidale la cui frequenza può variare da un minimo di 20 Hz ad un massimo di 15.000 Hz, mentre le memorie dinamiche sono componenti «digitali» che accettano in ingresso solo una condizione logica 1 (max tensione positiva) oppure una condizione logica 0 (tensione nulla). Apparentemente quindi sembrerebbe che non fosse possibile memorizzare questo segnale nell'interno delle ram dinamiche (essendovi un'evidente incompatibilità) tuttavia se noi provvediamo a «campionare» il nostro segnale e a trasformarlo come vi abbiamo accennato in precedenza, in una successione di condizioni logiche 1 e 0 secondo un ben determinato codice, ecco che l'incompatibilità è superata ed il nostro codice può tranquillamente essere memorizzato sulle ram. Questa conversione da analogico a digitale viene effettuata tramite un «**modulatore delta**» sul cui funzionamento ci soffermeremo più dettagliatamente in seguito quando descriveremo analiticamente lo schema elettrico.

Per ora vi basterà sapere che questi 1 e 0 ricavati dal campionamento del segnale di BF, costituiscono altrettanti **bit** che vengono memorizzati uno dopo l'altro nell'interno della ram dinamica e poiché ogni ram dinamica può contenere un totale di 16.384 bit, avendo noi utilizzato complessivamente 8 ram di tipo 4116, il numero massimo di bit che potremo memorizzare sarà:

$$16.384 \times 8 = 131.072$$

La velocità con cui questi bit vengono immagazzinati in memoria dipende ovviamente dalla velocità del «clock» che governa il campionamento e

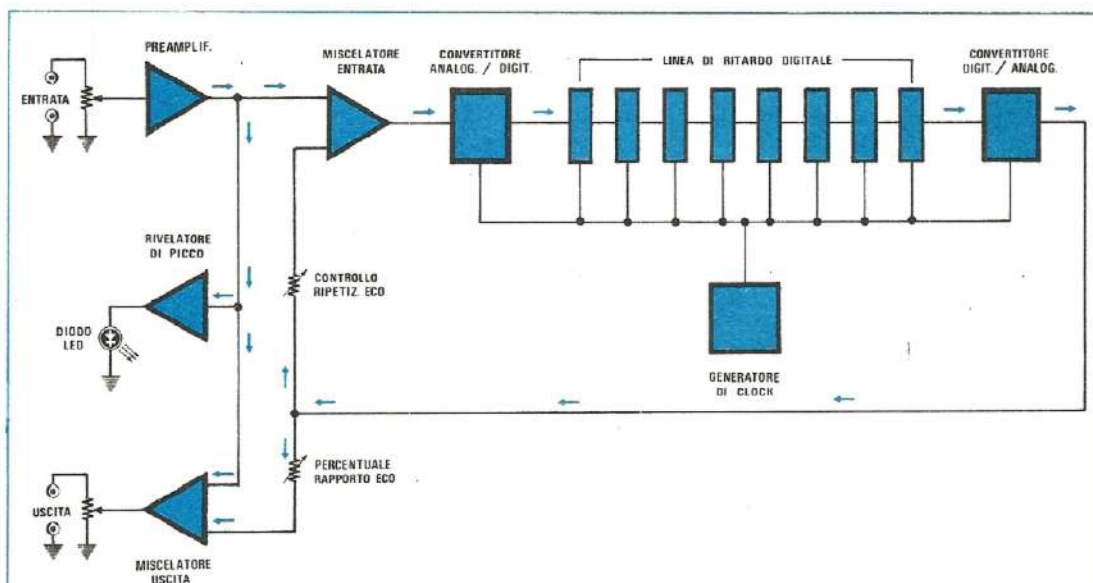


Fig. 1 Schema a blocchi dell'eco elettronico. Il segnale di BF applicato in ingresso, una volta preamplificato, viene convogliato sia sul miscelatore d'uscita che va all'amplificatore, sia sul miscelatore d'entrata della linea di ritardo digitale. Per ottenere l'effetto eco il segnale sinusoidale di BF viene convertito in un segnale digitale, cioè in un segnale composto da una successione di 1 e di 0 che vengono memorizzati uno dopo l'altro nelle celle delle ram dinamiche. Quando tutte le celle sono piene il circuito va a rileggersi tutte le locazioni partendo dall'inizio e converte nuovamente il segnale digitale in uno sinusoidale che viene poi applicato in parte al miscelatore d'uscita per essere mandato in altoparlante e in parte al miscelatore d'entrata per generare una nuova eco.

da questa velocità dipende anche il ritardo fra una ripetizione e la successiva nell'effetto eco.

Il motivo di questa affermazione è molto semplice infatti il circuito è progettato in modo tale che se noi depositiamo un bit per esempio nella cella 300 della nostra ram, prima di poterlo riprendere dovremo passare in rassegna tutte le rimanenti celle, cioè 301-302-303 ecc. fino a 131.072, poi di nuovo 0-1-2-3 ecc. fino ad arrivare alla 300.

È ovvio che se questa esplorazione avviene in modo veloce, il ritardo tra l'attimo in cui depositiamo in memoria il nostro bit e l'attimo in cui andiamo a riprenderlo sarà molto breve; se invece il clock che governa tutto il meccanismo è lento, il ritardo potrà assumere proporzioni anche piuttosto elevate.

Precisiamo comunque che vi sono dei limiti ben definiti per questo clock (cioè non è pensabile poterlo variare per esempio da 0 all'infinito) infatti considerazioni di banda passante, rumore, fedeltà del segnale e velocità delle memorie ci impongono di non scendere mai al di sotto dei 200 KHz né di superare, come tetto massimo, gli 1,8 MHz.

Ammettendo per esempio di utilizzare un clock a 500 KHz (cioè un impulso ogni 2 microsecondi), per esplorare tutte le 131.072 locazioni della nostra memoria impiegheremo un totale di:
 $131.072 \times 2 = 262.144$ microsecondi

pari cioè a 0,26 secondi, quindi con questo clock potremo ottenere circa 4 echi al secondo.

Utilizzando invece un clock da 1,5 MHz (un impulso ogni 0,6 microsecondi), per esplorare tutta la memoria impiegheremo un totale di:
 $131.072 \times 0,6 = 87.380$ microsecondi
 pari cioè a 0,087 secondi, il che equivale in pratica a circa 11 echi al secondo.

In pratica il campo d'azione del nostro circuito, impiegando 8 ram, va da un minimo di 1-2 echi al secondo ad un massimo di 14-15 echi al secondo, tuttavia vi è la possibilità di rallentarlo ulteriormente oppure di velocizzarlo semplicemente modificando il numero della ram.

Per ora comunque riprendiamo la nostra descrizione facendo rilevare che la successione di bit corrispondente alla nostra frase, depositata in una certa area della memoria ram, quando dopo un giro intero di clock viene «ripescata», non può essere applicata direttamente all'altoparlante, diversamente trattandosi solo di 1 o di 0, anziché ascoltare l'eco, ascolteremmo una specie di bip-bip simile a quello che ci giunge dallo spazio quando ascoltiamo alla televisione i segnali inviati da una navicella che ruota attorno alla Luna o attorno a Marte.

In altre parole se all'ingresso delle ram avevamo convertito il segnale da sinusoidale in analogico per poterlo memorizzare, ora per poterlo ascoltare

in altoparlante debbia compiere l'operazione inversa, cioè convertirlo da digitale in analogico, in modo da riottenere una sinusoide. Facciamo presente che queste conversioni, purché operate entro certi limiti di frequenza, non modificano il timbro del segnale di BF né introducono, come erroneamente si potrebbe supporre, elevate distorsioni infatti la distorsione stessa, misurata in uscita, risulta sempre inferiore allo 0,5%. Una volta riconvertito in analogico il nostro segnale di eco si troverà ad un bivio, infatti una minima porzione verrà miscelata col segnale d'ingresso tramite il **miscelatore di entrata** e rimandato in memoria per creare una nuova eco mentre la restante porzione verrà miscelata sempre col segnale d'ingresso tramite il **miscelatore di uscita** e mandata in altoparlante.

Precisiamo che sia i tempi di ritardo dell'eco, sia il numero di ripetizioni, sia la percentuale di eco che si vuole ascoltare in altoparlante sono regolabili a piacimento tramite opportuni potenziometri, quindi ciascuno potrà adattare il circuito alle proprie esigenze personali e sfruttarle così al massimo delle prestazioni.

Bisogna infatti tener presente che l'eco idoneo per il parlato non lo è altrettanto per un brano musicale, quindi a seconda dell'impiego a cui vorremo adibire il circuito, dovremo di volta in volta creare le condizioni ideali di funzionamento.

Giunti a questo punto riteniamo che abbiate compreso a grandi linee il principio di funzionamento del nostro eco elettronico, tuttavia prima di passare oltre desideriamo condensare brevemente ciò che abbiamo in precedenza affermato sperando così di riuscire a chiarirvi maggiormente le idee.

In pratica il segnale di BF viene convertito da analogico in digitale campionandolo ad intervalli regolari ed il «codice» così ottenuto viene depositato in tante celle successive della memoria ram. Quando il clock ha compiuto un ciclo completo e tutta la ram è stata riempita di 1 e di 0, il codice viene ripescato e riconvertito in un segnale analogico per essere applicato in altoparlante; una porzione di questo segnale però viene rimandata in memoria insieme al segnale d'ingresso, in modo da poter generare una nuova eco e tale processo si ripete finché l'ampiezza del segnale che esce dalla ram non diviene così bassa da non potersi più ascoltare.

Come già detto se il clock è lento si impiegherà molto tempo per riempire tutta la memoria, quindi fra una ripetizione e la successiva vi sarà un intervallo di tempo molto elevato; se invece il clock è veloce, fra una ripetizione e la successiva trascorreranno poche frazioni di secondo.

SCHEMA ELETTRICO

Passando dallo schema a blocchi, apparentemente così semplice, allo schema elettrico (vedi fig. 2), il lettore si troverà forse un po' disorientato se non altro perché la presenza di tanti fili rende diffi-

cile l'individuazione dei vari stadi.

Seguendoci attentamente vedrete comunque che tutto vi sembrerà più facile e il disorientamento iniziale ben presto scomparirà per lasciar posto alla gioia di essere riusciti a comprendere il funzionamento di uno schema così complesso.

Come noterete il segnale di BF che entra dalla presa d'ingresso viene subito applicato, tramite il condensatore elettrolitico C 7 da 1 mF, agli estremi di un potenziometro logaritmico da 47.000 ohm (vedi R 6) necessario per dosarne l'ampiezza, infatti regolando opportunamente il cursore di tale potenziometro noi possiamo applicare al nostro circuito solo la porzione di segnale che gli necessita per un regolare funzionamento.

Dal cursore di questo potenziometro il nostro segnale viene prelevato tramite il condensatore poliestere C 8 da 0,1 mF ed applicato in ingresso allo stadio preamplificatore costituito da IC 4/A, la cui presenza è indispensabile per consentire al circuito di funzionare regolarmente anche con segnali di bassissima intensità come per esempio un segnale microfonico.

Tale preamplificatore infatti, come si può facilmente calcolare eseguendo il rapporto fra il valore della resistenza R 8 inserita nella rete di reazione (cioè 1 megohm, pari a 1.000.000 di ohm) e quello della resistenza d'ingresso R 7 (cioè 82.000 ohm) è in grado di potenziare il segnale in ampiezza di circa 12 volte (infatti $1.000.000 : 82.000 = 21,19$), quindi applicandogli in ingresso una sinusoide con un'ampiezza di oltre 10 mV picco-picco ci ritroveremo in uscita una sinusoide con un'ampiezza di oltre 120 mV. picco-picco, sfasata di 180 gradi, cioè invertita di polarità.

Dall'uscita di IC 4/A, il segnale di BF viene convogliato in due diverse direzioni e fra queste la più immediata da seguire per noi che stiamo analizzando il circuito è senz'altro quella che ci porta direttamente in uscita passando attraverso lo stadio miscelatore costituito da IC 7.

Come noterete le due resistenze d'ingresso di questo stadio (cioè R 33 e R 34) e la resistenza di reazione R 32 applicata fra l'uscita (piedino 6) e l'ingresso invertente (piedino 2) hanno tutte lo stesso identico valore (100.000 ohm) quindi nessuno dei due segnali (cioè quello d'ingresso e quello dell'eco prelevato dal cursore del potenziometro R 25) verrà amplificato, bensì li ritroveremo in uscita miscelati fra di loro e invertiti di polarità, però ciascuno con la stessa ampiezza che aveva in ingresso.

Come avrete compreso questo stadio è quello che ci permette di miscelare al nostro segnale microfonico una porzione di segnale «ritardato», cioè una porzione di «eco» regolabile tramite il potenziometro R 25 ed il segnale che si ottiene da questa miscelazione viene mandato in uscita tramite il condensatore elettrolitico C 29 e il trimmer R 31 necessario per dosarne l'ampiezza.

Tanto per non perdere di vista lo schema a bloc-

COMPONENTI

R1 = 120 ohm 1/2 watt	C22 = 22.000 pF a disco
R2 = 22.000 ohm 1/4 watt	C23 = 3.900 pF a disco
R3 = 2.200 ohm potenz. lineare.	C24 = 1 mF elettr. 50 volt
R4 = 220 ohm 1/4 watt	C25 = 47.000 pF a disco
R5 = 220 ohm 1/4 watt	C26 = 1 mF elettr. 50 volt
R6 = 47.000 ohm potenz. logaritmico	C27 = 470 pF a disco
R7 = 82.000 ohm 1/4 watt	C28 = 470 pF a disco
R8 = 1 megaohm 1/4 watt	C29 = 1 mF elettr. 50 volt
R9 = 22.000 ohm 1/4 watt	C30 = 39 pF a disco
R10 = 100.000 ohm 1/4 watt	C31 = 47.000 pF a disco
R11 = 10.000 ohm 1/4 watt	C32 = 22 mF elettr. 16 volt
R12 = 10.000 ohm 1/4 watt	C33 = 100.000 pF a disco
R13 = 4.700 ohm 1/4 watt	C34 = 10 mF elettr. 25 volt
R14 = 1.800 ohm 1/4 watt	C35 = 100.000 pF a disco
R15 = 390 ohm 1/4 watt	C36 = 1 mF elettr. 50 volt
R16 = 150 ohm 1/4 watt	C37 = 47.000 pF a disco
R17 = 4.700 ohm 1/4 watt	C38 = 47.000 pF a disco
R18 = 1.000 ohm 1/4 watt	C39 = 47.000 poliestere
R19 = 2.700 ohm 1/4 watt	C40 = 47.000 poliestere
R20 = 150.000 ohm 1/4 watt	C41 = 47.000 poliestere
R21 = 1.000 ohm 1/4 watt	C42 = 10 mF elettr. 25 volt
R22 = 100.000 ohm 1/4 watt	C43 = 47.000 poliestere
R23 = 3,3 megaohm 1/2 watt	C44 = 47.000 poliestere
R24 = 47.000 ohm potenz. lineare	C45 = 47.000 poliestere
R25 = 47.000 ohm potenz. lineare	C46 = 47.000 poliestere
R26 = 10.000 ohm 1/4 watt	C47 = 680 pF a disco
R27 = 22.000 ohm 1/4 watt	C48 = 47.000 pF a disco
R28 = 22.000 ohm 1/4 watt	C49 = 47.000 pF a disco
R29 = 22.000 ohm 1/4 watt	Senza sigla = 47.000 pF poliestere
R30 = 22.000 ohm 1/4 watt	DS1 = diodo al silicio 1N4148
R31 = 10.000 ohm trimmer	TR1 = transistor NPN tipo BSX26
R32 = 100.000 ohm 1/4 watt	TR2 = transistor NPN tipo BSX26
R33 = 100.000 ohm 1/4 watt	TR3 = transistor PNP tipo BSX29
R34 = 100.000 ohm 1/4 watt	TR4 = transistor NPN tipo BC208
R35 = 10.000 ohm 1/4 watt	DL1 = diodo led rosso
R36 = 10.000 ohm 1/4 watt	DL2 = diodo led rosso
R37 = 22.000 ohm 1/4 watt	IC1 = integrato tipo SN74LS04
R38 = 220 ohm 1/4 watt	IC2 = integrato tipo SN74LS14
R39 = 330 ohm 1/4 watt	IC3 = integrato tipo SN7474
R40 = 220 ohm 1/4 watt	IC4 = integrato tipo TL082
C1 = 100 mF elettr. 25 volt	IC5 = integrato tipo TL081
C2 = 10 mF elettr. 25 volt	IC6 = integrato tipo TL082
C3 = 10 mF elettr. 25 volt	IC7 = integrato tipo TL081
C4 = 47.000 pF a disco	IC8 = ram dinamica tipo 4116
C5 = 820 pF a disco	IC9 = ram dinamica tipo 4116
C6 = 1 mF elettr. 50 volt	IC10 = ram dinamica tipo 4116
C7 = 1 mF elettr. 50 volt	IC11 = ram dinamica tipo 4116
C8 = 100.000 pF a disco	IC12 = ram dinamica tipo 4116
C9 = 22 mF elettr. 25 volt	IC13 = ram dinamica tipo 4116
C10 = 8,2 pF a disco	IC14 = ram dinamica tipo 4116
C11 = 82 pF a disco	IC15 = ram dinamica tipo 4116
C12 = 47.000 pF a disco	IC16 = integrato tipo SN74LS157
C13 = 10.000 pF a disco	IC17 = integrato tipo SN74LS157
C14 = 22 mF elettr. 25 volt	IC18 = integrato tipo SN74LS93
C15 = 10 mF elettr. 25 volt	IC19 = integrato tipo SN74LS93
C16 = 100.000 pF a disco	IC20 = integrato tipo SN74LS93
C17 = 2.200 pF a disco	IC21 = integrato tipo SN74LS93
C18 = 470.000 poliestere	IC22 = integrato tipo SN74LS93
C19 = 100.000 poliestere	IC23 = integrato tipo SN74LS138
C20 = 100.000 pF a disco	S1 = deviatore a levetta
C21 = 47.000 pF a disco	S2 = deviatore a levetta
	S3 = deviatore a levetta
	S4 = deviatore a levetta

Lista componenti relativa allo schema elettrico riportato nelle 2 pagine seguenti.
 NOTA: Nella lista dei condensatori dopo C.49 è riportato: «Senza sigla = 47.000 pF poliestere» per indicare i condensatori di disaccoppiamento non riportati nello schema elettrico ma presenti invece nello schema pratico di fig. 6 (senza alcuna sigla) in prossimità delle ram dinamiche.

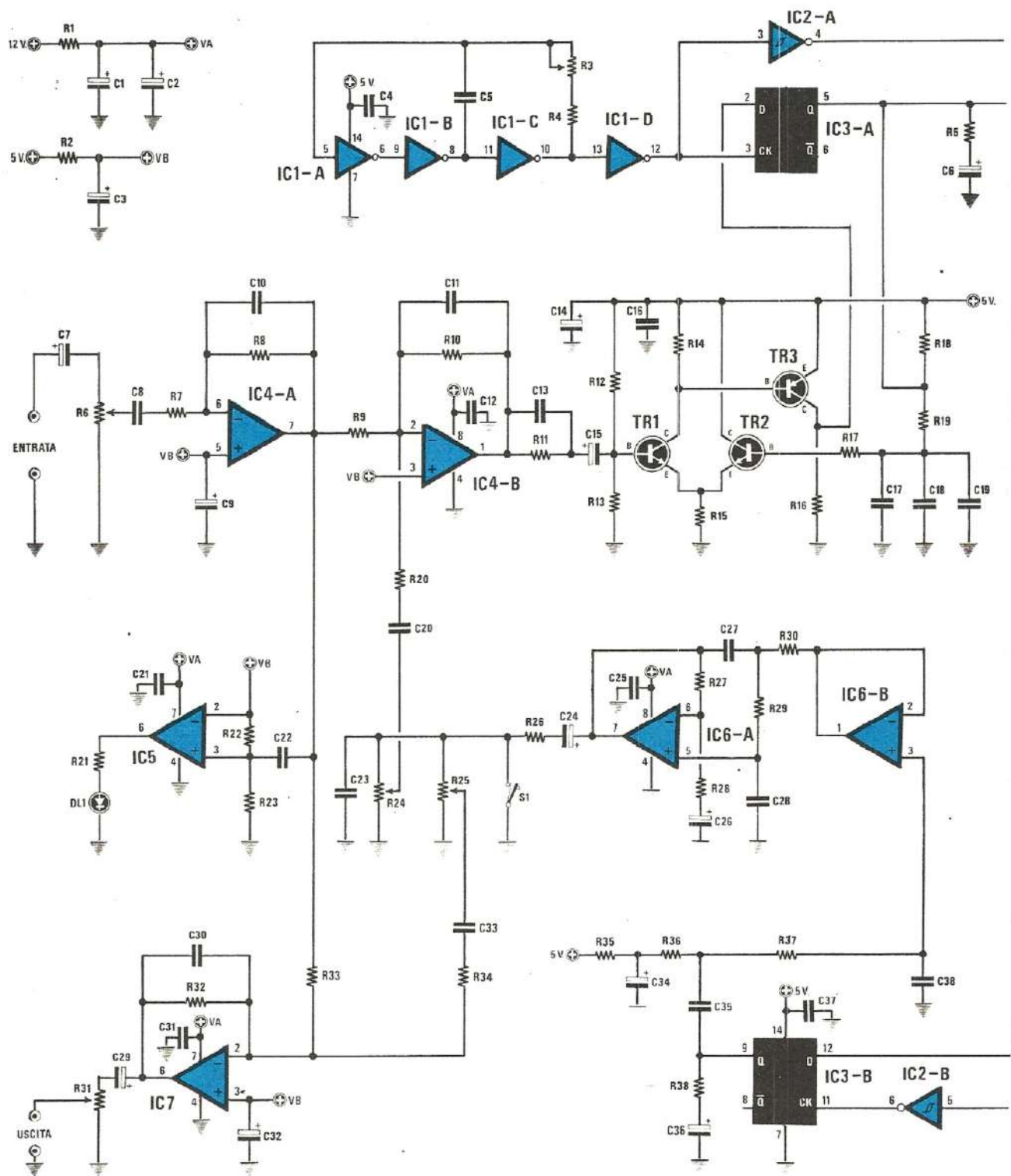
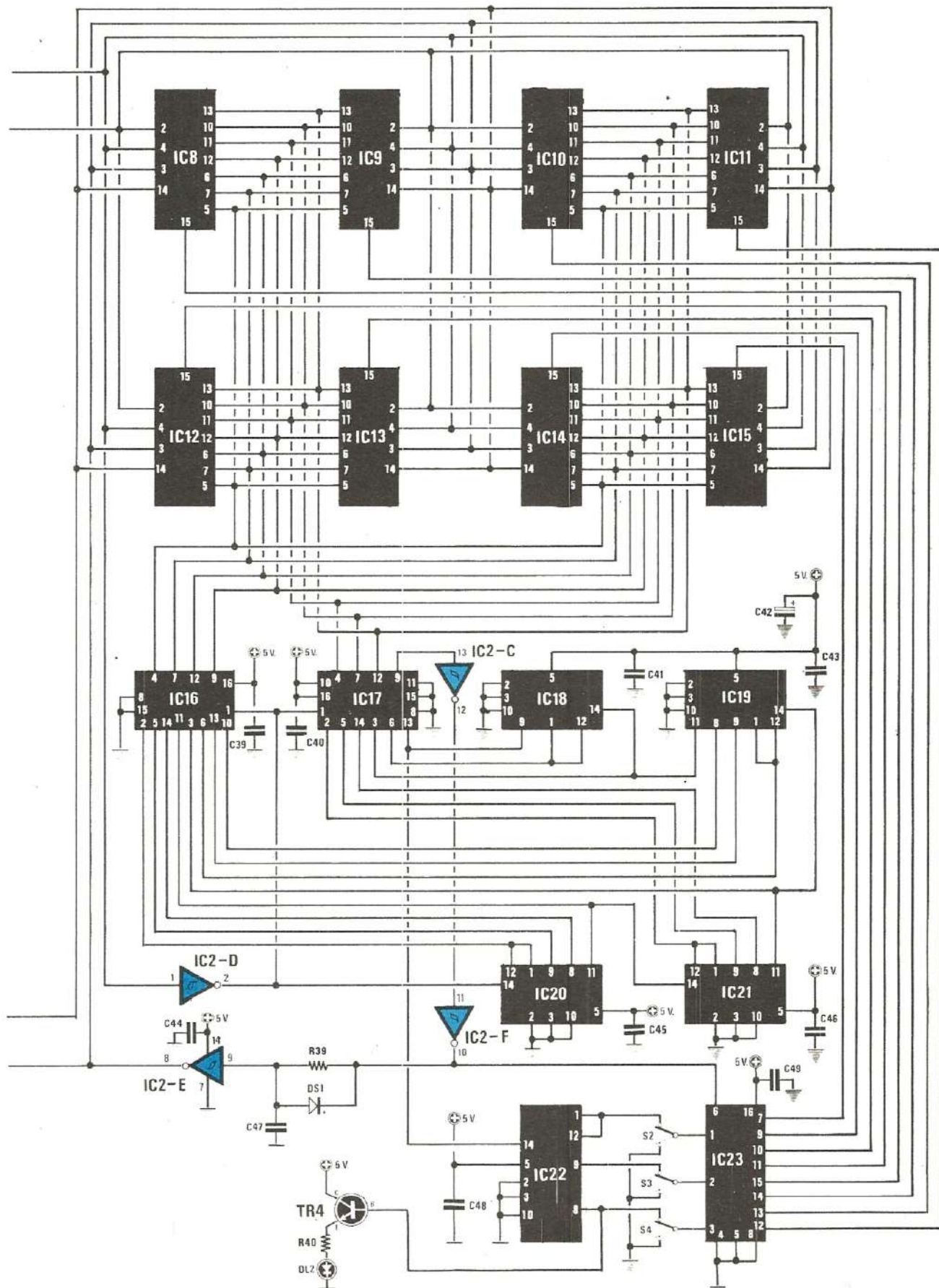


Fig. 2 Schema elettrico dell'eco elettronico. Per la lista componenti vedere la pagina precedente. **NOTA:** Tutti i terminali contrassegnati con + VA risultano collegati sul circuito stampato ai 12 volt positivi dopo la resistenza R1 (vedi in alto sulla sinistra) mentre quelli contrassegnati + VB alla tensione dei 5 volt positivi filtrata da R2 e C3.



chi di fig. 1, attualmente ci stiamo occupando del **miscelatore d'uscita** e lo stadio posto subito sopra di esso nello schema elettrico, costituito da IC 5, è quel «rivelatore di picco» necessario per indicarci quando il segnale che noi applichiamo in ingresso al circuito ha un'ampiezza troppo elevata per un regolare funzionamento dell'eco.

In pratica in condizioni normali il diodo led DL 1, che troviamo collegato in uscita a questo rivelatore, deve risultare spento e deve invece accendersi solo quando l'ampiezza del segnale eccede i limiti prestabiliti.

Precisiamo che con i valori di resistenza da noi applicati in ingresso a tale rivelatore di picco si otterrà l'accensione del diodo led con un segnale di circa **150 mV efficaci** (pari a circa 420 mV picco-picco) quindi tenendo conto dell'amplificazione introdotta da IC 4/A, ne consegue che il massimo segnale che potremo applicare in ingresso risulterà di circa **10-12 mV efficaci (cioè 28-32 mV picco-picco)**.

Sull'altra via che il segnale può seguire, una volta uscito dal preamplificatore d'ingresso, troviamo invece il **miscelatore di entrata** (costituito da IC 4/B, R 9, R 10, R 20) indispensabile per «sommare» al segnale microfonico una porzione di segnale ritardato proveniente dalla memoria ram dinamica.

Tale porzione di segnale ritardato viene prelevata dall'uscita del convertitore digitale-analogico tramite il potenziometro R 24 il quale ci permetterà di regolare a piacimento il numero delle ripetizioni che vogliamo ottenere, infatti ruotando il cursore di questo potenziometro verso il minimo riusciremo a sentire 1 o 2 eco al massimo, mentre ruotandolo dalla parte opposta raggiungeremo addirittura una posizione in cui il segnale di eco è in grado di autosostenersi, quindi di generare un numero illimitato di ripetizioni.

Questo potenziometro sarà quindi uno dei più importanti nel circuito e senz'altro uno dei più sfruttati dagli amanti di effetti particolari.

Facciamo notare che il segnale microfonico viene amplificato da questo stadio all'incirca del doppio rispetto al segnale di ripetizione per cui è sempre in grado di sovrastare l'eco come ampiezza.

Sull'uscita del «miscelatore di entrata» troviamo lo stadio forse più importante di tutto il circuito, vale a dire quel convertitore «delta» che ci permette di trasformare il nostro segnale da analogico in digitale.

Questo stadio risulta costituito dai transistor TR1-TR2-TR3 e dal flip-flop IC3-A e per funzionare necessita di un segnale di clock che gli viene fornito dall'oscillatore che vediamo in alto sulla sinistra dello schema, costituito dagli inverter IC1-A, IC1-B, IC1-C, IC1-D.

In teoria per un corretto funzionamento del modulatore sarebbe sufficiente che la frequenza di clock dell'oscillatore risultasse pari al doppio della frequenza massima del segnale da campionare, tuttavia per ottenere un'ottima risposta anche dal

punto di vista del rumore è necessario elevare di molto la frequenza di clock, cioè eseguire dei «campionamenti» più vicini fra di loro ed è per questo che nel nostro circuito, pur aggirandosi la frequenza massima del segnale di BF sui 10.000-15.000 Hz, l'oscillatore viene fatto lavorare da un minimo di 220.000 Hz ad un massimo di 1,8 MHz.

Come vedremo, dalla frequenza del segnale di clock, oltre che il rumore, dipende anche la distanza fra due ripetizioni successive nell'eco, tuttavia questo è un argomento di cui ci occuperemo più avanti quando analizzeremo la parte digitale del nostro circuito.

Per ora rivolgiamo invece la nostra attenzione al modulatore «delta» facendo presente che la frequenza di campionamento può essere modificata entro i limiti in precedenza accennati agendo sul potenziometro R3.

In pratica il segnale di BF viene applicato sulla base del transistor TR1 il quale, insieme a TR2 e TR3, costituisce una specie di comparatore o rivelatore di soglia infatti quando la tensione sulla base di TR1 è inferiore a quella presente sulla base di TR2, i transistor TR1 e TR3 risultano interdetti, quindi sul collettore di TR3 abbiamo una tensione di 0 volt fornita dalla resistenza R16 che risulta collegata con un estremo a massa.

Quando invece la tensione sulla base di TR1 è superiore a quella presente sulla base di TR2, sia TR1 che TR3 risultano saturi (cioè praticamente in cortocircuito) e sul collettore di TR3 risulta presente la massima tensione positiva (circa 4,5 volt).

A cosa serve questo comparatore è presto detto infatti noi sulla base di TR2 applichiamo (tramite l'integratore costituito da R19-C17-C18-C19) un livello di tensione pari al livello che aveva il segnale di BF nell'istante in cui è stato effettuato l'ultimo campionamento, effettuando un nuovo campionamento se il segnale di BF ha un'ampiezza superiore al precedente campionamento, TR1 e TR3 risulteranno in conduzione e sul collettore di TR3 (che pilota l'ingresso D del flip-flop IC3-A) avremo una tensione positiva, cioè una condizione logica 1; se invece il livello del segnale di BF è inferiore al precedente campionamento, sul collettore di TR3 avremo una tensione nulla, il che equivale per il flip-flop ad una condizione logica 0.

Il campionamento vero e proprio viene effettuato nell'istante in cui il segnale di clock applicato sul piedino 3 di IC3-A presenta un fronte di salita, cioè un passaggio da 0 a 1, infatti in questo preciso istante la condizione logica presente in ingresso sul piedino 2 di IC3-A viene memorizzata all'interno del flip-flop e trasferita in uscita sul piedino 5 dopodiché ha inizio un nuovo ciclo durante il quale si provvede a memorizzare questa condizione logica nell'interno delle ram dinamiche e nello stesso tempo la si utilizza per ritoccare il livello della tensione di riferimento applicata sulla base di TR2 in modo tale da preparare il modulatore per un nuovo

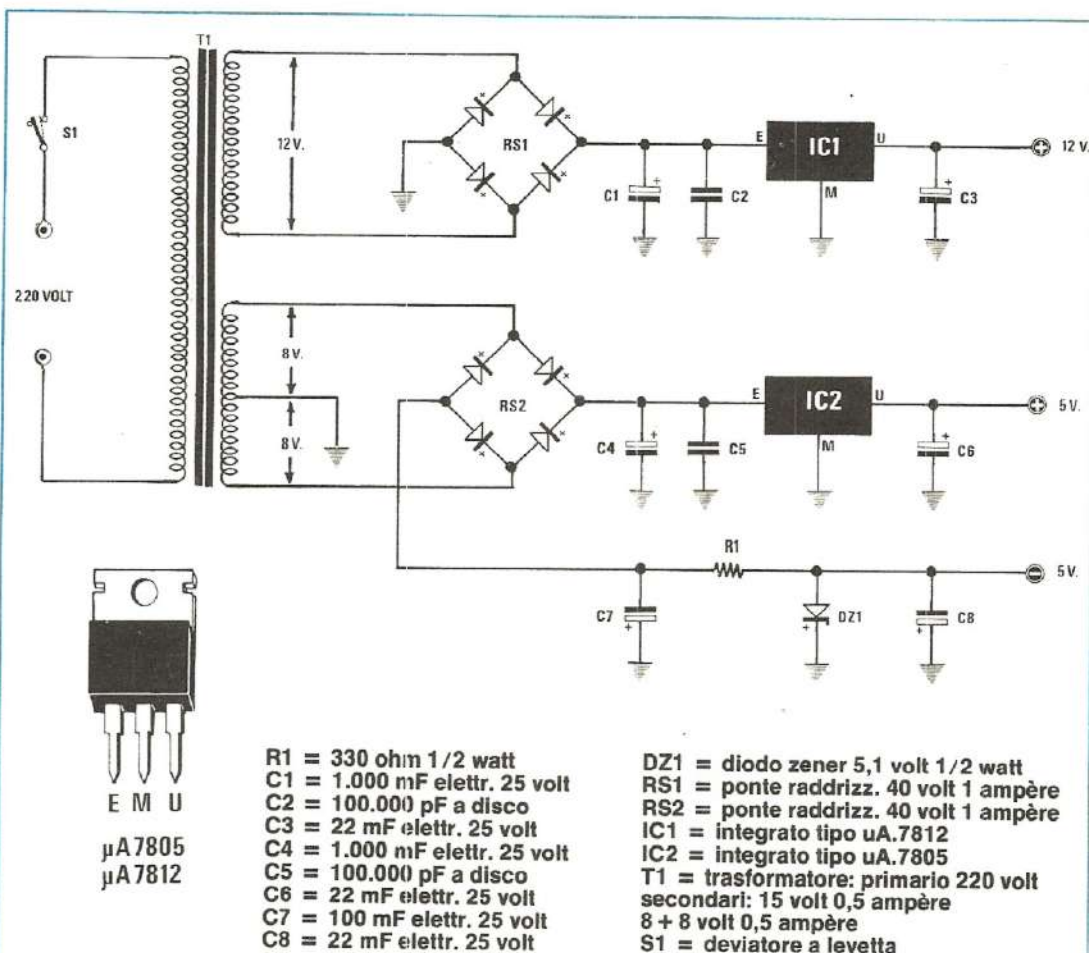
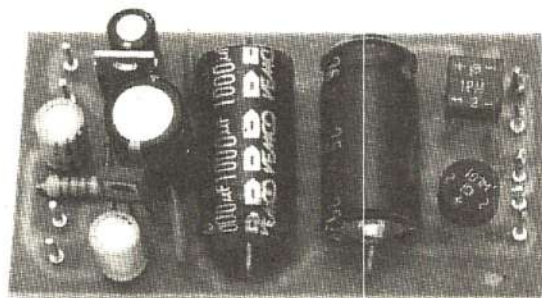


Fig. 3 Schema elettrico dello stadio alimentatore e connessioni dei due integrati stabilizzatori uA.7812 (integrato per i 12 volt) e uA.7805 (integrato per i 5 volt). NOTA: i fili di uscita del circuito stampato sono quattro, anche se nel disegno ne vediamo solo tre: abbiamo infatti 12 volt positivi, 5 volt positivi, 5 volt negativi, più il filo di «massa».



Sulla sinistra, la foto dell'alimentatore come si presenta a realizzazione ultimata. Tale circuito potrà essere fissato nell'interno del mobile, in prossimità della scheda dell'eco, assieme al trasformatore di alimentazione.

campionamento del segnale.

Detto in questo modo il funzionamento del modulatore delta potrebbe anche sembrare abbastanza nebuloso ed è per dissipare ogni possibile ombra che ora provvederemo a riepilogarlo in modo un po' meno tecnico ma forse più comprensibile.

Il segnale di BF, applicato sulla base di TR1, viene «misurato» ad intervalli di tempo regolari ed il risultato dell'ultima misura in ordine cronologico viene memorizzato sui condensatori C17-C18-C19.

Se il segnale, allorché si effettua un nuovo campionamento, viene trovato più «alto» del livello memorizzato, sulla ram viene mandato un 1; se invece viene trovato più basso, sulla ram viene mandato uno 0.

Come vedremo più avanti, integrando questi 1 e 0 con un apposito circuito, si riuscirà poi a ricostruire il segnale originario.

Facciamo presente che in questo stadio sono presenti dei componenti **molto critici**, come per esempio i condensatori **C17-C18-C19** e la resistenza **R19** quindi se non volete compromettere il funzionamento del circuito non modificate per nessun motivo i valori in quanto così facendo modifichereste automaticamente anche i tempi di risposta del modulatore con ovvie conseguenze.

È pure importante evidenziare la funzione di rilievo svolta in questo stadio dal flip-flop IC3-A infatti tale flip-flop tenendo memorizzata la condizione logica che consegue da ciascun campionamento ci permette sia di trasferire tale condizione logica con tutto comodo all'interno della ram dinamica, sia di aggiornare il livello della tensione di riferimento applicata sulla base di TR2 in modo da predisporre il circuito per un nuovo campionamento.

Come noterete, dall'uscita 5 di IC3-A, la condizione logica ricavata dal campionamento del segnale di BF, viene applicata contemporaneamente all'ingresso (piedini 2) di tutte le ram dinamiche, tuttavia questo non deve farvi pensare che il nostro 1 o 0 venga memorizzato all'interno di tutte le ram in quanto un complicato sistema di multiplexer operato sui segnali di comando RAS e CAS (piedini 4 e 15) delle ram medesime nonché un opportuno codice di indirizzo applicato sui relativi ingressi (piedini 5-6-7-12-11-10-13) ci permetterà di selezionare di volta in volta una sola fra le 131.072 celle presenti e di depositare all'interno di questa la nostra condizione logica per prelevarla poi in uscita al passaggio successivo, dopo un'esplorazione completa di tutta la ram.

Prima comunque di memorizzare un nuovo bit nell'interno della ram dinamica, il circuito provvede a prelevare in uscita quel bit che era stato inserito in tale cella nel «giro» precedente e memorizza questo bit nel flip-flop IC3-B.

Sull'uscita di questo flip-flop (piedino 9) troviamo infine quel «convertitore digitale-analogico» di cui vi abbiamo parlato in precedenza descrivendovi lo

schema a blocchi, necessario per ricostruire il segnale analogico dell'eco partendo dagli 1 e 0 che vengono forniti in uscita dalla ram.

Questo convertitore risulta costituito da due amplificatori operazionali a J-fet IC6-A e IC6-B (entrambi contenuti in un unico involucro di tipo TL082) uno dei quali (cioè IC6-B) funge da semplice stadio separatore e l'altro (cioè IC6-A) da integratore.

Inutile aggiungere che tutti i valori di resistenza e capacità inseriti in questo stadio sono piuttosto critici, quindi non tentate per nessun motivo di sostituirli se non dietro una precisa indicazione dei nostri tecnici.

Il deviatore S1 che troviamo collocato fra l'uscita di IC6-A e la massa ci permette di inserire o escludere a nostro piacimento l'effetto dell'eco, infatti quando questo deviatore risulta aperto come nel disegno, il segnale di ripetizione può regolarmente raggiungere i potenziometri R24 e R25, quindi sovrapporsi al segnale microfonico, mentre quando S1 risulta chiuso il segnale stesso viene cortocircuitato a massa e in altoparlante si può ascoltare solo il segnale microfonico.

Giunti a questo punto la descrizione della parte analogica del nostro circuito può considerarsi conclusa: resta forse da spendere qualche parola per la parte digitale (cioè la sezione relativa alle ram dinamiche) a proposito della quale in precedenza ce la siamo cavati con un rapido accenno al sistema di *multiplexer* e di indirizzamento.

Se volessimo descrivere nei minimi particolari questa parte di circuito ci occorrerebbe una mezza rivista e malgrado ciò alla fine sarebbero ben pochi ad avere compreso per filo e per segno il funzionamento di tutti questi integrati: ci limiteremo pertanto ad indicarvi sommariamente la funzione di ciascun integrato dopodiché chi è in grado di farlo potrà approfondire lo studio di questa rete mentre chi non è all'altezza potrà ugualmente dire agli amici che l'integrato IC17 è un *multiplexer* utilizzato per applicare in due fasi successive gli indirizzi di «riga» o di «colonna» sugli ingressi delle ram oppure che l'integrato IC20 è un «divisore binario» impiegato per poter esplorare tutte le celle nell'interno di una ram ed in tal caso farà egualmente la sua «figura» di esperto.

Per poter comprendere il funzionamento di questa rete dobbiamo innanzitutto pensare come risulta costituita internamente una ram dinamica dopodiché ci sarà molto più facile capire perché è stato utilizzato un certo gruppo di integrati.

Come vi abbiamo già detto sul n. 76 presentando la scheda ram dinamica per microcomputer, all'interno di ogni 4116 risultano presenti 16.384 piccoli condensatori che costituiscono ciascuno una cella elementare di memoria infatti quando uno di questi condensatori è carico noi possiamo dire che in tale cella è contenuto un 1, mentre quando il condensatore è scarico noi possiamo dire che in tale cella è contenuto uno 0.

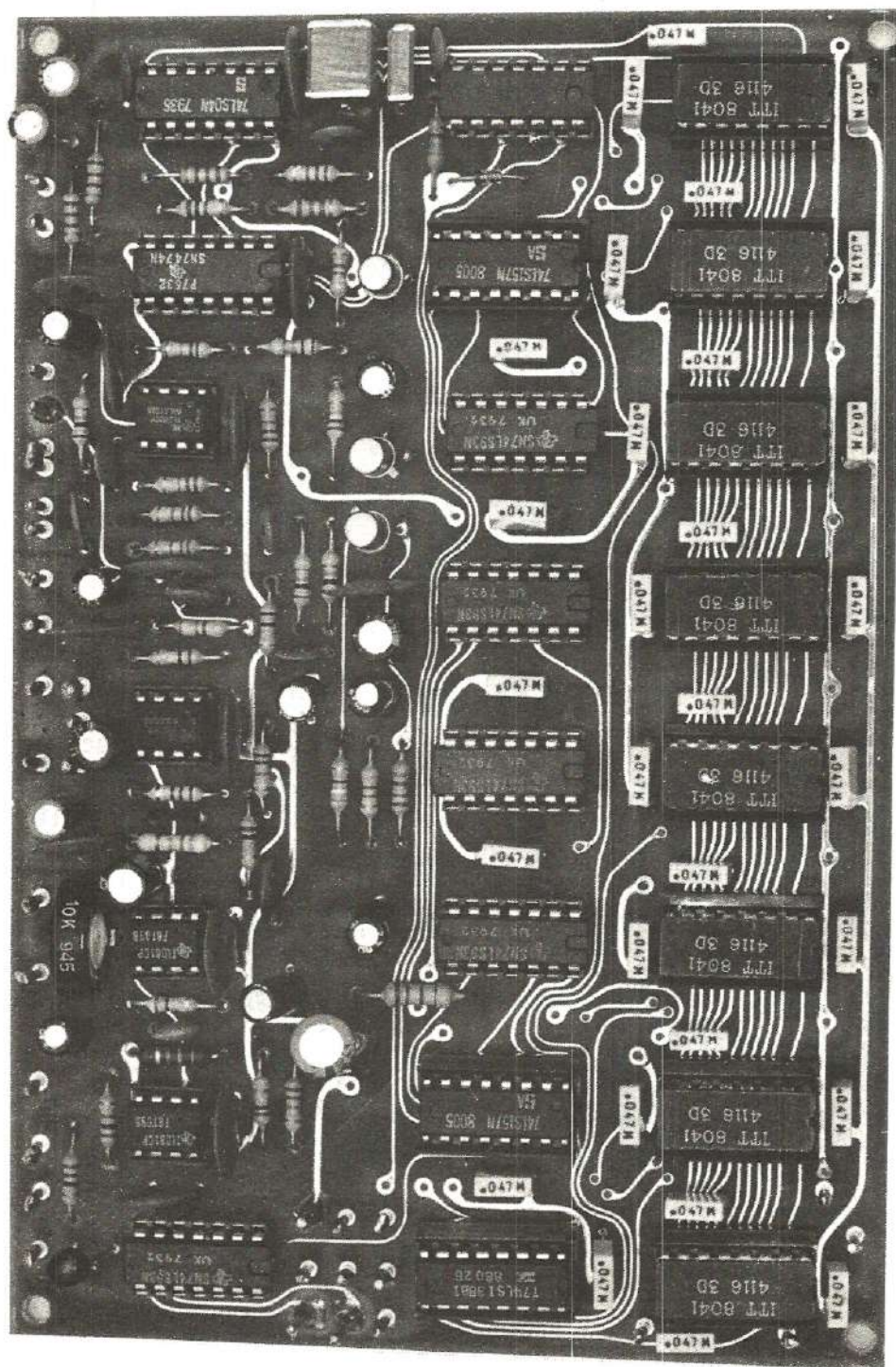


Foto della scheda dell'eco. Si notino i condensatori da 100.000 pF posti in prossimità delle memorie ram, tutti collegati tra il positivo di alimentazione e la massa, necessari per ottenere un ottimo disaccoppiamento tra stadio e stadio. Questi condensatori, che possono essere ceramici o poliestere, non appaiono nello schema elettrico, ma risultano tuttavia indispensabili per un perfetto funzionamento della scheda.

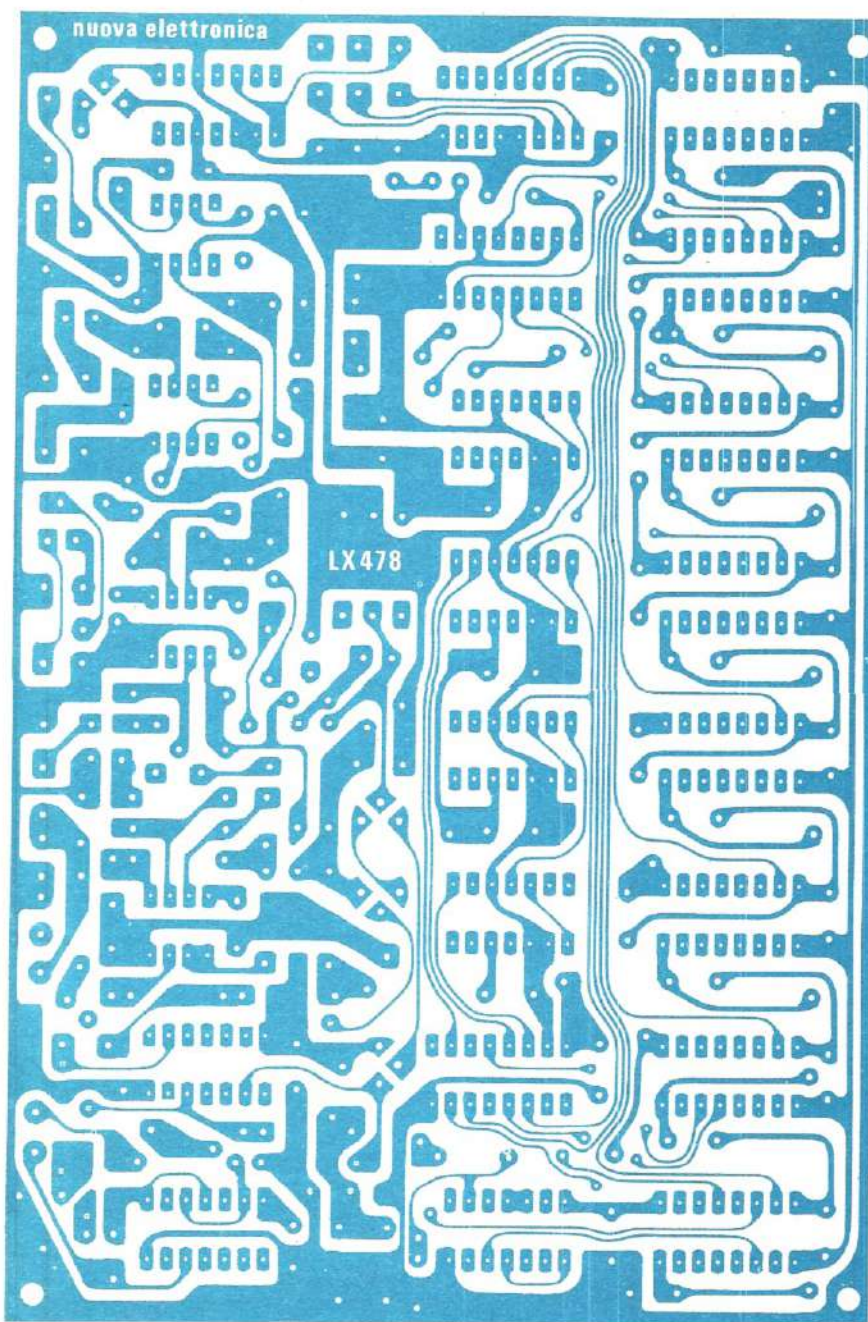


Fig. 4 Disegno a grandezza naturale del circuito stampato siglato LX.478 necessario per la realizzazione di questo progetto. Tale stampato è a «fori metallizzati», cioè tutte le piste inferiori e superiori (il circuito è un doppia faccia e qui ne vediamo la parte inferiore) risultano elettricamente collegate tra di loro con un deposito galvanico riportato entro ai fori. Importante su tali circuiti è non allargare mai alcun foro con punte da trapano per non togliere la metallizzazione. Un circuito metallizzato, pur risultando molto più costoso di un normale doppia faccia, evita la fastidiosa operazione di dover ponticellare le piste superiori con quelle inferiori.

Per poter accedere ad uno qualsiasi di questi condensatori, cioè per poterlo andare materialmente a caricare o scaricare in modo da memorizzare un 1 o uno 0, oppure per controllare in fase di lettura se risulta carico o scarico in modo da sapere se tiene memorizzato un 1 o uno 0, noi dobbiamo ovviamente fornire alla ram un certo codice di indirizzo che ci permetta di individuare, fra i 16.384 condensatori presenti, solo quello su cui ci interessa agire, ignorando contemporaneamente tutti gli altri.

Questo codice sarà ovviamente un codice binario e per poter coprire tutte le celle contenute nell'interno di ciascuna ram, dovrà risultare costituito da 14 bit.

Se noi osserviamo una ram dinamica ci accorgeremo comunque che gli ingressi riservati agli indirizzi sono solo 7 quindi per poter fornire ad una ram tutti i 14 bit relativi a un determinato indirizzo, dovremo sdoppiare l'indirizzo stesso in due parti costituite da 7 bit ciascuna e fornire queste due parti (che si chiamano rispettivamente «indirizzo di riga» e «indirizzo di colonna») in due fasi successive.

In pratica è come se giocando alla battaglia navale e volendo indicare la casella individuata dalle coordinate 8-5, anziché dire:

CASELLA 8-5

come siamo soliti fare, noi dicessimo:

RIGA 8

COLONNA 5

che è un po' più lungo dire ma egualmente comprensibile per il nostro interlocutore.

Per sdoppiare il nostro indirizzo in due sezioni composte di 7 bit ciascuna ci serviremo degli integrati IC16 e IC17, due multiplexer in grado appunto di separare i 7 bit di «riga» forniti dai contatori IC20-IC21 dai 7 bit di «colonna» forniti invece dai contatori IC18 e IC19 e di applicarli in due fasi successive sugli ingressi di indirizzo delle ram (piedini 5-6-7-12-11-10-13).

Tale multiplexer risulta pilotato dall'inverter IC2-D infatti quando sull'uscita di questo inverter è presente una condizione logica 0, il multiplexer stesso fornisce in uscita i 7 bit dell'indirizzo di riga, mentre quando è presente una condizione logica 1, fornisce in uscita i 7 bit relativi all'indirizzo di colonna.

Una volta presentato l'indirizzo di riga sugli ingressi della ram noi dobbiamo fornire alla ram stessa un segnale per confermare che tale indirizzo è un indirizzo valido ed è un indirizzo di riga e lo stesso dicasi anche dopo aver fornito un indirizzo di colonna. Questi due segnali di conferma non sono altro che delle condizioni logiche 0 da applicarsi rispettivamente sul piedino 4 della ram (dopo un indirizzo di riga) e sul piedino 15 (dopo un indirizzo di colonna) e vengono chiamati il primo col nome di **RAS** ed il secondo col nome di **CAS**.

In altre parole per poter accedere ad una qualsiasi delle celle elementari di memoria contenute

nell'interno delle nostre ram noi dovremo effettuare le seguenti operazioni:

1) applicare alle ram i 7 bit relativi all'indirizzo di «riga»

2) fornire un segnale di RAS sul piedino 4 per confermare tale indirizzo

3) applicare alle ram i 7 bit relativi all'indirizzo di «colonna»

4) fornire un segnale di CAS sul piedino 15 per confermare tale indirizzo.

A questo punto, se ci interessa solo leggere il dato contenuto nell'interno della cella indirizzata, ci basterà attendere l'uscita di questo dato sul piedino 14 della ram in cui esso è contenuto; se invece ci interessa scrivere un nuovo dato dovremo applicare il dato stesso (cioè un 1 o uno 0) sull'ingresso 2 e subito dopo fornire un impulso negativo di WRITE sul piedino 3 della ram per ordinare a questa di memorizzare il nostro bit.

Oltre al multiplexer relativo agli indirizzi, nel nostro caso se ne richiede un secondo che ci permette di selezionare di volta in volta, fra le 8 ram presenti, quella entro cui vogliamo leggere o scrivere. Tale multiplexer si ottiene sfruttando l'ingresso di CAS delle ram (piedino 15) infatti a differenza dei RAS (piedini 2) che sono tutti collegati insieme, i CAS fanno capo ciascuno ad una diversa uscita dell'integrato IC23, un decoder di tipo SN.74LS138 il quale può attivarne uno solo per volta. Questo significa che il funzionamento globale di tutta la nostra rete può essere così riassunto:

1) Ogni impulso di clock che giunge sul piedino 14 di IC20 tramite gli inverter IC2-A e IC2-D fa avanzare di 1 la catena di contatori costituita dallo stesso IC20, da IC21, da IC19 e da IC18 i quali ci forniscono in uscita uno dopo l'altro tutti i 16.384 indirizzi necessari per esplorare interamente una ram di tipo 4116.

2) Questi indirizzi forniti dai contatori vengono applicati agli ingressi del multiplexer costituito da IC16-IC17 il quale provvede (pilotato da IC2-D) a suddividerli nei 7 bit di riga e nei 7 bit di colonna e ad applicarli quindi in due fasi successive sui corrispondenti ingressi delle ram.

3) Subito dopo che il multiplexer ha applicato sugli ingressi delle ram il codice binario relativo all'indirizzo di riga, sull'ingresso 4 di tutte le RAM viene applicato un impulso negativo (segnale di RAS) per indicare alle ram stesse che si tratta di un indirizzo valido.

4) Una volta ricevuta la prima parte di indirizzo, nell'interno delle ram vengono messi per così dire «preallarme» tutti quei condensatori che hanno un codice di indirizzo in cui i primi 7 bit corrispondono con quelli da noi forniti e questo fa sì che il loro stato logico venga automaticamente rinfrescato, cioè ne venga ripristinato la carica qualora nel frattempo questa si fosse leggermente esaurita.

5) Subito dopo l'arrivo del segnale di RAS il multiplexer costituito da IC16 e IC17 commuta le pro-

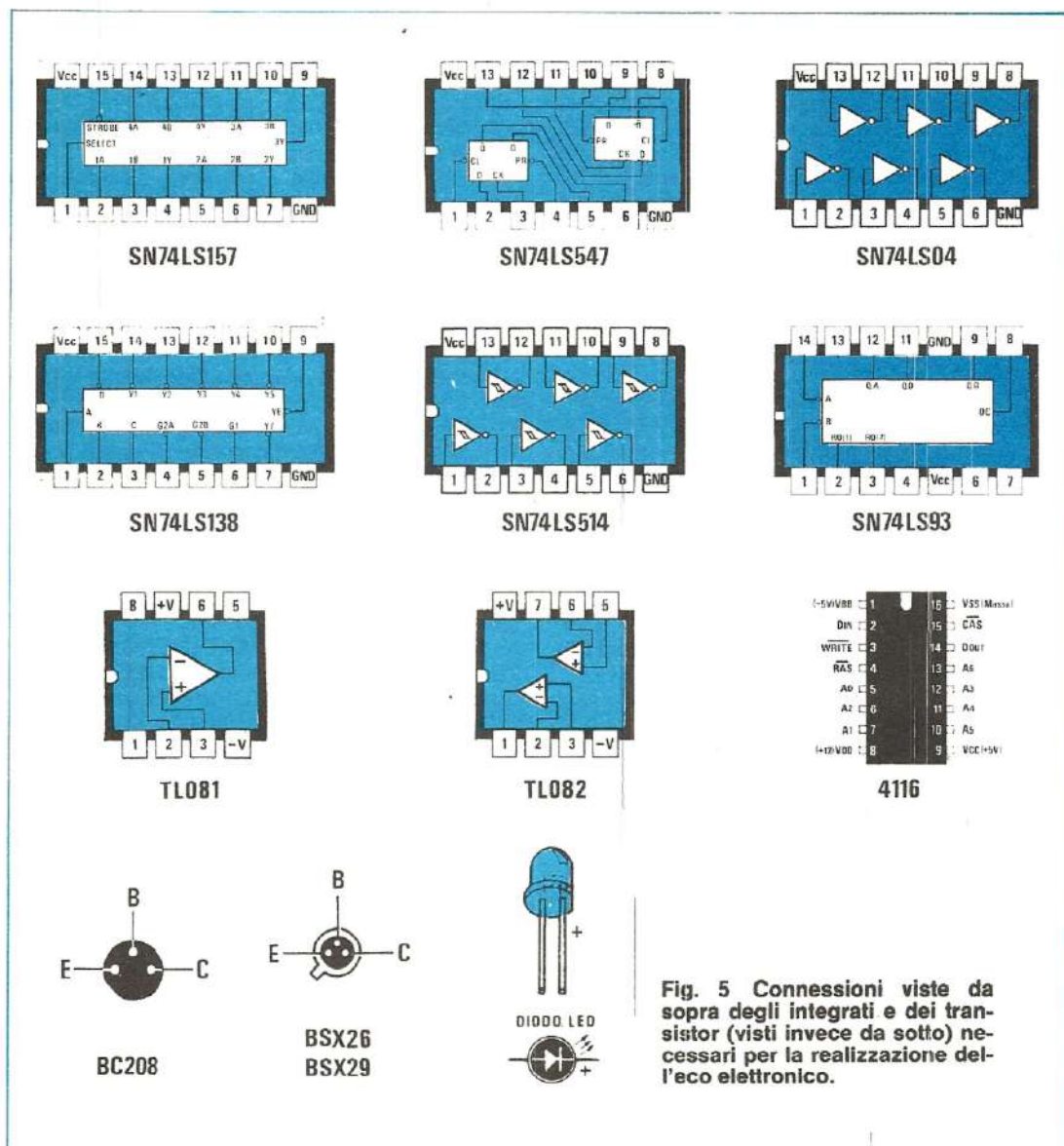


Fig. 5 Connessioni viste da sopra degli integrati e dei transistor (visti invece da sotto) necessari per la realizzazione dell'eco elettronico.

prie uscite ed applica sugli ingressi delle ram il codice binario relativo all'indirizzo di colonna.

6) Contemporaneamente dal piedino 9 di IC17 parte un impulso negativo che opportunamente ritardato dai due inverter IC2-F, va ad abilitare il piedino 6 di IC23 il quale può così applicare il segnale di CAS su una sola delle 8 ram presenti, dipendentemente dal codice binario che in quel momento gli viene fornito sugli ingressi 1-2-3 dal contatore IC22

7) La sola ram che riceve in ingresso l'impulso di CAS si sente selezionata al completo, quindi va ad individuare al proprio interno il condensatore corrispondente al codice da noi fornito (fra tutti quelli

tenuti in precedenza in preallarme) e ci presenta in uscita sul piedino 14 una condizione logica 1 se questo condensatore è carico, oppure una condizione logica 0 se il condensatore è scarico.

8) Come noterete i piedini 14 (cioè le uscite delle ram) sono tutti collegati insieme e si congiungono con l'ingresso (piedino 12) del flip-flop IC3-B, quindi si potrebbe anche pensare che vi fosse pericolo di cortocircuiti fra tali uscite.

In realtà invece, quando una di esse è attiva, tutte le altre 7 vengono a trovarsi in uno stato di «alta impedenza» (cioè praticamente scollegate dal resto del circuito) pertanto simili pericoli non esistono.

no e sull'ingresso del flip-flop appena menzionato giunge unicamente la condizione logica corrispondente alla cella di memoria di volta in volta selezionata.

9) Lo stesso segnale utilizzato per abilitare l'uscita del CAS, disponibile sul piedino 10 di IC2-F, viene applicato ad una rete di ritardo costituita da R39-C47 e dall'inverter IC2-E dalla cui uscita lo si preleva per pilotare l'ingresso di «write» (piedino 3) di tutte le ram; ovviamente però questo segnale di WRITE avrà effetto solo sulla ram che in precedenza ha ricevuto l'impulso di CAS e proprio su questa ram, all'indirizzo fornito in precedenza dal multiplexer, verrà memorizzato il «bit» derivato dall'ultimo campionamento del segnale di BF e presente sull'uscita 5 di IC3-A.

10) Contemporaneamente all'impulso di write, un secondo impulso giunge all'ingresso di clock (piedino 11) del flip-flop IC3-B il quale provvede a memorizzare il bit appena estratto dalla ram e a trasferirlo in uscita sul piedino 9 per pilotare l'ingresso del convertitore digitale-analogico.

In pratica quindi appena letto un determinato bit all'interno della ram, si provvede subito a rimpiazzarlo con un nuovo bit derivante dal campionamento del segnale di BF. A questo punto qualcuno potrebbe chiedersi come sia possibile, una volta lette e riscritte per esempio tutte le celle della prima ram, passare ad esplorare la seconda ram, poi la terza ram, la quarta, la quinta, la sesta, la settima, l'ottava per ricominciare nuovamente dalla prima e rileggere così i bit memorizzati nel ciclo precedente. Il «meccanismo» è abbastanza semplice infatti i contatori IC20-IC21-IC19-IC18, pilotati dal segnale di clock, ci forniscono uno dopo l'altro tutti gli indirizzi atti ad individuare le singole celle di una qualsiasi ram, partendo dalla cella n. 0 fino alla cella n. 16.383 compresa.

Una volta arrivati con il conteggio a 16.383, cioè quando tutte le uscite di questi contatori sono in condizione logica 1 e la prima ram (cioè IC8) è stata riempita completamente, dall'uscita 9 di IC18 viene emesso un impulso che fa avanzare di 1 il contatore IC22 modificando così automaticamente il codice binario presente sulle sue uscite (piedini 1-9-8) e poiché tali uscite pilotano gli ingressi del decoder IC23, se prima il segnale di CAS veniva da questo applicato alla ram IC8, d'ora in poi verrà applicato a IC9, cioè alla ram che segue immediatamente IC8 nello schema. Anche in questo caso i contatori ci forniranno tutti gli indirizzi necessari per riempire l'intera ram (da 0 a 16.383) ed una volta giunti all'ultimo indirizzo, prima di azzerarsi di nuovo, forniranno ancora un'impulso in ingresso a IC22 in modo da farlo avanzare di 1 unità.

In questo modo dalla ram IC9 si passerà a IC10, poi a IC11, a IC12, a IC13, a IC14 e a IC15, per ritornare di nuovo a IC8 dopo un ciclo completo.

Come vedete il meccanismo è abbastanza semplice da comprendere ed il fatto che tutte le celle vengano esplorate continuamente una dopo l'altra

in successione ci evita di complicarci la vita per realizzare una rete di refresh che in questo caso è assolutamente inutile.

Le memorie dinamiche infatti, come tutti saprete, proprio perché sono costituite da tanti piccoli condensatori, tendono con il tempo a perdere l'informazione (i condensatori piano piano si scaricano), quindi necessitano di essere rinfrescate almeno una volta ogni 2 millisecondi.

Per ottenere ciò, come avrete visto anche sulla scheda ram dinamica per il nostro microcomputer, è necessario ricorrere a dei contatori pilotati da un clock a frequenza adeguata, che permettano di esplorare uno dopo l'altro tutti i possibili indirizzi di riga (per il refresh infatti non è necessario fornire l'indirizzo di colonna in quanto fornendo un indirizzo di riga vengono automaticamente rinfrescati tutti i condensatori di quella «riga» indipendentemente dall'indirizzo di colonna), in un tempo inferiore ai 2 millisecondi.

Nel nostro caso invece ciò non è necessario in quanto tutti i possibili indirizzi di riga vengono già esplorati nel tempo richiesto quando si vanno a leggere e scrivere i singoli bit e questo ci evita di provvedere ad un ulteriore quanto inutile rinfresco.

Tale discorso comunque è valido solo perché la frequenza del segnale di clock risulta sufficientemente elevata, infatti se questo clock, anziché assumere come valore minimo 220 KHz, risultasse per esempio di soli 10 KHz, le celle interne delle ram non verrebbero più rinfrescate entro i limiti prestabiliti e per non perdere l'informazione sarebbe necessario corredare il tutto di un circuito che provvedesse al rinfresco con maggiore rapidità.

Per concludere resta da spiegare la funzione svolta nel circuito dai tre deviatori S2-S3-S4 che vediamo sulla destra in basso dello schema elettrico, collegati sugli ingressi della decodifica IC23.

Tali deviatori ci permettono in pratica di escludere momentaneamente dal circuito una parte delle memorie ram inserite in modo da ottenere dei tempi di ritardo più brevi rispetto a quelli che si possono ottenere con 8 ram dinamiche. Tanto per fare un esempio, mentre con tutti i deviatori chiusi sulle uscite di IC22 si riescono ad ottenere dei tempi di ritardo compresi fra un minimo di 70 millisecondi ed un massimo di 600 millisecondi, spostando il deviatore S4 verso massa tali tempi si dimezzano, cioè ruotando il potenziometro R3 da un estremo all'altro, potremo ottenere dei tempi di ritardo compresi fra un minimo di 70 millisecondi ed un massimo di 600 millisecondi, spostando il deviatore S4 verso massa tali tempi si dimezzano, cioè ruotando il potenziometro R3 da un estremo all'altro, potremo ottenere dei tempi di ritardo compresi fra un minimo di (35) millisecondi ed un massimo di (300) millisecondi, quindi ottenere delle eco molto più ravvicinate fra di loro.

Ovviamente questa riduzione dei tempi si sentirà ancor di più chiudendo verso massa anche il de-

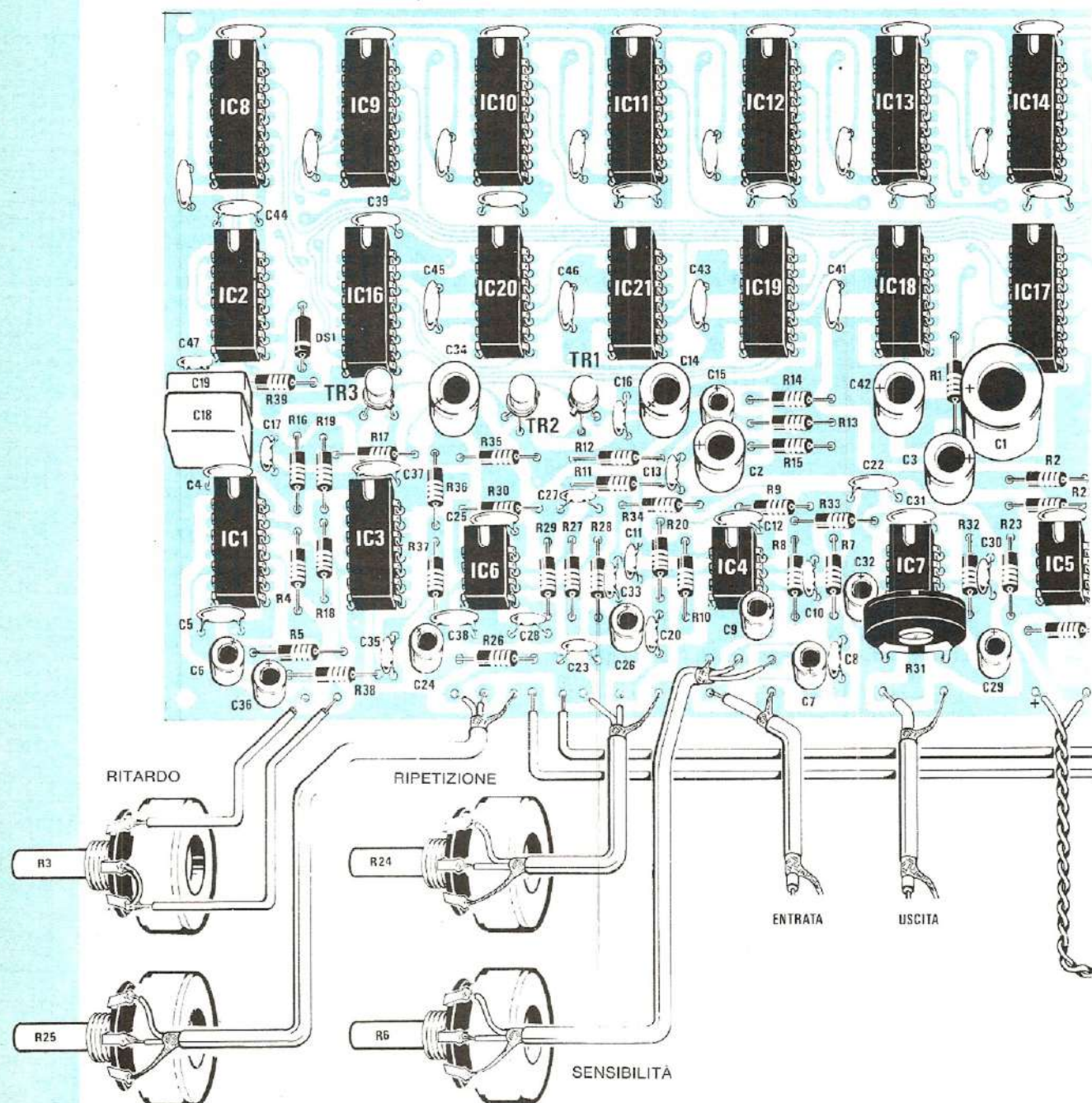
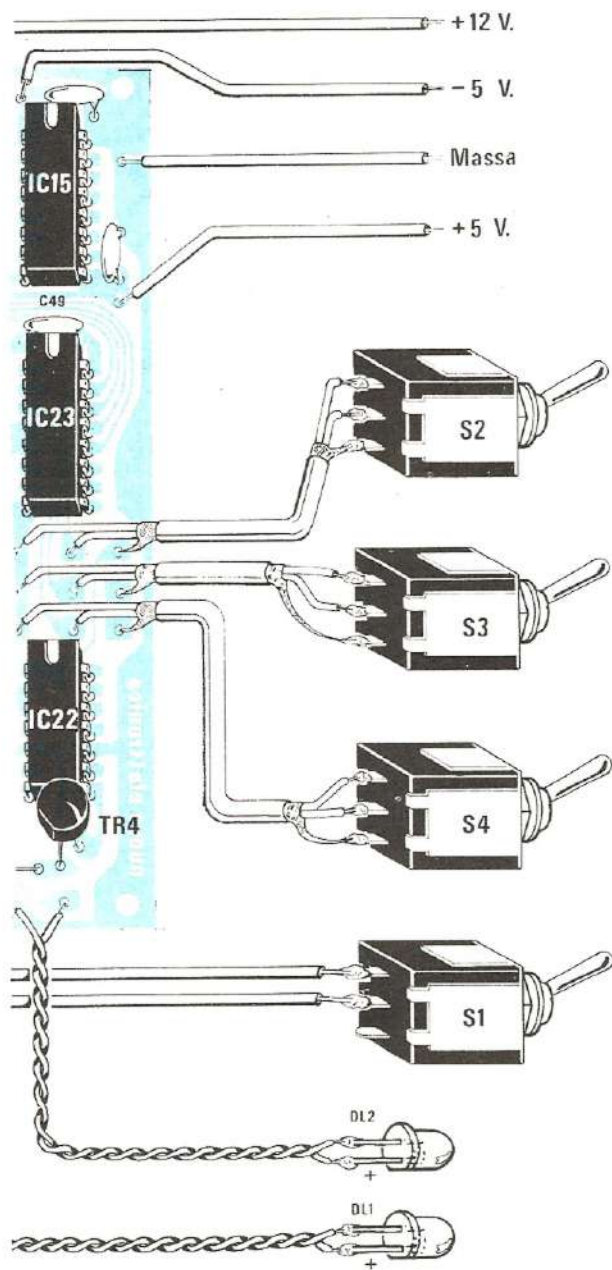


Fig. 6 Schema pratico di montaggio. Per non ridurre troppo tale disegno, rendendo quindi illeggibili le sigle dei componenti, abbiamo preferito spezzarlo in due parti. Vi ricordiamo che ogni nostro circuito stampato è completo di un disegno serigrafico con indicata la posizione sulla quale inserire i componenti e la relativa sigla, onde facilitare al massimo il montaggio.



NOTA: I condensatori a disco che appaiono in prossimità delle memorie RAM (vedi da IC8 a IC15) senza alcuna sigla, non riportati nello schema elettrico, sono tutti condensatori di disaccoppiamento da 47.000 pF che potrete scegliere sia del tipo ceramico che poliestere.

Se lo ritenete più semplice i collegamenti con i deviatori S2-S3-S4 potrete eseguirli anche senza utilizzare del cavetto schermato in quanto tali deviatori agiscono solo su segnali digitali, insensibili ai residui di alternata.

I cavetti schermati risultano invece indispensabili per i collegamenti con i potenziometri R25-R24-R6 e per i collegamenti di «entrata e uscita» dei segnali di bassa frequenza. È consigliabile racchiudere il circuito dell'eco dentro una scatola metallica per evitare di ascoltare del ronzio sul segnale di BF.

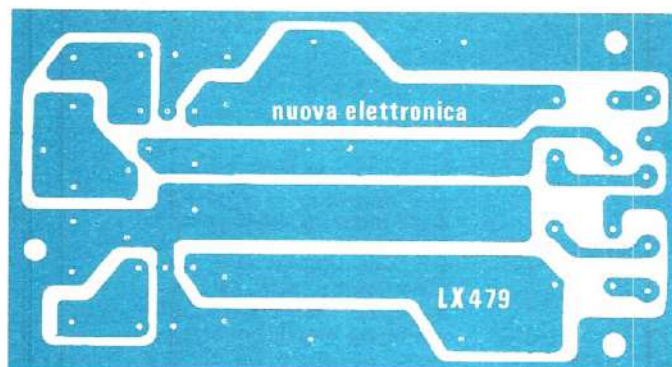


Fig. 7 Disegno a grandezza naturale del circuito stampato necessario per la realizzazione dell'alimentatore.

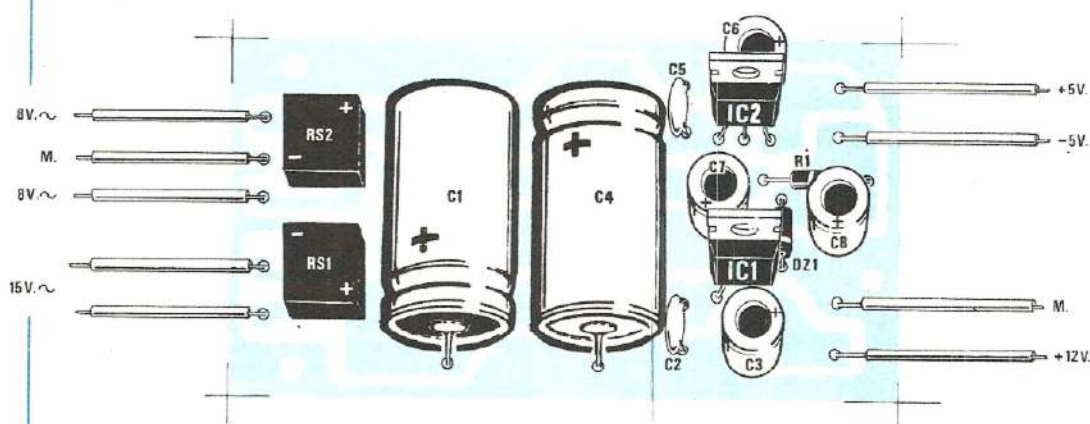


Fig. 8 Schema pratico dell'alimentatore. I terminali di sinistra li collegheremo ai secondari del trasformatore T1 ricordandoci di controllare, per l'avvolgimento degli 8 + 8 volt, quale dei tre fili è quello centrale (indicato con M = massa). Sulla destra preleveremo le tensioni stabilizzate e il filo di «massa» comune per tutte e tre le tensioni.

viatore S3 (cioè lasciando inserite 2 sole ram) per raggiungere il culmine quando risulterà chiuso a massa anche S2 (una sola ram inserita).

In ogni caso in tabella n. 1 il lettore troverà tutte le possibili combinazioni di apertura e chiusura che è possibile adottare per tali deviatori con di fianco indicate le ram che di volta in volta risultano incluse e i tempi massimi di ritardo ottenibili con ciascuna combinazione.

Da notare che in condizioni normali di funzionamento il diodo led DL2 che troviamo collegato in serie all'emettitore del transistor TR4, deve accendersi ogniqualvolta il circuito ha esplorato tutte le 8 ram, anche se qualcuna di esse è stata esclusa tramite gli appositi deviatori e ciò servirà appunto per segnalarci un regolare funzionamento del nostro circuito.

ALIMENTATORE

In fig. 2 non risulta incluso, per motivi di spazio, lo schema elettrico dell'alimentatore il quale è visibile invece separatamente in fig. 3.

Come noterete per ottenere tutte le tensioni richieste dal circuito, cioè **12 volt positivi** rispetto alla massa, **5 volt positivi** e **5 volt negativi** è necessario impiegare un trasformatore provvisto di due secondari.

Il primo di questi secondari eroga una tensione alternata di 12 volt, con una corrente massima di 1 ampère; il secondo invece, a presa centrale, eroga una tensione di 8 + 8 volt con una corrente massima sempre di 1 ampère.

Partendo dai 12 volt alternati, noi raddrizziamo innanzitutto questa tensione con il ponte RS1 in

Tabella n. 1

Deviatori			Tempo di ritardo		
S2	S3	S4	Ram Include	minimo	massimo
chiuso	chiuso	chiuso	IC8-9-10-11-12-13-14	70 msec.	600 msec.
chiuso	chiuso	massa	IC8-9-10-11	35 msec.	300 msec.
chiuso	massa	massa	IC8-9	18 msec.	150 msec.
massa	massa	massa	IC8	9 msec.	75 msec.

In questa tabella sono indicati i ritardi che potremo ottenere dal nostro eco a seconda della posizione su cui porremo i tre deviatori S2-S3-S4. Al centro della tabella le Ram Intersate alle diverse combinazioni di ritardo.

Nota: Altre combinazioni oltre a quelle indicate in tabella non sono ammissibili o meglio si possono anche provare tanto per sentire l'effetto che si ottiene ma non è consigliabile adottarle in permanenza.

Se poi qualcuno, anziché diminuire i tempi di ritardo, volesse aumentarli, potrà raggiungere il suo scopo aumentando la capacità del condensatore C5 e portandolo dagli attuali 560 pF a 680 oppure a 820 pF.

In ogni caso comunque è bene non eccedere in tale operazione in quanto ritardando troppo il clock si abbassano le caratteristiche del circuito dal punto di vista del rumore.

modo da ottenere ai capi del condensatore elettrolitico C1 una tensione di circa 16 volt che stabilizziamo poi sul valore di **12 volt** tramite un integrato di tipo uA.7812.

Partendo invece 8 + 8 volt alternati disponibili sul secondario in basso del trasformatore e raddrizzandoli con il ponte RS2, noi otteniamo ai capi di C4 e C7 rispettivamente una tensione di circa 10 volt positivi e una tensione di 10 volt negativi rispetto alla massa che stabilizziamo la prima sul valore di **+5 volt** tramite l'integrato IC2 di tipo uA.7805 e la seconda sul valore di **-5 volt** tramite lo zener DZ1 e la resistenza di caduta R1.

REALIZZAZIONE PRATICA

Considerate le innumerevoli piste richieste per i collegamenti fra i vari integrati di questo eco elettronico, il circuito stampato risulterà ovviamente del tipo a doppia faccia e poichè su tale circuito risultano inclusi un numero elevatissimo di ponticelli che collegano le piste superiori con quelle inferiori, abbiamo pensato di semplificarvi la realizzazione fornendovi un circuito **stampato a fori metallizzati**, cioè con le piste già collegate fra di loro tramite un riporto di rame elettrolitico depositato all'interno dei fori in fase di incisione.

Ovviamente un simile circuito risulterà più co-

stoso di un normale doppia faccia in quanto la procedura per realizzarlo è molto più lunga e laboriosa, tuttavia eliminando l'operazione dei «ponticelli», sempre piuttosto fastidiosa da eseguire, le probabilità di ottenere un insuccesso si ridurranno praticamente a zero.

L'unica cosa che dobbiamo farvi presente in modo particolare è di non allargare i fori sullo stampato perché così facendo togliereste automaticamente il riporto di rame al loro interno interrompendo il contatto elettrico fra le piste superiori e quelle inferiori.

In altre parole se per un qualsiasi motivo vi capita di dover allargare uno di questi fori passanti (ma non dovrebbe essercene alcun bisogno) ricordatevi sempre alla fine di ripristinare il regolare contatto elettrico fra la pista che sta sopra e quella che sta sotto lo stampato stagnando per esempio il terminale che avete inserito nel foro su entrambe le parti.

Dopo questa premessa possiamo anche dirvi che il circuito stampato necessario per questa realizzazione porta la sigla LX 478 e le sue dimensioni risultano di 17 x 11,5 cm. circa.

Una volta in possesso di tale circuito potremo subito iniziare il montaggio dei componenti stagnando per prime tutte le resistenze, poi gli zoccoli per gli integrati, il diodo DS1 posto tra IC2 e IC6 con il catodo rivolto verso la resistenza R39 (attenzione perché montandolo in senso contrario il circuito non vi funzionerà) e per ultimi tutti i trimmer e i condensatori compresi quelli elettrolitici i quali pure hanno una polarità che va necessariamente rispettata.

Nel montare i transistor cercate di non scambiare fra di loro i tre terminali E-B-C e soprattutto fate attenzione a non confondere il TR3, che è un PNP di tipo BSX29, con TR1 e TR2 che invece sono degli NPN di tipo BSX26 (gli involucri tutti uguali e le sigle simili potrebbero infatti trarre molto facilmente in inganno).

Una certa attenzione dovremo porre anche nel montaggio del transistor TR4 tuttavia non è certo questa una parte essenziale del circuito ed anche montandolo con i terminali invertiti al massimo non vedremo lampeggiare il diodo led DL2 durante il funzionamento.

Come vedesi dallo schema pratico di fig. 6 sul circuito stampato sono presenti diversi terminali necessari per i collegamenti con i componenti

esterni, cioè con i deviatori S1-S2-S3-S4, con i potenziometri R3-R25-R24-R6, con i due diodi led, con l'alimentatore e per i due collegamenti d'entrata e d'uscita del segnale.

Precisiamo subito che diversi di questi collegamenti debbono essere effettuati con cavetto schermato ed in particolar modo quelli relativi a R25 (potenziometro che regola la percentuale di eco), R24 (numero di ripetizioni), R6 (livello d'ingresso) e al deviatore S1 (esclusione eco).

Non è necessario utilizzare del cavetto schermato per effettuare i collegamenti con i deviatori S2-S3-S4 (anche se nello schema pratico lo abbiamo fatto) in quanto tali deviatori agiscono solo sulla parte digitale del circuito ed anche se captano dei residui di alternata difficilmente possono provocare dei disturbi.

Il cavetto schermato servirà inoltre per i collegamenti d'entrata e d'uscita del segnale mentre non è necessario ad esempio per il potenziometro R3 e per i due diodi led.

Una volta terminato il montaggio di questo telaio, potrete inserire sugli appositi zoccoli i vari integrati cercando di rispettarne la tacca di riferimento e di leggerne attentamente la sigla in modo da non confonderli l'uno con l'altro (attenzione soprattutto a non confondere i TL.081 con i TL.082).

Per quanto riguarda le ram dinamiche sarebbe consigliabile che queste risultassero tutte dello stesso tipo e marca in quanto ci siamo accorti che abbinando ram di case diverse possono in taluni casi (ma sono sempre casi molto remoti) manifestarsi dei malfunzionamenti.

Precisiamo infine che tutti i condensatori a disco che si vedono sullo schema pratico nelle immediate vicinanze delle ram dinamiche e senza alcuna sigla di identificazione, condensatori che per ragioni di spazio non appaiono sullo schema elettrico, non sono altro che dei 100.000 pF a disco che troverete regolarmente inseriti nel nostro kit, necessari per filtrare le varie alimentazioni.

Giunti a questo punto potrete montare l'alimentatore per il quale, come vedesi in fig. 8, si richiede un secondo circuito stampato siglato LX 479.

Come noterete il montaggio di questo secondo circuito è del tutto elementare e le uniche cose da tener presenti saranno di non invertire la polarità del diodo zener e dei condensatori elettrolitici e di non scambiare fra di loro i due integrati stabilizzatori, vale a dire il uA.7805 e il uA.7812.

Vi ricordiamo che in virtù dei bassi assorbimenti nessuno di questi integrati scalda particolarmente durante il funzionamento, quindi non è necessario corredarli di un'aletta di raffreddamento: al massimo potrete fissarli sulla parete posteriore del mobile (senza interporre alcuna mica isolante in quanto le loro superfici metalliche risultano già collegate alla massa) congiungendoli al circuito stampato con una piattina trifilare.

Per concludere vi ricordiamo, quando collegherete al circuito stampato dell'alimentatore i tre fili

provenienti dal secondario a presa centrale del trasformatore, di non dare per scontato che quello di mezzo sia il «centrale» perché chi avvolge i trasformatori non sempre rispetta questa regola.

Se non volete avere brutte sorprese controllate quindi con un tester posto sulla portata 10 volt alternati quali di questi 3 fili è il centrale (quello cioè che dà 8 volt sia con l'uno che con altro filo) ed una volta che lo avrete individuato con certezza staccatelo al relativo terminale sullo stampato.

Per gli altri fili invece non esistono problemi in quanto la loro individuazione (una volta scoperto il centrale) è ovvia ed anche invertendoli sullo stampato non si corrono pericoli.

Una volta terminato il montaggio potrete collegare l'alimentatore al telaio principale cercando di non scambiare fra di loro i fili relativi alle 3 tensioni (soprattutto il +5 con il -5) dopodiché potrete subito collaudare il nostro circuito in quanto lo stesso non necessita di nessuna taratura, escludendo quella piuttosto ovvia del trimmer R31 che regola l'ampiezza del segnale in uscita.

Tenete presente che se applicando un segnale in ingresso vedeste accendersi il diodo led DL1 dell'overload il motivo è dovuto al fatto che il segnale stesso ha un'ampiezza troppo elevata rispetto alle necessità del circuito, quindi dovrete provvedere a ridurla agendo sul potenziometro R6.

Ricordatevi inoltre, se vi interessa ascoltare l'eco, di aprire l'interruttore S1 e di ruotare i potenziometri R24 e R25 inizialmente a metà corsa perché se R25 risultasse ruotato tutto verso massa in altoparlante non potrebbe giungere il segnale «ripetuto».

Vedrete comunque che il circuito è piuttosto semplice da utilizzare e dopo pochi tentativi lo conoscerete già così bene da poterlo sfruttare al massimo delle prestazioni per ottenere gli effetti sonori più disparati.

COSTO DELLA REALIZZAZIONE

Il solo circuito stampato LX478 in fibra di vetro, a doppia faccia con fori metallizzati, completo di disegno serigrafico L. 29.000

Il solo circuito stampato LX479 relativo all'alimentatore, in fibra di vetro, già forato e completo di disegno serigrafico L. 1.800

Tutto il materiale occorrente per il montaggio del solo telaio LX478, cioè circuito stampato, resistenze, trimmer, potenziometri, condensatori, diodo, led, integrati e relativi zoccoli, transistor e deviatori a levetta L. 114.000

Tutto il materiale occorrente per l'alimentatore, cioè circuito stampato, ponti raddrizzatori, condensatori, zener, integrati e trasformatore (N90) L. 17.700

I prezzi sopra riportati non includono le spese postali.