

**biblioteca
tascabile
elettronica**

7

helmuth tünker

strumenti musicali elettronici



franco muzzio & c. editore

**dai generatori d'onde
ad un miniorgano**

biblioteca tascabile elettronica
coordinata da Mauro Boscarol

7

franco muzzio & c. editore

Helmuth Tünker

strumenti musicali elettronici

Dai generatori d'onde
a un miniorgano

Con 35 disegni nel testo
e 6 foto su 4 tavole

franco muzzio & c. editore

Copertina di Edgar Dambacher da una foto di Uwe Höch
Con 35 disegni nel testo di Hans-Hermann Kropf
su indicazioni dell'autore
6 foto su 4 tavole dell'autore

Traduzione di Maria Falcon

© 1976 franco muzzio & c. editore

Piazza de Gasperi, 12 35100 Padova

Titolo originale dell'opera: « Wir bauen elektronische Musikinstrumente »

© 1974 Franckh'sche Verlagshandlung, W. Keller & Co., Stuttgart

Finito di stampare da Industria Grafica Moderna S.p.A. - Verona nel settembre 1976

Strumenti musicali elettronici

1. Si fa della musica	7
1.1 Strumenti monofonici	7
1.2 Strumenti polifonici	8
2. Esperimenti musicali	10
2.1 Componenti e simboli elettrici	10
2.2 Quali sono gli attrezzi necessari?	12
2.3 Circuiti stampati	13
2.4 Saldature	14
2.5 Costruzione di circuiti sperimentali	15
3. La produzione dei suoni	17
3.1 Il multivibratore	17
3.2 Il divisore di frequenza	20
3.3 Generatore di onde a dente di sega	20
3.4 Oscillatore sinusoidale	23
3.5 Utilizzazioni musicali	26
4. Registri ed effetti sonori	29
4.1 Registri	29
4.2 Vibrato	30
4.3 Sostenuto ed eco	31
4.4 Leslie	31
4.5 Ritmo	32
5. Semplici strumenti sperimentali	35
5.1 Contatti e filtri	35
5.2 Trombone elettronico	38
5.3 Sega musicale	39
5.4 Mandolino	40

6. Miniman	42
6.1 L'idea	42
6.2 Parte elettronica	43
6.3 Costruzione meccanica e montaggio finale	45
6.4 Voci dello strumento	54
6.5 Istruzioni per suonare	54
7. Un miniorgano	56
7.1 Piano di costruzione	57
7.2 Parte elettronica	58
7.3 Lavori meccanici e voci	61
7.4 Come si suona il miniorgano	65
7.5 Ampliamento successivo	65
8. Tavola delle tonalità	68

1. Si fa della musica

Come funzionano gli strumenti musicali elettronici? Si possono costruire anche da sè? Queste domande vengono continuamente riproposte dagli appassionati di musica e dagli hobbysti più giovani. Gli strumenti musicali elettronici, dal sintetizzatore all'organo elettronico, sembrano infatti a prima vista molto complicati. Tuttavia, l'idea di base dei loro circuiti è, nella maggior parte dei casi, piuttosto semplice. È il gran numero degli effetti inseriti e quindi la sovrabbondanza di componenti e di costi di lavoro, a far sì che gli strumenti che si trovano in commercio raggiungano prezzi elevati. Chi vuole impiegare il proprio tempo libero nel settore della produzione dei suoni, ha in effetti bisogno di poco denaro. Ciò che stupisce, è che anche con circuiti semplicissimi, che richiedono un impiego modesto di materiali e di lavoro, si possono ottenere risultati musicali molto buoni. Gli strumenti descritti nei capitoli 6 e 7 non costituiscono quindi solo un piacevole hobby, ma anche dei bellissimi regali per bambini e ragazzi.

Questo libro si rivolge agli appassionati di musica, che si dilettono di particolari esperimenti. Chi ha già esperienza come radioamatore o radiotecnico capirà subito i circuiti. Tali conoscenze non sono tuttavia presupposte. I principianti troveranno nel capitolo 2 tutte le nozioni di base necessarie. Scopo di questo libro è condurre l'interessato fino al punto di poter costruire, divertendosi, semplici strumenti elettronici. Egli dovrebbe essere in grado, inoltre, dopo la realizzazione di tutti gli esperimenti, di costruire, con l'aiuto di un buon piano di lavoro, un grande organo elettronico.

1.1 Strumenti monofonici

I primi strumenti musicali elettronici monofonici furono costruiti già negli anni venti. Essi suscitavano allora molto scalpore fra i

musicisti e gli appassionati di musica. Particolarmente interessanti appaiono, dal punto di vista odierno, i lavori di Trautwein e di Sala. Essi costruiscono il « Mixtur-Trautonium », antenato dell'oggi popolare sintetizzatore.

Nel corso degli anni sono stati fabbricati in grande numero da alcune ditte strumenti molto buoni, come ad esempio il « Solovox » (Laurens Hammond), il « Clavioline » (Jørgensen) e l'« Electra-Melodica » (Hohner). Con le costruzioni più recenti, « Organi Sound » universali e « Sintetizzatori » di vario tipo, si chiude un periodo nello sviluppo degli strumenti musicali monofonici. Si può ben dire che essi non rappresentano affatto una novità.

È necessario ancora precisare la definizione di « strumenti monofonici ». La locuzione « monofonico » relativa a organi e sintetizzatori significa unicamente tecnica di suono semplice e facile da imparare. Il suono stesso è sempre polifonico, cioè a più voci. Di regola si costruiscono assieme molti generatori di suono o divisori di frequenza. Speciali elaborazioni permettono un numero infinito di diverse combinazioni. Modulatori, filtri e generatori di rumori permettono inoltre numerosi tipi di effetti che non sarebbero realizzabili a basso costo con strumenti musicali polifonici.

La spesa relativamente modesta e le numerose possibilità di espressione musicale rendono particolarmente attraenti per gli hobbysti e gli amatori di esperimenti musicali gli strumenti monofonici polifonici. Il nostro mini-organo descritto nel capitolo 7 è un esempio semplice ma tipico di essi.

1.2 Strumenti polifonici

Polifonici sono anzitutto gli organi elettronici. Ne vengono costruiti di vari tipi con prezzi molto diversi. Si va da un semplice strumento per esercizi fino a modelli speciali che un comune mortale può appena riuscire a pagare. Per le musiche da ballo vengono di solito usati, sulla base di criteri di suono e di qualità, organi il cui valore va da 1.000.000 a 4.500.000 di lire. Con questi

strumenti si possono sfruttare praticamente tutte le possibilità musicali.

Gli organi elettronici di questa categoria sono particolarmente interessanti per il costruttore dilettante, poiché i costi netti di materiale ammontano solo a 1/5 o 1/6 del prezzo di mercato. Inoltre le conoscenze di base necessarie per la costruzione sono di facile acquisizione. Chi abbia eseguito tutti gli esperimenti descritti in questo libro si troverà in condizione di realizzare un prezioso strumento, seguendo le indicazioni di un buon piano di lavoro. Esistono anche strumenti polifonici a percussione. Notissimi sono i pianoforti elettronici, molto richiesti in questi ultimi tempi. Sono strumenti che suonano veramente come un pianoforte e sono inoltre molto più maneggevoli da trasportare. Degli speciali registri consentono diversi timbri di suono (celeste, honky-tonk, ecc.).

2. Esperimenti musicali

Nei prossimi capitoli, mediante semplici esperimenti, vogliamo fare conoscenza con i circuiti comunemente usati negli strumenti musicali elettronici. A tale scopo non basta tuttavia leggere il testo. Chi vuole raggiungere una solida conoscenza in materia, deve anche effettuare esperimenti concreti. L'argomento è infatti molto « orecchiabile ». Ho già insistito su questo punto e ciò vale doppiamente per i principianti.

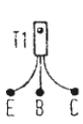
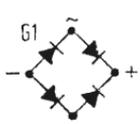
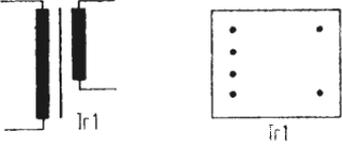
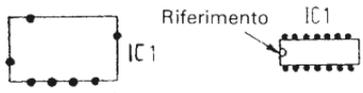
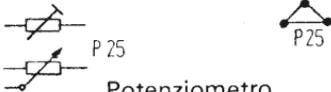
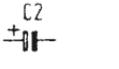
I lettori senza precedenti conoscenze d'elettronica dovranno anzitutto familiarizzarsi con i simboli dei circuiti e con i nomi dei componenti. Dopo la conclusione di tutti gli esperimenti essi saranno in grado di capire anche circuiti di strumenti molto complicati. Le conoscenze necessarie verranno fornite nei paragrafi sugli strumenti, i circuiti stampati e la saldatura.

Il nostro hobby non è difficile, come può sembrare al profano. In questo libro, per facilitare la comprensione, i singoli capitoli sono disposti in successione di difficoltà crescente in modo da seguire le crescenti conoscenze degli sperimentatori. Si otterranno così, passo dopo passo, le conoscenze fondamentali per uno degli hobby elettronici più belli.

2.1 Componenti e simboli elettrici

I circuiti elettronici si possono leggere, e quindi capire, solo se si ha familiarità con i simboli elettrici. La Fig. 2.01 mostra una tabella riassuntiva dei simboli di tutti i componenti usati in questo libro. Con presentazione differenziata si possono vedere, di volta

Fig. 2.01. Simboli elettrici

 		<p>B = Base E = Emittitore C = Collettore</p>	 vista dall'alto	
Transistori				
				
Diodo		Diodo Zener		
				
Raddrizzatore a ponte		Trasformatore		
				
Circuito integrato		Bobina		
				
Pila		Potenziometro		
				
Condensatore		Resistore		
				
Condensatore elettrolitico		Altoparlante		
				
Pulsante		Lampadina		
				
Interruttore		Conduttori incrociati		

in volta, a sinistra i simboli dei componenti e accanto, a destra, la rappresentazione del componente nei piani di costruzione. Vogliamo parlare anche dell'acquisto dei componenti. Essi sono stati scelti in modo da poter essere reperibili sul mercato per un periodo molto lungo.

Resistenze e condensatori vengono spesso offerti in assortimenti convenienti. Per i condensatori elettrolitici bisogna però fare attenzione che l'articolo sia veramente recente, altrimenti i valori stampati all'esterno non contano più. Le indicazioni fornite negli elenchi dei componenti devono, di norma, essere rispettate. Se non ci sono altre indicazioni, vanno bene per tutte le resistenze tipi da $\frac{1}{2}$ W. La tensione minima di prova di un condensatore è di 15 V. Resistenze a maggior dissipazione e condensatori a più elevata tensione, non sono tuttavia un inconveniente.

Diodi, transistori e circuiti integrati vanno comperati sempre di prima scelta. Il materiale di qualità scadente ha molto raramente i requisiti richiesti. Esso pregiudica perciò l'esatto funzionamento del circuito costruito.

Tutti gli altri componenti elettronici e meccanici vengono descritti nel testo.

2.2 Quali sono gli attrezzi necessari?

Per tutti i lavori bastano gli attrezzi consueti per gli hobbysti come cacciavite, varie pinze e pinzette, trapano con diverse punte, saldatore.

Un trapano è indispensabile, tuttavia non è necessario un tipo elettrico ricco di accessori. Per i nostri scopi sono più utili degli strumenti a mano, perché i fori che occorrerà praticare saranno molto sottili. Inoltre i buchi nel materiale di base delle piastrine (vetro acrilico) possono essere praticati solo trapanando lentamente.

2.3 Circuiti stampati

Le costruzioni compatte dell'elettronica moderna non sarebbero possibili senza i circuiti stampati. Per spiegare il perché di questo nome occorre ripercorrere le fasi della loro fabbricazione industriale.

Quando in laboratorio è pronto il montaggio definitivo di un circuito, viene preparata una sagoma del percorso delle piste sulla piastrina. Prima di tutto si ricava da essa, con mezzi fotografici, un positivo in grandezza naturale e quindi lo si riporta, sempre fotograficamente, su una rete da stampatrice a maglie sottili. Con una speciale stampatrice a rete lo schema del percorso delle piste può essere riprodotto in grande quantità. I circuiti sono così, come dice chiaramente il nome, realmente stampati. La loro produzione in grande serie è molto economica.

Tuttavia, per pezzi unici o per piccole quantità, il procedimento indicato è troppo dispendioso. Nonostante ciò anche in questo caso non si rinuncia ai vantaggi di una basetta stampata. Per la realizzazione ci sono vari metodi più semplici. La denominazione « circuito stampato » in senso stretto, in tal caso non è più corretta, essa tuttavia è stata ormai generalmente adottata.

Particolarmente elegante, ma purtroppo anche costoso, è l'impiego di basette fotoincise. In commercio esistono vari tipi di confezioni di diverse grandezze, con precise istruzioni per l'uso. I trasparenti da copia necessari sono facilmente preparabili, dato che tutti gli schemi vengono presentati in scala 1:1. Punti di saldatura e piste di conduzione possono essere facilmente trasferite sulla carta trasparente e passate con l'inchiostro di china.

È tuttavia notevolmente più economico, e con un pò d'esercizio anche più semplice, riportare direttamente le piste di conduzione sul lato di rame delle piastrine. A tal scopo si fissa con un pò di nastro adesivo sul foglio di rame delle piastrine lo schema d'incisione in scala 1:1 e mediante una punta aguzza si indicano tutti i fori previsti. Dopo aver tolto lo schema, si pulisce il rame con acqua e detersivo, lo si asciuga, e si inizia il disegno utilizzando uno speciale inchiostro protettivo. Le piste conduttrici verranno

realizzate collegando in modo opportuno i singoli fori.

Per la corrosione della piastrina è adatta una soluzione di una parte di cloruro ferrico in tre parti d'acqua. La piastrina viene posta in una bacinella piatta riempita di soluzione, in modo che il rame non protetto venga corrosivo.

In seguito occorre nuovamente lavare la piastrina con acqua e detersivo. Gli ultimi residui d'inchiostro possono essere allontanati con dell'alcool. Come protezione dalla corrosione si può utilizzare una speciale vernice spray.

Per la realizzazione dei fori, la basetta viene fissata su di un supporto di legno duro. Tutti i fori di montaggio hanno un diametro di 1 mm. I fori di fissaggio verranno tracciati solo con una incisione a croce e il loro diametro verrà poi regolato secondo le viti disponibili.

2.4 Saldature

È necessario un saldatore da 16 Watt, piccolo ma di buona qualità, con supporto adatto. Molto utile è pure una punta che non diventi incandescente, che possa quindi essere pulita facilmente in ogni momento. Come stagno da saldatura si usa quello con anima fondente da 1 mm di diametro.

La pasta per saldature non dovrebbe essere usata per i circuiti elettronici. Essa non è affatto necessaria quando i collegamenti sono lisci o già stagnati. In nessun caso si deve usare, per le saldature con zinco, soluzione per saldature: i componenti e i circuiti stampati verrebbero rovinati in breve tempo. Saldare è semplice. Occorre infilare i terminali dei singoli componenti nei corrispondenti fori del circuito stampato, e, se necessario, ripiegarli. Quindi si porta la punta del saldatore vicino al terminale, mentre con l'altra mano si avvicina dello stagno che, fondendo, effettua la saldatura. I capi dei terminali che sporgono vanno tagliati. Le saldature fatte male e le cosiddette saldature fredde sono riconoscibili dalla struttura cristallina della superficie dello stagno.

È necessario porre particolare attenzione nella saldatura dei semiconduttori. I loro terminali non dovranno, se possibile, essere accorciati. I diodi, i transistori e i circuiti integrati sono estremamente sensibili alla temperatura e quindi il tempo di saldatura non dovrà superare, per ogni terminale, i 2,5 secondi. Sarà bene saldare i piedini dei circuiti integrati alternativamente dalle due parti, per suddividere meglio il calore.

Per maggiori particolari sulla saldatura, i circuiti stampati, gli attrezzi di lavoro e i componenti elettronici si veda: *Come si costruisce un circuito elettronico*, della stessa serie di questo volume. Nel testo è inoltre inserita una tavola con il codice dei colori dei resistori tubolari e le unità di misura elettriche.

2.5 Costruzione di circuiti sperimentali

I singoli circuiti descritti in questo volumetto sono accompagnati da esaurienti e dettagliate spiegazioni. Le foto delle diverse tavole forniscono ulteriori informazioni. Per tutti i circuiti è prevista l'alimentazione con pile, quindi chiunque li può realizzare senza alcuna difficoltà né problemi. Saranno necessarie due pile piatte da 4,5 V collegate tra di loro in modo tale che il polo positivo di una pila sia connesso col polo negativo dell'altra. Come morsetti per i collegamenti si possono usare dei fermagli di metallo collegati a conduttori isolati. Non è necessario un interruttore: durante le pause si disinserirà semplicemente uno dei collegamenti.

Per la riproduzione di segnali audio si può usare, per motivi di costo, una vecchia radio. Va bene qualsiasi modello, anche fuori uso, a patto però che esista e funzioni un collegamento fono (per il giradischi). L'altoparlante dovrebbe essere grande, per rendere possibile una buona resa dei toni bassi. Per il collegamento dei nostri circuiti alla radio si utilizzerà un cavo schermato. Da una parte si montano, come indicato dalla Fig. 2.02, due spinotti a banana, dall'altra due spinotti e due morsetti a cocodrillo rosso e nero. Nel caso che il ricevitore utilizzato sia di tipo moderno, i ter-

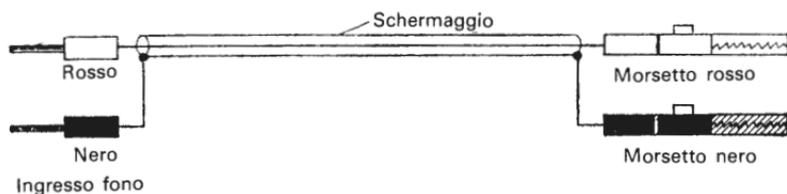


Fig. 2.02. Cavo di collegamento per vecchi apparecchi

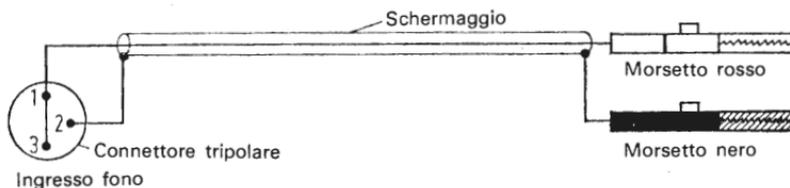


Fig. 2.03. Cavo di collegamento per apparecchi moderni

minali del cavo che verranno collegati all'ingresso fono della radio dovranno essere raccolti in un connettore tripolare, come indica la Fig. 2.03. Occorrerà, nel caso l'apparecchio usato sia stereo, commutarlo in mono. Si faccia attenzione alle polarità indicate sul cavo di collegamento: se si avvertirà un ronzio occorrerà cambiarle.

La spesa per tutti gli esperimenti è limitata. Per l'acquisto dei componenti bastano poche migliaia di lire per ogni circuito.

3. La produzione dei suoni

Tutti gli strumenti musicali menzionati nei paragrafi 1.1 e 1.2 contengono, per la produzione dei suoni, dei circuiti elettronici. La principale caratteristica di questi generatori è la forma del loro segnale d'uscita. Tre tipi fondamentali sono i più diffusi: l'onda quadra, l'onda a dente di sega e l'onda sinusoidale.

Piuttosto che porci il problema di determinare quale sia la miglior forma d'onda, passiamo ad esaminare le diverse proprietà dei tre segnali, mediante semplici esperimenti. Iniziamo costruendo i tre generatori.

3.1 Il multivibratore

I generatori d'onde quadre sono molto usati in elettronica. Un tipico rappresentante di questa categoria è il multivibratore. Cir-

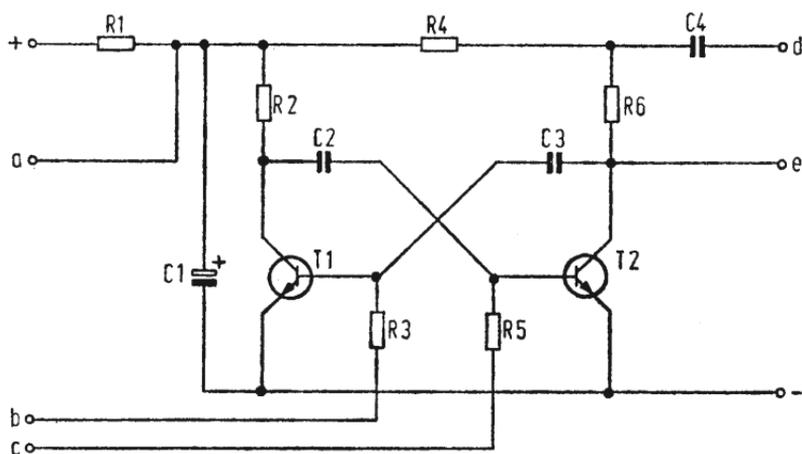


Fig. 3.01. Multivibratore

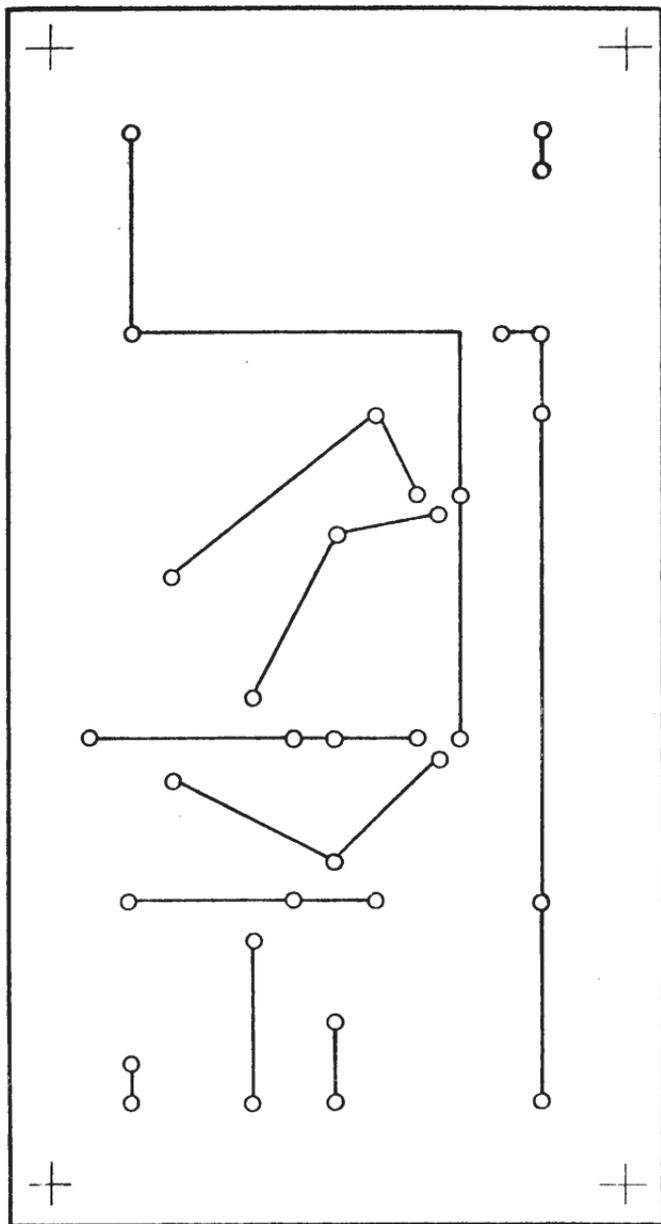


Fig. 3.02. Circuito stampato del multivibratore

cuito, basetta stampata e piano di montaggio sono indicati nelle Figg. 3.01, 3.02 e 3.03. La foto 1 di tavola 1 mostra un circuito ultimato.

Per descriverne il funzionamento, supponiamo che T1 diventi conduttivo. La sua tensione di collettore si abbassa e genera attraverso C2 un impulso negativo, che blocca la base del transistor T2. Da ciò risulta un impulso positivo di tensione al collettore di T2, che apre completamente attraverso C3 il transistor T1.

Nella fase seguente C2 si scarica e T2 comincia a diventare conduttivo. Si ripete l'andamento descritto nella direzione opposta, fino a che T1 diventa nuovamente conduttivo. I due transistori lavorano come in altalena. Essi vengono alternativamente aperti e chiusi.

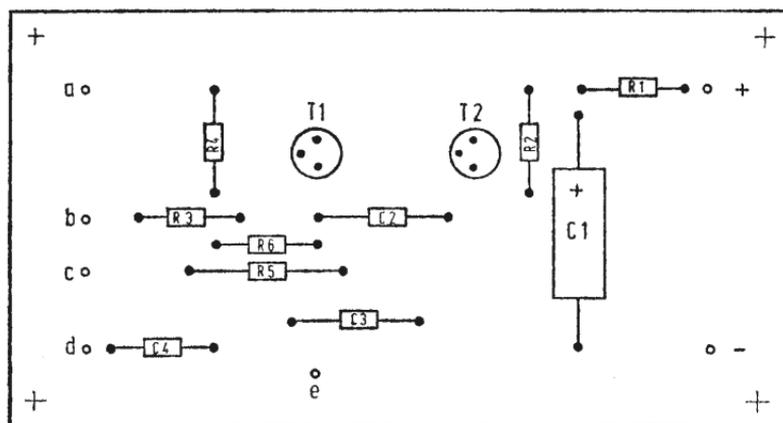


Fig. 3.03. Realizzazione del multivibratore

Elenco dei componenti di Fig. 3.03

R4 = 330 Ω
 R3 = 12 k Ω
 C4 = 0,47 μ F
 R5 = 12 k Ω

R6 = 820 Ω
 T1 = BC 172 B
 T2 = BC 172 B
 C2 = 0,12 μ F

C3 = 0,12 μ F
 R2 = 1,2 k Ω
 R1 = 100 Ω
 C1 = 100 μ F

3.2 Il divisore di frequenza

Ricordiamo a questo punto un tipo molto diffuso di multivibratore: il circuito bistabile. Esso viene incorporato negli organi come divisore di frequenza. Un circuito bistabile non oscilla da solo: il suo funzionamento dipende da impulsi provenienti dall'esterno. Precisamente due impulsi d'ingresso producono all'uscita una sola oscillazione. La frequenza viene dunque esattamente divisa in due. Non vale la pena esercitarsi molto con questo circuito, poiché negli strumenti moderni lo si utilizza sottoforma di circuito integrato. Nel nostro mini-organo ne faremo uso.

3.3 Generatore di onde a dente di sega

Nelle Figg. 3.04, 3.05 e 3.06 è indicata la costruzione di un interessante multivibratore ad impulsi. Questo fondamentale circuito costituirà, nel mini-organo più avanti descritto, l'oscillatore principale. Qui però esso viene ampliato con l'aggiunta di un inseguitore catodico, per diventare un generatore d'onde a dente di sega.

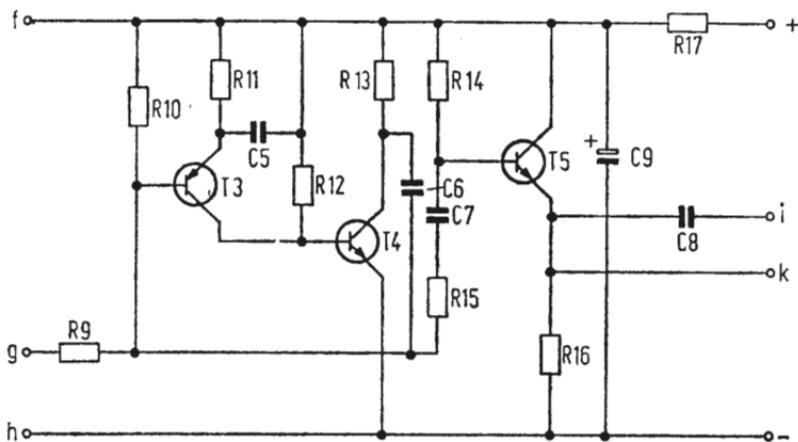


Fig. 3.04. Generatore d'onde a dente di sega

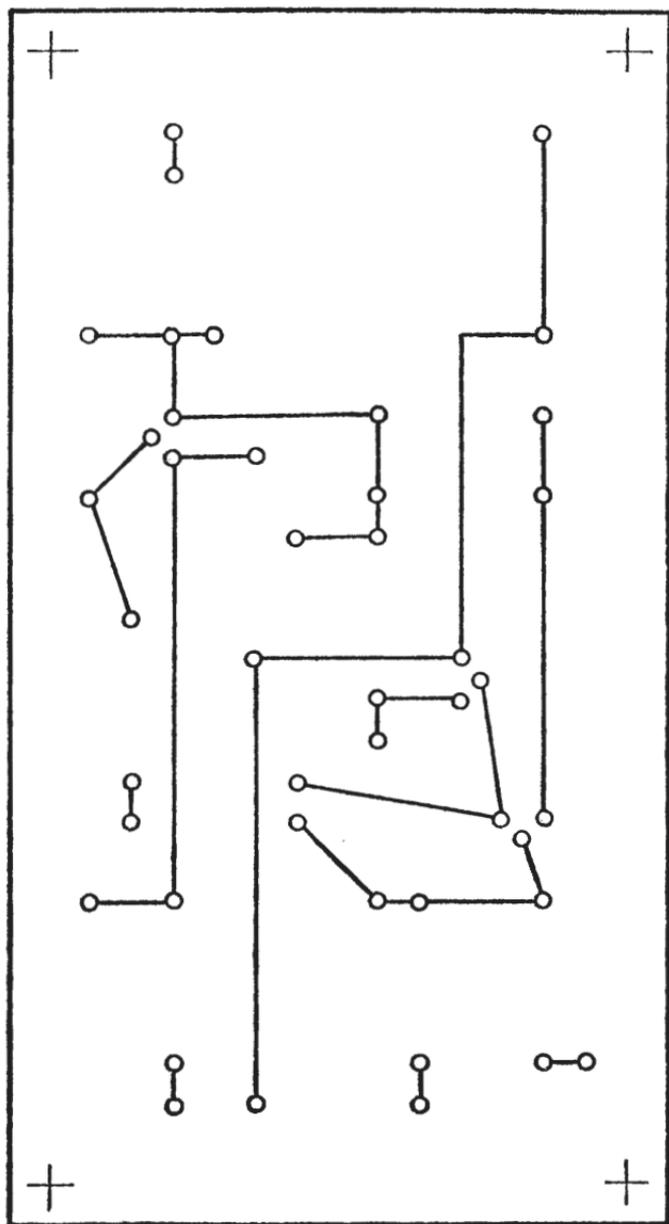


Fig. 3.05. Circuito stampato del generatore d'onde a dente di sega

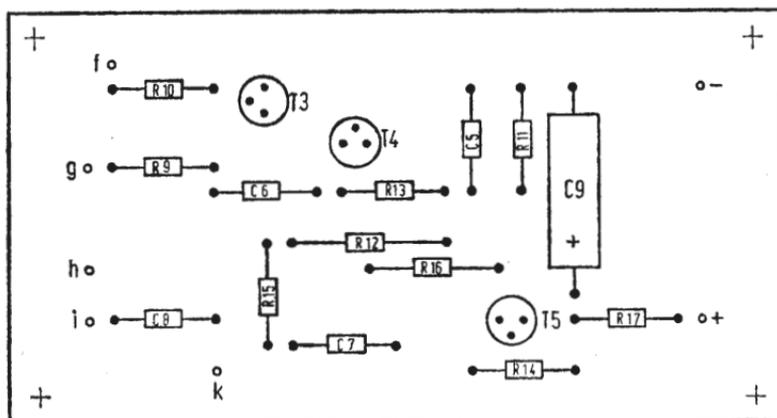


Fig. 3.06. Realizzazione del generatore d'onde a dente di sega

Elenco dei componenti di Fig. 3.06

R10 = 2,2 M Ω	R16 = 6,2 k Ω	T5 = BC 172 B
R9 = 56 k Ω	C7 = 15 nF	C5 = 0,22 μ F
C8 = 0,22 μ F	R14 = 470 k Ω	R11 = 820 Ω
R15 = 8,2 k Ω	T4 = BC 172 B	C9 = 100 μ F
C6 = 15 nF	R13 = 120 Ω	R17 = 100 Ω
T3 = BC 177 B	R12 = 1,2 M Ω	

Nella posizione di riposo i transistori T3 e T4 sono bloccati. Il condensatore C6 viene caricato attraverso R13, R9 e R18 che fungerà da resistenza « di suono ». Con ciò la tensione alla base di T3 sale quasi linearmente.

Ad una data soglia di tensione, determinata da R11, T3 comincia a condurre e inserisce di colpo il transistor T4. Il tratto a bassa resistenza collettore-emittore scarica C6 ed entrambi i transistori si chiudono di nuovo.

Alla base del transistor T3 è disponibile il segnale a dente di sega. Questo terminale tuttavia non deve essere caricato troppo. Per realizzare un accoppiamento libero da carichi è perciò previsto T5 che costituisce un inseguitore catodico ad alta resistenza di ingresso. Il segnale viene prelevato attraverso C7.

La costruzione ultimata è visibile nella foto 2 di tavola 1.

3.4 Oscillatore sinusoidale

Esistono vari tipi di circuiti oscillanti per la produzione di un segnale sinusoidale. Particolarmente diffuse sono quelle realizzazioni che, per la determinazione della frequenza, utilizzano bobine e condensatori. Questi oscillatori LC non sono comparabili a nessun altro semplice circuito generatore di dimensioni corrispondenti, per quanto riguarda la costanza nella frequenza.

Nei costosi organi elettronici americani si trovano spesso 96 oscillatori sinusoidali indipendenti, oscillanti senza alcuna sincronizzazione. Un suono così vivace non è realizzabile con divisori di frequenza accoppiati a fasi fisse. Considerazioni dettagliate sul tema degli organi a oscillatori sinusoidali ci porterebbero però troppo lontano. Per i nostri esperimenti basta una realizzazione più semplice.

Le Figg. 3.07, 3.08 e 3.09 mostrano il circuito, la basetta stampata e il piano di montaggio di un oscillatore sfasatore che, in forme simili, viene usato in molti strumenti come generatore di vibrato.

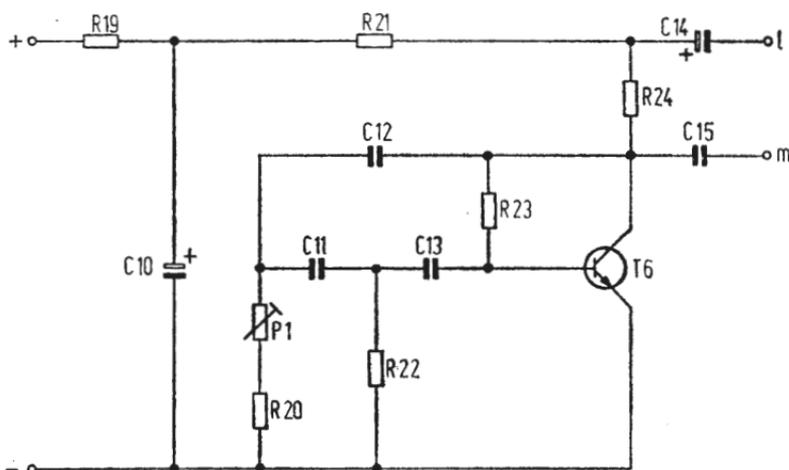


Fig. 3.07. Oscillatore sinusoidale

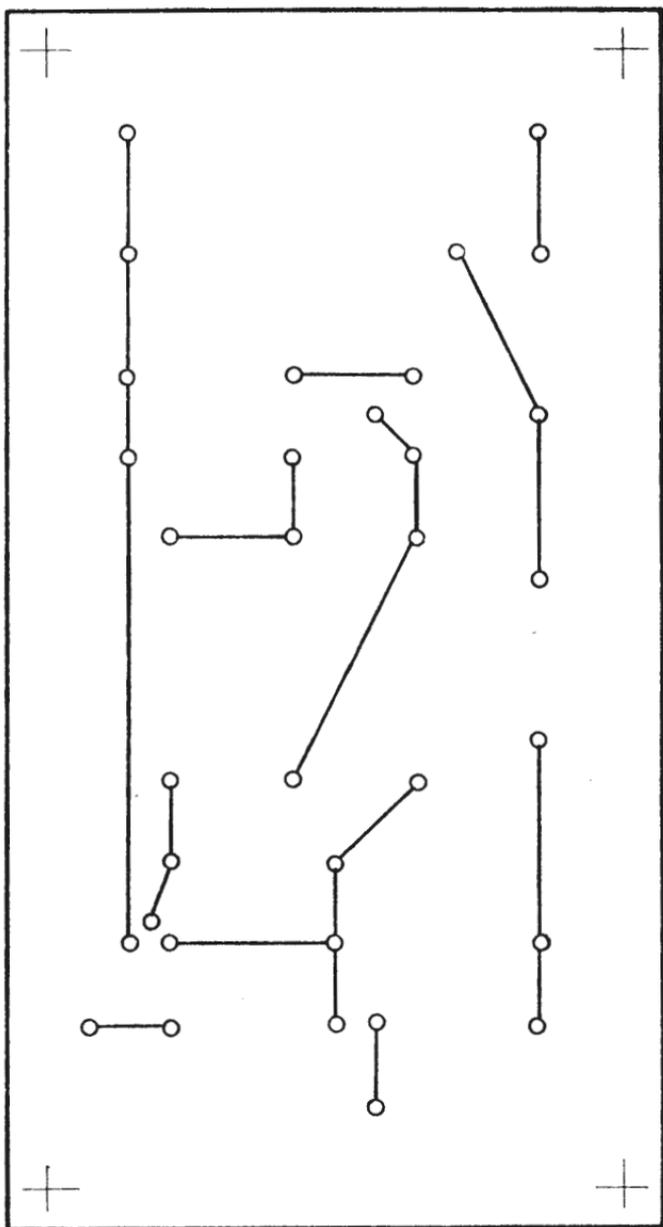


Fig. 3.08. Circuito stampato dell'oscillatore sinusoidale

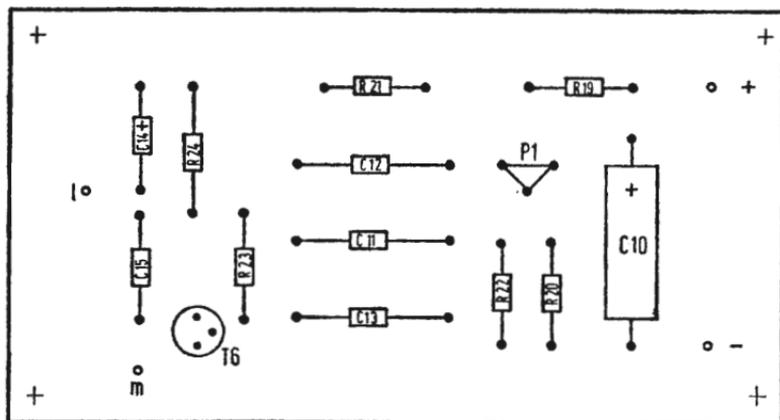


Fig. 3.09. Realizzazione dell'oscillatore sinusoidale

Elenco dei componenti di Fig. 3.09

C15 = 0,22 μ F
 C14 = 1 μ F
 R24 = 4,7 k Ω
 R23 = 470 k Ω
 T6 = BC 172 B

C13 = 15 nF
 C11 = 15 nF
 C12 = 15 nF
 R21 = 2,7 k Ω
 R19 = 100 Ω

P1 = 25 k Ω
 R22 = 12 k Ω
 R20 = 330 Ω
 C10 = 100 μ F

Per capire il funzionamento di questo circuito, bisogna sapere che applicando alla base di un transistor un segnale sinusoidale, sul collettore si otterrà, amplificata, una sinusoide della stessa frequenza ma sfasata di 180°. Per ottenere un'autoeccitazione occorre accoppiare il collettore con la base (reazione) in modo che il segnale venga ulteriormente sfasato di 180° e quindi si riporti in fase con il segnale di base. Questo sfasamento viene realizzato con una catena resistenza-condensatore, che in questo caso è composta di tre parti, cioè contiene tre condensatori. In questo modo, se sul collettore si hanno diversi segnali di varie frequenze, solo uno di essi produrrà l'autoeccitazione, e precisamente quello che è sfasato dalla rete RC di 180°.

Una delle resistenze è costituita dal potenziometro P1, con cui è possibile variare la frequenza entro stretti limiti. La foto 3 della tavola 1 mostra il circuito completamente realizzato.

3.5 Utilizzazioni musicali

Dopo aver costruito i tre circuiti generatori d'onde, confrontiamo i diversi tipi di suono. A tal scopo si può costruire un circuito come indicato in Fig. 3.10. Le resistenze R7, R8 e R18 servono a regolare la frequenza, e trovano utilizzazione solo in questo circuito, non serviranno cioè per i prossimi esperimenti. I collegamenti positivo e negativo di ogni basetta andranno connessi alle pile; al

Elenco dei componenti di Fig. 3.10

3.03 = multivibratore	R7 = 1,8 k Ω
3.06 = generatore d'onde a dente di sega	R8 = 1,8 k Ω
3.09 = oscillatore sinusoidale	R18 = 270 k Ω

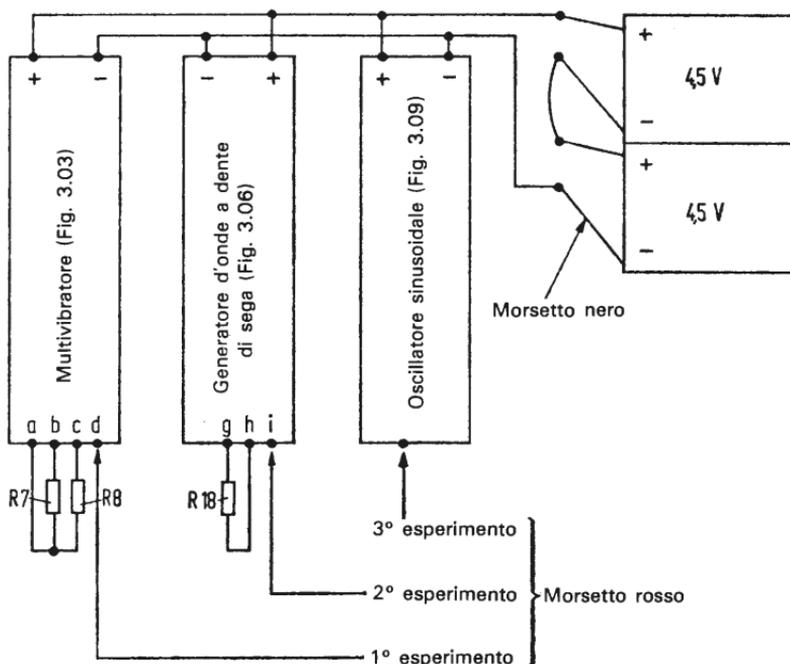


Fig. 3.10. Costruzione sperimentale per l'analisi dei suoni

polo negativo deve essere collegato anche il morsetto nero del cavo di collegamento alla radio.

Ora possiamo sentire il segnale quadro. A tal scopo il morsetto rosso del cavo di collegamento deve essere connesso col punto d. Il suono che si sente sarà tipicamente cupo, come di una canna d'organo coperta. Ciò deriva dal fatto che un segnale quadro non comprende i toni alti della scala naturale dei toni, ed essi quindi mancano completamente.

Completamente diverso è il suono del segnale a dente di sega. Esso comprende tutti i toni alti della scala naturale; collegando il morsetto rosso al contatto lo possiamo sentire. Il suono sarà chiaro come quello di un violino, oppure di un organo da chiesa (canne strette).

Connettendo il morsetto col punto 1 si sente un segnale sinusoidale. Esso ha un suono neutro, senza nessuna asprezza. Una tensione sinusoidale pura, infatti, non contiene toni alti.

Esaminando le proprietà descritte dei tre segnali, per quanto riguarda l'aspetto sonoro, se ne potrebbe trarre la conclusione che il segnale a dente di sega sia l'ideale. In effetti si possono ottenere da esso quasi tutti i timbri di suono. I generatori a dente di sega sono quindi molto consigliabili per organi economici, permettendo di selezionare suoni molto puliti. Tuttavia, se si realizza uno strumento a più registri, specie nei registri acuti, sorgono a causa della modulazione incrociata sgradevoli asprezze e toni dissonanti che non possono essere eliminati neppure con i migliori filtri.

Le caratteristiche di un segnale rettangolare sono in generale ancora più svantaggiose. Si possono tuttavia aggiungere con un semplice accorgimento i toni alti mancanti, così da ottenere le stesse possibilità di suono come con un segnale a dente di sega. È per questo che, negli strumenti costruiti su scala industriale vengono incorporati dei generatori d'onde quadre. Essi possono inoltre essere facilmente integrati.

Il segnale sinusoidale che a tutta prima sembra svantaggioso, risulta ideale ad un esame più dettagliato. Certo, la spesa per un singolo generatore è notevolmente più alta, ma grazie a ciò la formazione del suono per grandi quantità risulta più conveniente. Ciò

accade per esempio con i notissimi organi Hammond. Si aggiungono al tono di base solo i toni alti che diventano veramente gradevoli. Le modulazioni incrociate sono appena udibili, perciò il suono risulta, anche in organi a più registri, di una squisita bellezza.

4. Registri ed effetti sonori

L'esperimento del capitolo precedente, pur essendo indispensabile per la conoscenza dei timbri dei suoni fondamentali, non è completamente esemplificativo sulle effettive possibilità dei nostri circuiti. Infatti sono stati trascurati due importanti fattori: l'utilizzazione di registri e l'inserimento di effetti speciali. Entrambi sono determinanti per ottenere dei suoni multiformi. Vogliamo quindi parlarne brevemente.

4.1 Registri

Per agire sui suoni vengono usati filtri, per lo più passivi. La Fig. 4.01 dà una panoramica dei circuiti filtranti di maggior uso. Nella parte a) sono presentati diversi filtri passa-basso, che tagliano i toni alti nella misura di volta in volta scelta. I filtri passa-basso servono per riprodurre le voci dei flauti, ma anche per formare il registro principale.

I filtri passa-alto illustrati in b) hanno caratteristiche esattamente contrarie. Essi sopprimono il tono di base e accentuano vigorosamente i toni alti. I passa-alto vengono usati per riprodurre gli archi.

I passa-banda raffigurati in c) svolgono tutt'altre funzioni. Essi accentuano solo un determinato settore di frequenze, come ad esempio quello necessario per la riproduzione di trombe e sassofoni.

Una funzione opposta a questa hanno i cosiddetti eliminatori di banda illustrati in d). Essi eliminano un determinato settore di frequenze. Gli eliminatori di banda vengono usati raramente nei circuiti dei registri. Si trovano solo nei circuiti universali, soprattutto per limitare l'abbassamento dei passa-basso.

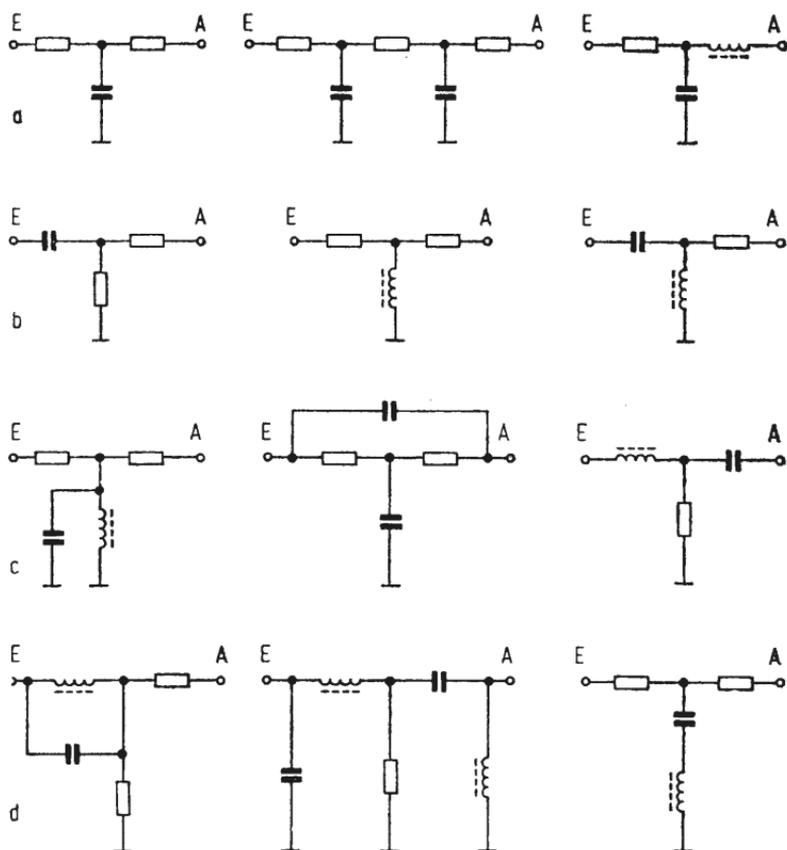


Fig. 4.01. Filtri passivi

4.2 Vibrato

Quasi tutti gli strumenti musicali elettronici hanno un vibrato di frequenza. Come si intuisce dalla denominazione, con tale circuito la frequenza del suono viene cambiata di poco periodicamente, circa sette volte in un secondo. Per la realizzazione di un vibrato

gradevole è necessario un generatore sinusoidale. Il circuito del generatore sfasatore di Fig. 3.07 è particolarmente adatto a tale uso se si usano condensatori con opportune capacità.

4.3 Sostenuto ed eco

L'effetto « sostenuto » fa risuonare a lungo a lungo le note suonate, anche dopo che i tasti sono tornati nelle posizioni di riposo. La spesa per questo effetto è notevole, poichè per ogni tasto deve essere inserito un circuito. Gli strumenti di prezzo medio sono perciò dotati di un solo registro « sostenuto ».

Negli organi migliori tutti i comandi dei registri dovrebbero essere costruiti elettronicamente: solo così si possono evitare gli indesiderati clic e clac del contatto metallico.

Un buon eco, simile per esempio a quello di una chiesa, può venir riprodotto solo approssimativamente con dei mezzi elettronici. Esistono dei sistemi economici per creare un eco, ma hanno un'estensione di banda molto ristretta: i toni alti e bassi vengono fortemente alterati. Negli organi polifonici sarebbe meglio rendere regolabili i tempi di « sostenuto ». Questi circuiti infatti, sono largamente indipendenti dalla frequenza e producono un eco musicale migliore di tutti gli altri sistemi di risonanza.

4.4 Leslie

I dispositivi Leslie producono un vibrato in modo meccanico. A tale scopo viene applicato davanti ad un altoparlante un tamburo rotante che, con il suo movimento, trasmette circolarmente l'eco. La frequenza del tamburo è regolabile su due velocità: con la rotazione veloce si ottiene il vibrato e con quella più lenta un effetto corale. Negli ultimi tempi si è cercato di riprodurre elettronicamente l'effetto Leslie. Ho dovuto però verificare che i metodi finora noti, malgrado tutta la propaganda, non sono soddisfacenti.

Un vero e proprio box Leslie dovrebbe quindi essere costruito solo con gli accessori originali.

4.5 Ritmo

Recentemente alcune ditte hanno inserito nei loro strumenti musicali anche degli effetti ritmici. Il suono viene così straordinariamente ravvivato. I tipi migliori contengono un dispositivo automatico che suona il basso e diversi accordi. Si evitano così le difficili acrobazie con la mano sinistra: l'accompagnamento si può eseguire solo con un dito.

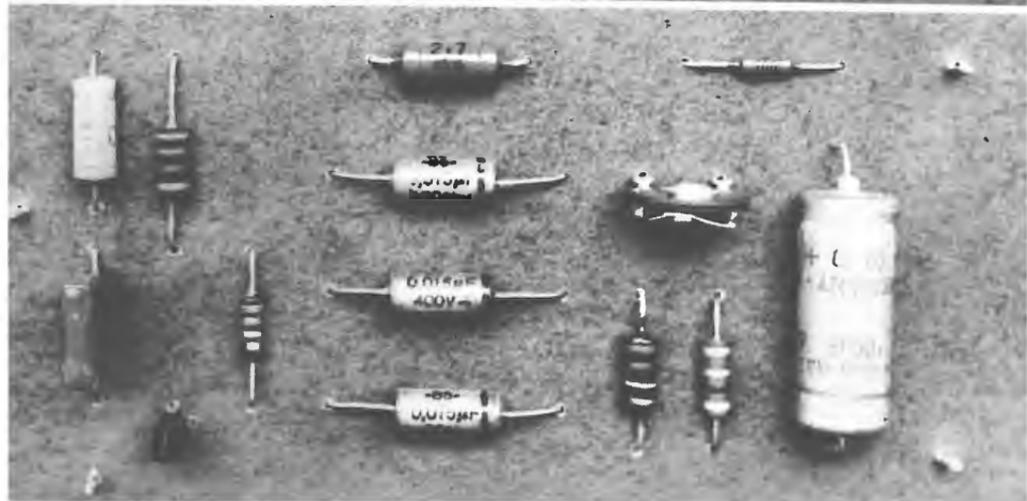
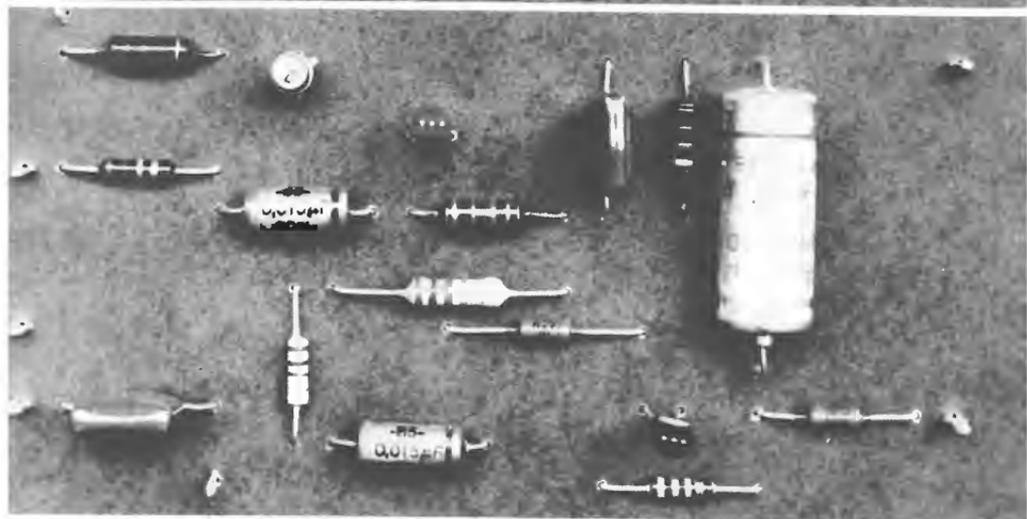
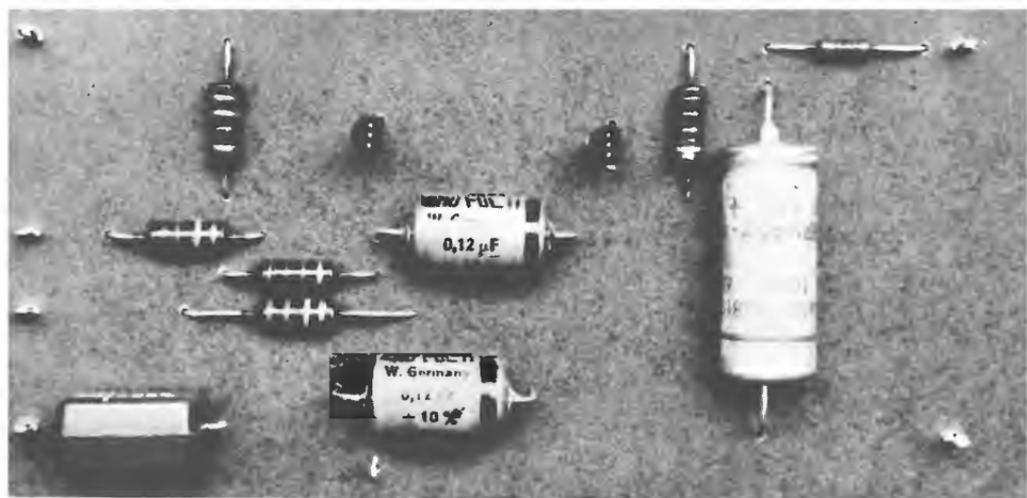
Negli organi professionali portatili quindi, non sono più necessari i pedali dei bassi. Una descrizione dei circuiti ritmici supererebbe comunque largamente i limiti di questo libro.

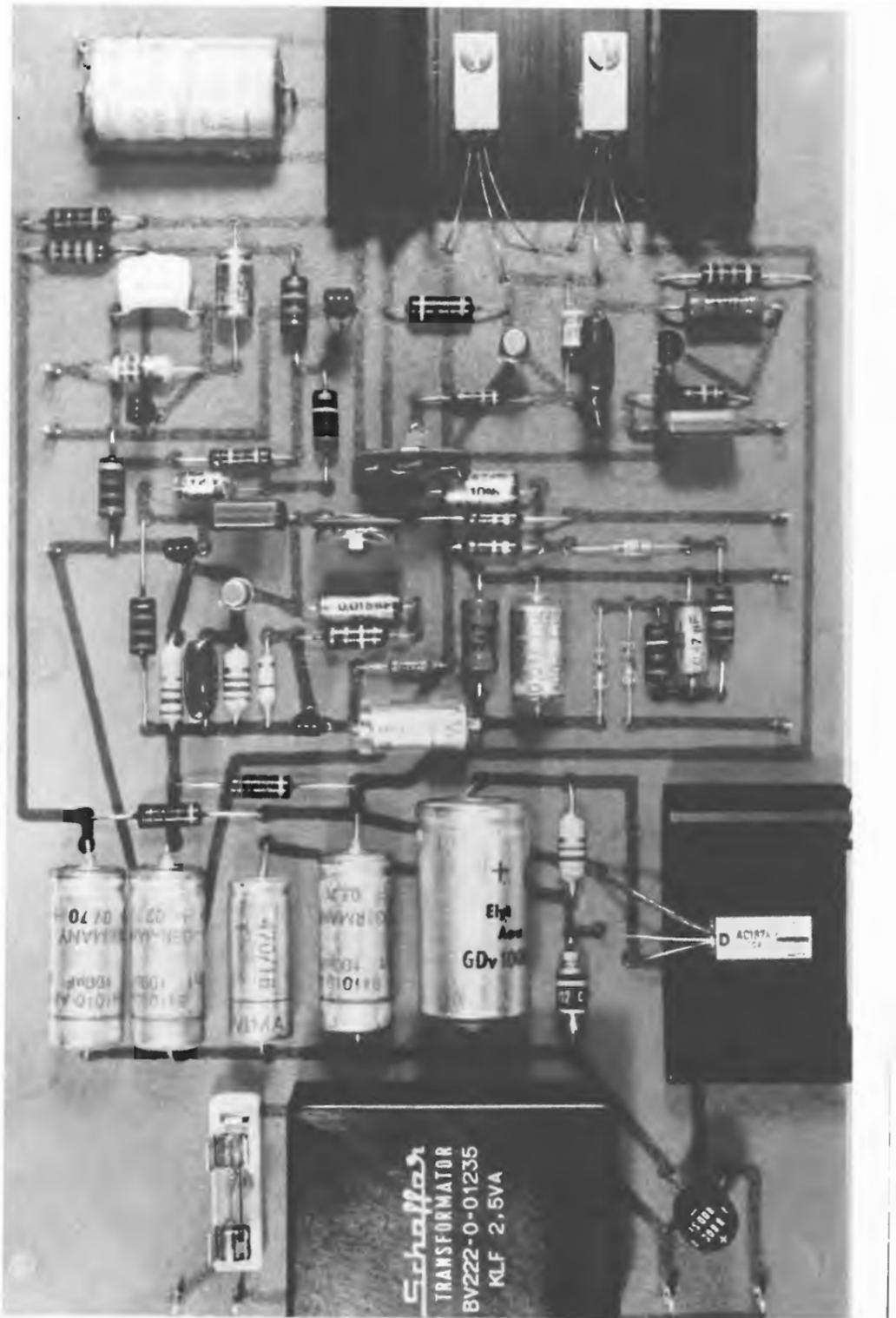
Tavola 1

Foto 1 (sopra): costruzione del multivibratore

Foto 2 (centro): costruzione del generatore d'onde a dente di sega

Foto 3 (sotto): costruzione dell'oscillatore sinusoidale





Schaffner
TRANSFORMATOR
BV222-0-01235
KLF 2,5VA

D AC187

1000
1000

5. Semplici strumenti sperimentali

Vogliamo ora conoscere alcuni suoni ed effetti descritti nel capitolo precedente. Le considerazioni fatte hanno intanto evidenziato il fatto che gli esperimenti semplici sono quelli che riescono meglio. Quindi, gli strumenti descritti nel prossimo paragrafo, non hanno pretese di completezza; sono piuttosto semplicissimi circuiti, il cui principio di costruzione è facilmente riconoscibile.

Chi si interessa seriamente alla materia può tuttavia sviluppare da essi degli strumenti molto ricchi e costosi. Ciò dipende anzitutto dalla sostituzione dei potenziometri con dispositivi più adatti.

5.1 Contatti e filtri

Per il completamento dei generatori precedentemente costruiti sono necessari alcuni circuiti ausiliari rappresentati in Fig. 5.02. Essi contengono solo pochi componenti e sono facilmente collocabili su di una comune basetta stampata, seguendo la Fig. 5.01. La Fig. 5.03 mostra il piano di montaggio.

Occorrerà anzitutto prevedere un particolare « contatto di suono ». Si potrebbe usare un normale pulsante da campanello. Il suo contatto è tuttavia troppo primitivo e viene quindi migliorato, come si è detto nel paragrafo « Sostenuto », con un circuito elettronico (A).

Tavola 2

Foto 4: Piastrina del miniman (in trasparenza si riconoscono le piste conduttrici)

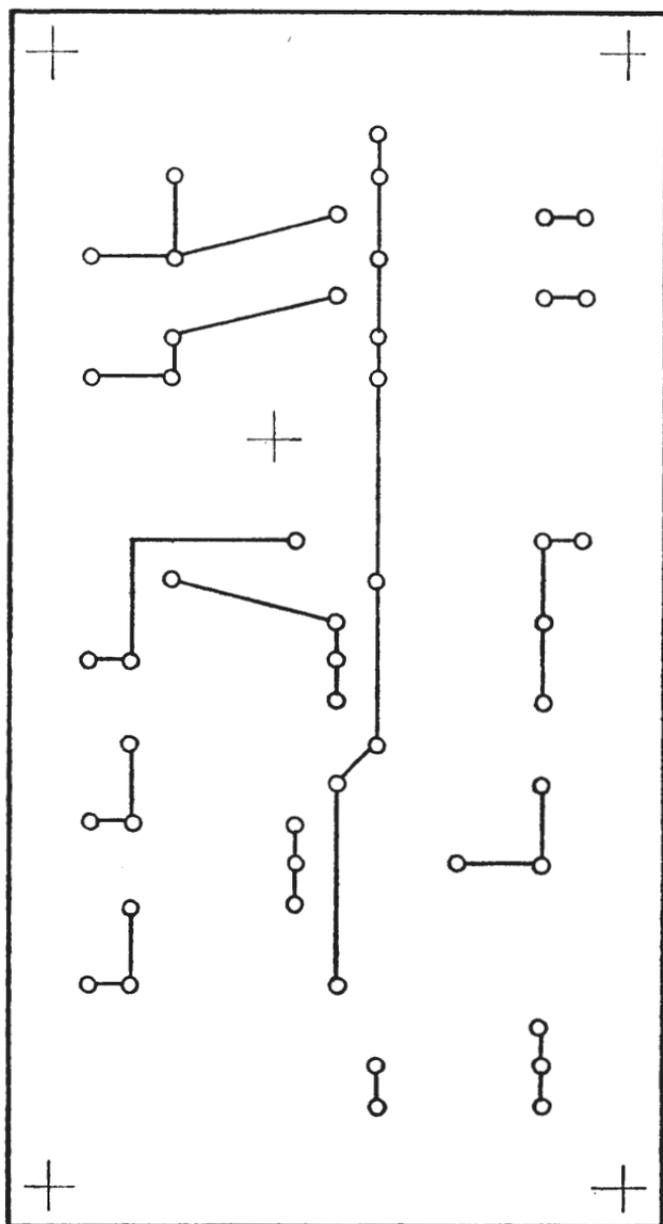


Fig. 5.01. Circuito stampato della piastrina ausiliaria

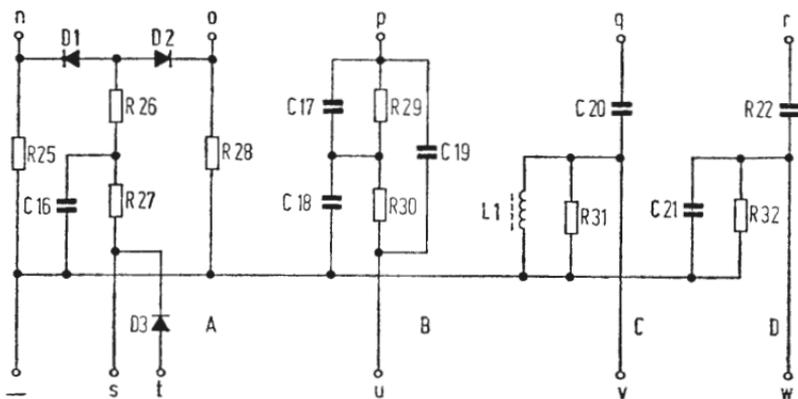


Fig. 5.02. Contatto e filtro di suono

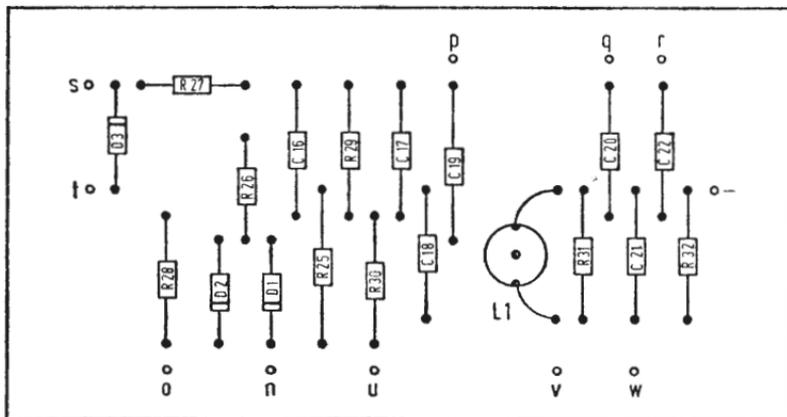


Fig. 5.03. Realizzazione della piastrina ausiliaria

Elenco dei componenti di Fig. 5.03

D3 = BAY 41	C19 = 56 nF	C18 = 47 nF
R27 = 12 kΩ	C20 = 3,3 nF	R30 = 27 kΩ
R26 = 12 kΩ	C22 = 0,47 μF	R25 = 100 kΩ
C16 = 0,47 μF	R32 = 2,2 kΩ	D1 = BAY 41
R29 = 27 kΩ	C21 = 47 nF	D2 = BAY 41
C17 = 0,15 μF	R31 = 120 kΩ	R28 = 100 kΩ
L1 = 500 spire di cordoncino di rame 0,08 su nucleo senza traferro Valvo 3H1/4322 022 02200		

I filtri usati in questo circuito sono stati ampiamente descritti nel paragrafo 4.1. Passa-banda (B), passa-alto (C) e passa-basso (D) differiscono solo di poco dalla forma fondamentale.

5.2 Trombone elettronico

Il nostro primo esperimento ricorda il suono di un trombone. In Fig. 5.04 è indicata la costruzione del circuito. Il generatore d'onde quadre del paragrafo 3.1 è stato completato con un poten-

Elenco dei componenti di Fig. 5.04

3.03 = multivibratore

R33 = 8,2 k Ω

5.03 = circuito ausiliario

R34 = 8,2 k Ω

P2 = potenziometro stereo con corsa piú lunga possibile, 2x250 k Ω /log

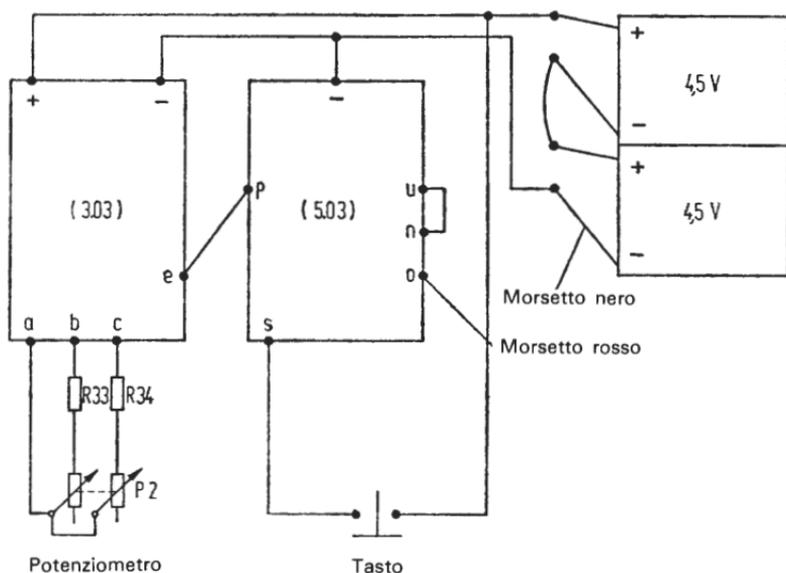


Fig. 5.04. Costruzione sperimentale del trombone elettronico

ziometro P2: un tipo logaritmico compensa più o meno l'andamento esponenziale della frequenza.

Per suonare, con la mano sinistra si agisce sul potenziometro, mentre con la destra si aziona il contatto.

Nella gamma più bassa il suono somiglia a quello di una tuba, mentre nella gamma più alta a quello di un clarinetto.

5.3 Segna musicale

Qualcuno di voi avrà talvolta visto alcuni musicanti di strada suonare con un archetto da violino una sega a lama trapezoidale. Vogliamo cercare di riprodurre elettronicamente questo suono. Come generatore usiamo il circuito a denti di sega del paragrafo 3.3. Esso viene collegato con il potenziometro P3, come indicato dalla Fig. 5.05. Per ravvivare il suono è previsto un circuito vibratore, costituito da un generatore sinusoidale.

Per tale uso è adatto l'oscillatore sfasatore del paragrafo 3.4. I condensatori C11, C12 e C13 devono essere comunque previsti

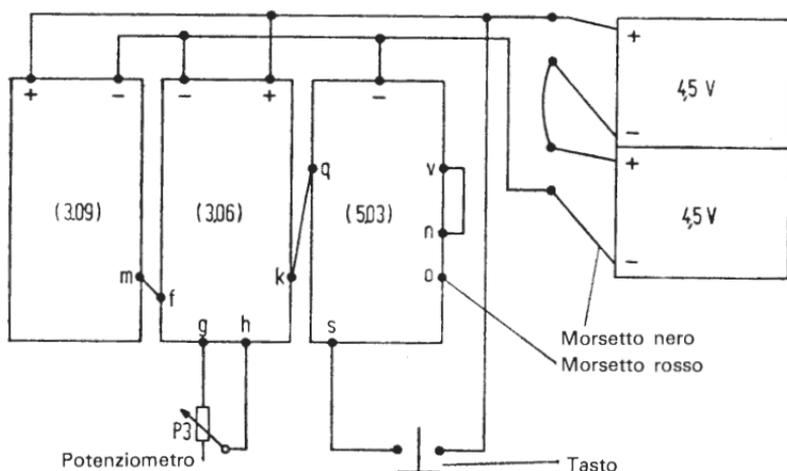


Fig. 5.05. Costruzione sperimentale della sega musicale

con una capacità maggiore. I condensatori elettrolitici non sono utilizzabili a questo scopo. Con P1 si può regolare la frequenza del vibrato.

Elenco dei componenti di Fig. 5.05

3.09	= oscillatore sinusoidale
3.06	= generatore d'onde a dente di sega
5.03	= circuito ausiliario
C11, C12, C13	= 1 μ F (sulla piastrina 3.09)
P3	= potenziometro con corsa più lunga possibile, 250 k Ω /log

5.4 Mandolino

L'esperimento di Fig. 5.06 ci fa conoscere il funzionamento dei circuiti a percussione. Il generatore a dente di sega del paragrafo 3.3 è stato completato con un filtro passa-basso.

Per il controllo del circuito di « sostenuto » è previsto un generatore a percussione. A questo scopo si usa il multivibratore del

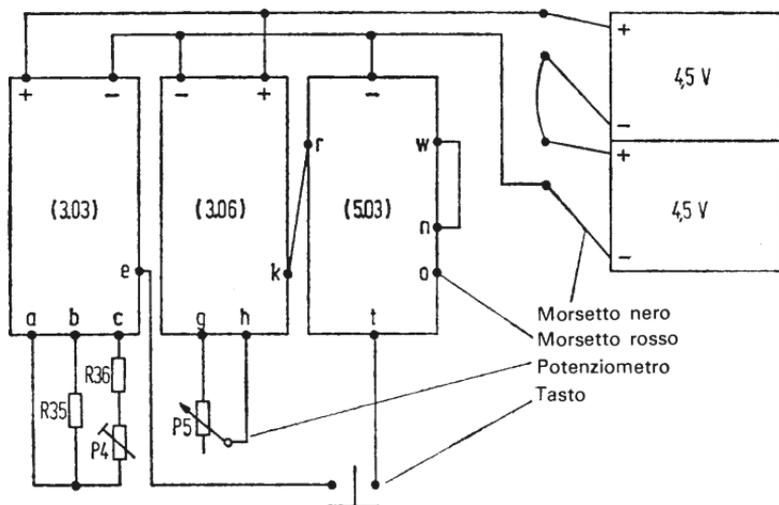


Fig. 5.06. Costruzione sperimentale del mandolino elettronico

paragrafo 3.1. I condensatori C2 e C3 dovranno avere capacità maggiori. P4 serve per l'esatta regolazione della frequenza di ripetizione.

Anche in questo circuito è necessario un pulsante per suonare, che comanda l'impulso di percussione. Lo strumento suona solo col tasto premuto.

Elenco dei componenti di Fig. 5.06

3.03	= multivibratore	R35	= 100 k Ω
3.06	= generatore d'onde a dente di sega	R36	= 56 k Ω
5.03	= circuito ausiliario	P4	= 250 k Ω
C2, C3	= 0,47 μ F (sulla piastrina 3.03)		
P5	= potenziometro con corsa più lunga possibile, 250 k Ω /log.		

6. Miniman

Dopo aver descritto i circuiti più usuali ed aver effettuato alcuni semplici esperimenti, ci occupiamo ora della costruzione di un piccolo strumento elettronico che darà molte soddisfazioni ai costruttori.

Il « miniman » suona come uno strumento a pizzico; la sua costruzione è semplice e senza problemi. Chiunque abbia realizzato gli esperimenti finora riportati, può accingersi senza preoccupazioni alla sua costruzione.

I componenti sono facilmente reperibili sul mercato e dovrebbero trovarsi in tutti i negozi del ramo.

6.1 L'idea

L'idea di base di questo grazioso « giocattolo » si trova già nella costruzione del mandolino elettronico. Per uno strumento musicale veramente utilizzabile, però, la tecnica di suono deve essere notevolmente semplificata.

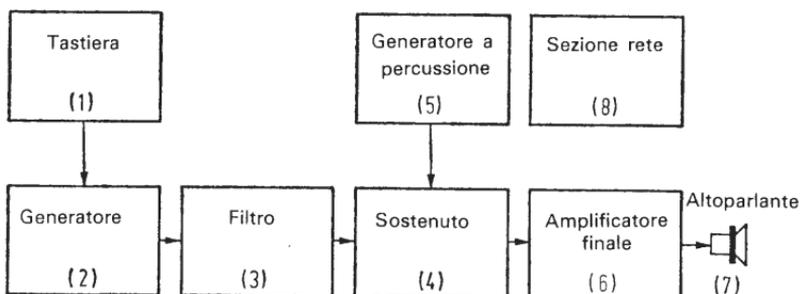


Fig. 6.01. Circuito a blocchi del miniman

Ovviamente una vera e propria tastiera di pianoforte, oltre ad essere molto cara, è sprecata. Costruiremo dunque una « tastiera a stilo » che si adatta molto bene per strumenti musicali monofonici. In Fig. 6.01 è riportato lo schema del « miniman ». Il generatore (2) può essere suonato con la tastiera a stilo (1) su due ottave. Attraverso un filtro di suono (3) il suono raggiunge il circuito « sostenuto » che viene pilotato da un generatore a percussione (5). Un amplificatore finale (6), un altoparlante (7) e una sezione rete (8) completano la costruzione, che diventa uno strumento indipendente.

6.2 Parte elettronica

La Fig. 6.02 mostra il circuito completo del « miniman ». Nessuna preoccupazione! Esso sembra molto complicato a prima vista, ma ad una osservazione più attenta si riconoscono alcuni stadi già noti dal capitolo precedente.

Si può fare a meno di descrivere il generatore a dente di sega con i transistori T1, T2 e T3, il passa-basso con R8 e C6 e anche il circuito « sostenuto » con D1 e D2. Un semplice generatore a percussione l'abbiamo già visto nel paragrafo 5.4. Per uno strumento con tastiera a stilo, però, il circuito deve essere costruito in modo diverso.

Il nostro nuovo circuito, formato dai transistori T4 e T5, non può oscillare da sé. Se si invia alla base di T4 un impulso, l'uscita produce anch'essa solo un impulso. La sua lunghezza si può regolare tramite P26. L'utilità di un tale vibratore monostabile sta nel fatto che, durante quest'unica vibrazione, ulteriori impulsi non hanno alcuna influenza sulla reazione del circuito.

Come comando usiamo un impulso prodotto dal generatore a dente di sega. Il monovibratore produce quindi solo l'effetto percussivo, quando si suona sulla tastiera a stilo.

Il circuito dell'amplificatore finale, con i transistori T6, T7, T8, e T9, non contiene alcuna particolarità. Esso corrisponde alla costruzione esistente in semplici apparecchi a transistori. Con la

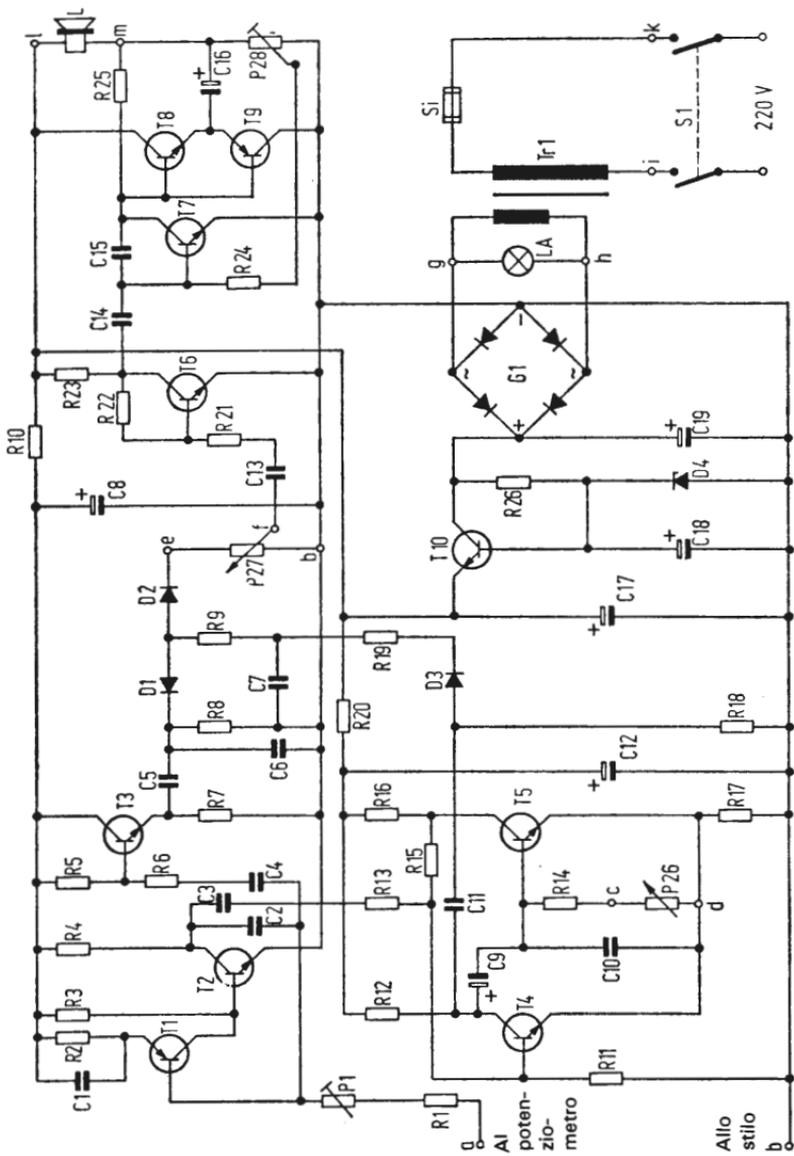


Fig. 6.02. Circuito del miniman

tensione prevista qui, non è necessario per i transistori finali T8 e T9 un radiatore di raffreddamento più grande, se l'altoparlante ha un'impedenza da 16 a 25 Ω .

La risonanza dell'amplificatore gioca negli strumenti musicali elettronici un ruolo subordinato poiché piccole distorsioni innalzano solo i toni alti. Essa può essere sufficientemente ridotta con un solido accoppiamento con la base del transistor T7. Il potenziometro P28 serve alla regolazione della tensione. Esso deve essere regolato in modo che agli emettitori collegati dei transistori finali T8 e T9 si misuri esattamente la metà della tensione di alimentazione. Per il controllo va bene un qualunque tester universale. Negli strumenti musicali elettronici i dati di esercizio devono essere mantenuti assolutamente costanti, poiché altrimenti non è possibile ottenere accordi precisi. La sezione rete contiene perciò un circuito stabilizzatore. Il transistor longitudinale T10 e il diodo Zener D4 mantengono la tensione sul valore prefissato anche con carico variabile. Il condensatore ausiliario di base C18, di proporzioni calcolate con abbondanza, produce uno speciale filtraggio dei ronzi.

In linea di principio le singole fasi potrebbero essere montate, come negli esperimenti, su circuiti stampati separati. In base a considerazioni pratiche, però, raggruppiamo tutti i circuiti su una grande basetta, quale si può vedere in Fig. 6.03.

Tutti i collegamenti esterni vengono fatti con punti di appoggio saldati. È opportuno indicare le boccole di collegamento da tutte due le parti, per evitare scambi.

Il piano di montaggio può essere dedotto dalla Fig. 6.04. Ogni pezzo già collocato verrà depennato dall'elenco dei pezzi. La tavola 2 mostra la basetta a costruzione finita.

6.3 Costruzione meccanica e montaggio finale

La grandezza dell'involucro da usare dipende dalle dimensioni dei componenti. Nel prototipo è stato utilizzato un trasformatore molto piatto e un altoparlante che non richiede una eccessiva pro-

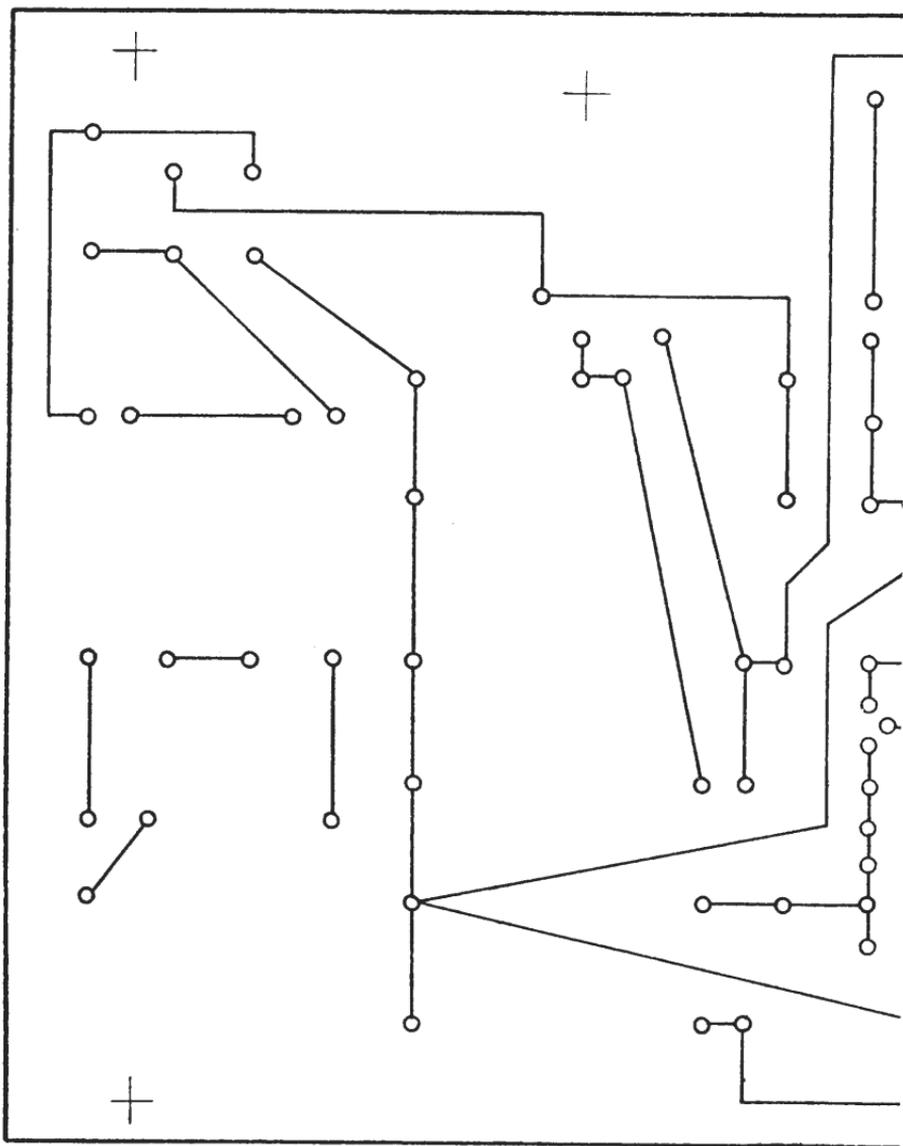
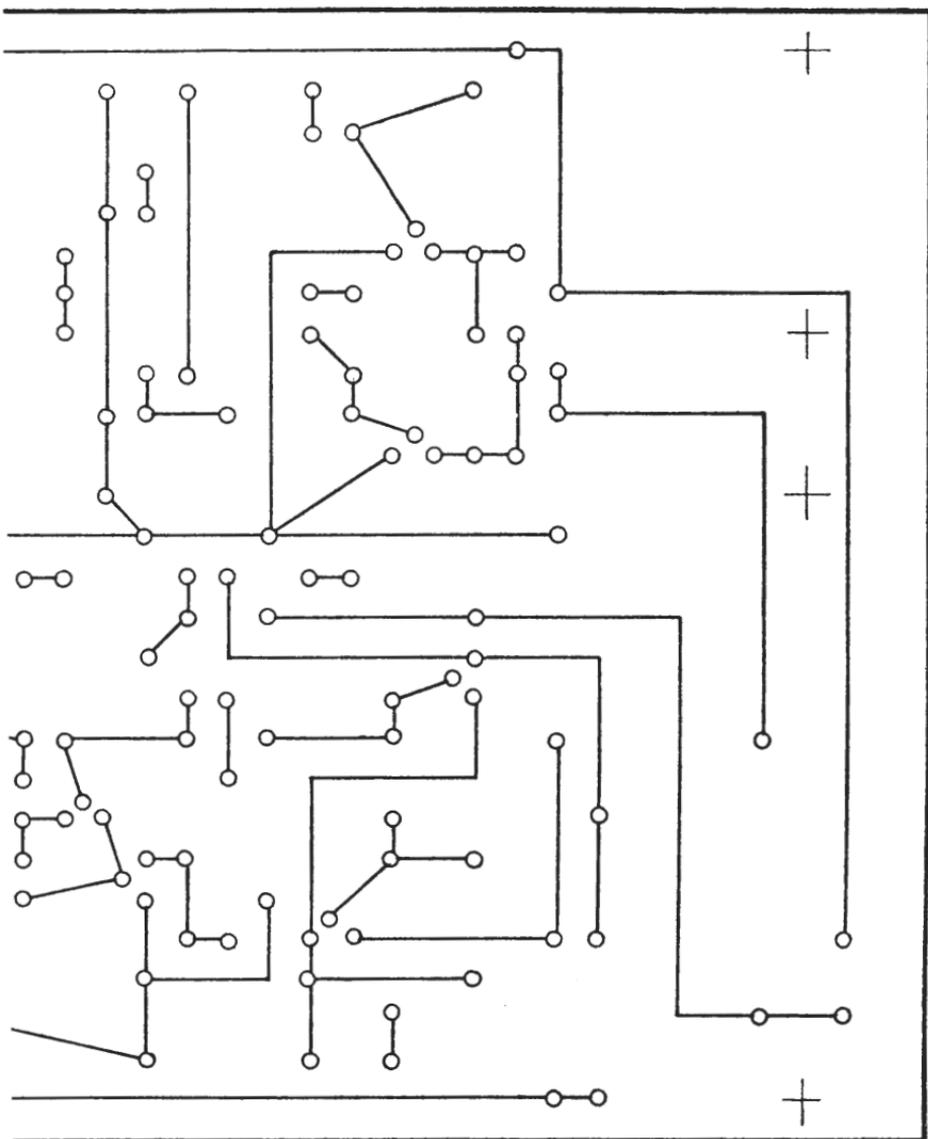


Fig. 6.03. Circuito stampato del miniman



Elenco dei componenti di Fig. 6.04

G1 = B80 C800	R7 = 6,2 k Ω	C10 = 22 nF
D4 = ZD 10	C5 = 47 nF	C9 = 4,7 μ F
R26 = 820 Ω	R8 = 2,7 k Ω	R15 = 12 k Ω
C19 = 1000 μ F	C6 = 47 nF	R13 = 150 k Ω
C17 = 100 μ F	D1 = BAY 41	T4 = BC 172 B
C18 = 470 μ F	D2 = BAY 41	P28 = 470 k Ω
C8 = 100 μ F	R9 = 12 k Ω	R24 = 68 k Ω
C12 = 100 μ F	C7 = 0,47 μ F	T7 = BC 108 B
R20 = 100 Ω	R19 = 12 k Ω	R25 = 470 Ω
R10 = 100 Ω	D3 = BAY 41	C15 = 560 pF
R4 = 120 Ω	R18 = 56 k Ω	C14 = 0,22 μ F
R3 = 1,2 M Ω	R1 = 56 k Ω	C13 = 8,2 nF
C1 = 0,22 μ F	C11 = 0,47 μ F	R21 = 12 k Ω
R2 = 820 Ω	P1 = 25 k Ω	T6 = BC 172 B
R5 = 470 k Ω	C2 = 33 nF	R22 = 270 k Ω
T3 = BC 172 B	C3 = 1 nF	R23 = 4,7 k Ω
T2 = BC 172 B	R11 = 6,8 k Ω	R16 = 2,2 k Ω
T1 = BC 177 B	R17 = 560 Ω	R12 = 1,2 k Ω
C4 = 15 nF	T5 = BC 172 B	C16 = 1000 μ F
R6 = 12 k Ω	R14 = 1 k Ω	
T10 = AC 187 K su radiatore d'alluminio		
T8 = AC 187 K e T9 = AC 188 K (accoppiati) su radiatore d'alluminio		
Si = Fusibile 0,3 A con zoccolo		
Tr1 = Trasformatore 2,5 VA, primario 220 V, sec. 12 V.		

fondità di inserimento. Si è potuta quindi usare una scatola di plastica piatta da 250×180×45 mm.

I costi risultano in tal caso un pò più alti, ma lo strumento ha un aspetto molto gradevole e può essere facilmente trasportato in una cartella.

L'utilizzazione di involucri industriali richiede alcune precauzioni, a causa della loro fragilità. Per allargare i fori sarà bene usare un trapano a punta sottile. Nel « miniman », a parte i cavi di conduzione, sono previsti solo quattro fori per il fissaggio della basetta, che servono contemporaneamente per avvitare i piedini di gomma al telaio dello strumento, che altrimenti scivolerebbe.

Per la realizzazione della lastra di copertura si può usare vetro acrilico bianco (acrylglas) da 5 mm. Questo materiale, facilmente lavorabile e noto anche con il nome di plexiglas, è reperibile presso

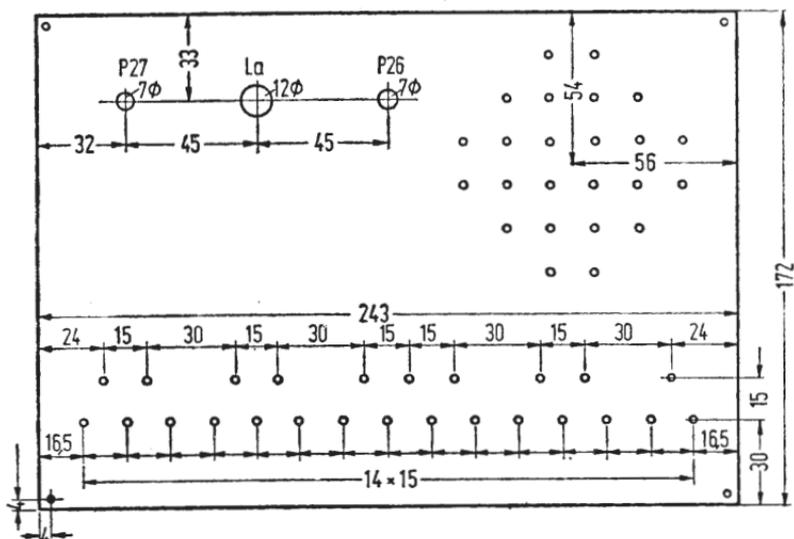


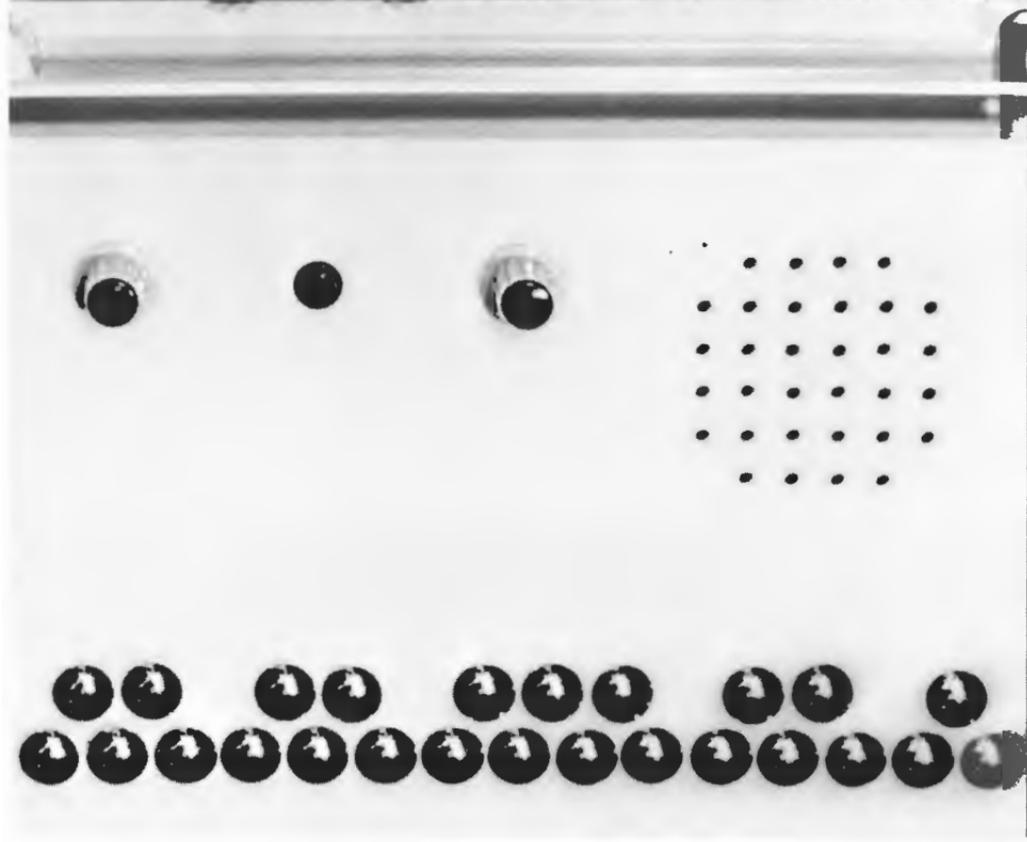
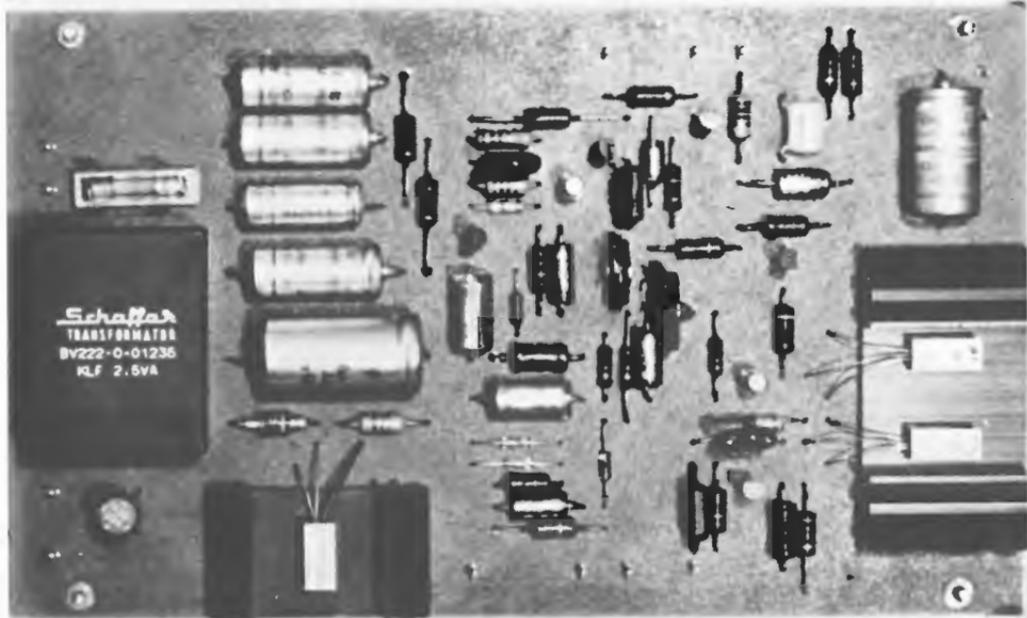
Fig. 6.05. Piastra superiore del prototipo (tutti i fori senza misure hanno diametro 3 mm)

le fabbriche di insegne e scritte luminose. In Fig. 6.05 sono indicate le dimensioni e i fori. Usando altri componenti, occorrerà adattare le dimensioni e i fori.

Corrispondentemente ai fori della riga superiore vi sono le denominazioni degli elementi da installare. Nelle due righe di fori sottostanti si installano i tasti della tastiera. A tal scopo sono stati usati, nel prototipo, chiodi da tappezziere nichelati con diametro di 13 mm, facilmente reperibili nei negozi del ramo. Si faccia attenzione che la parte superiore sia liscia, priva di scanalature e parti ruvide.

Tavola 3

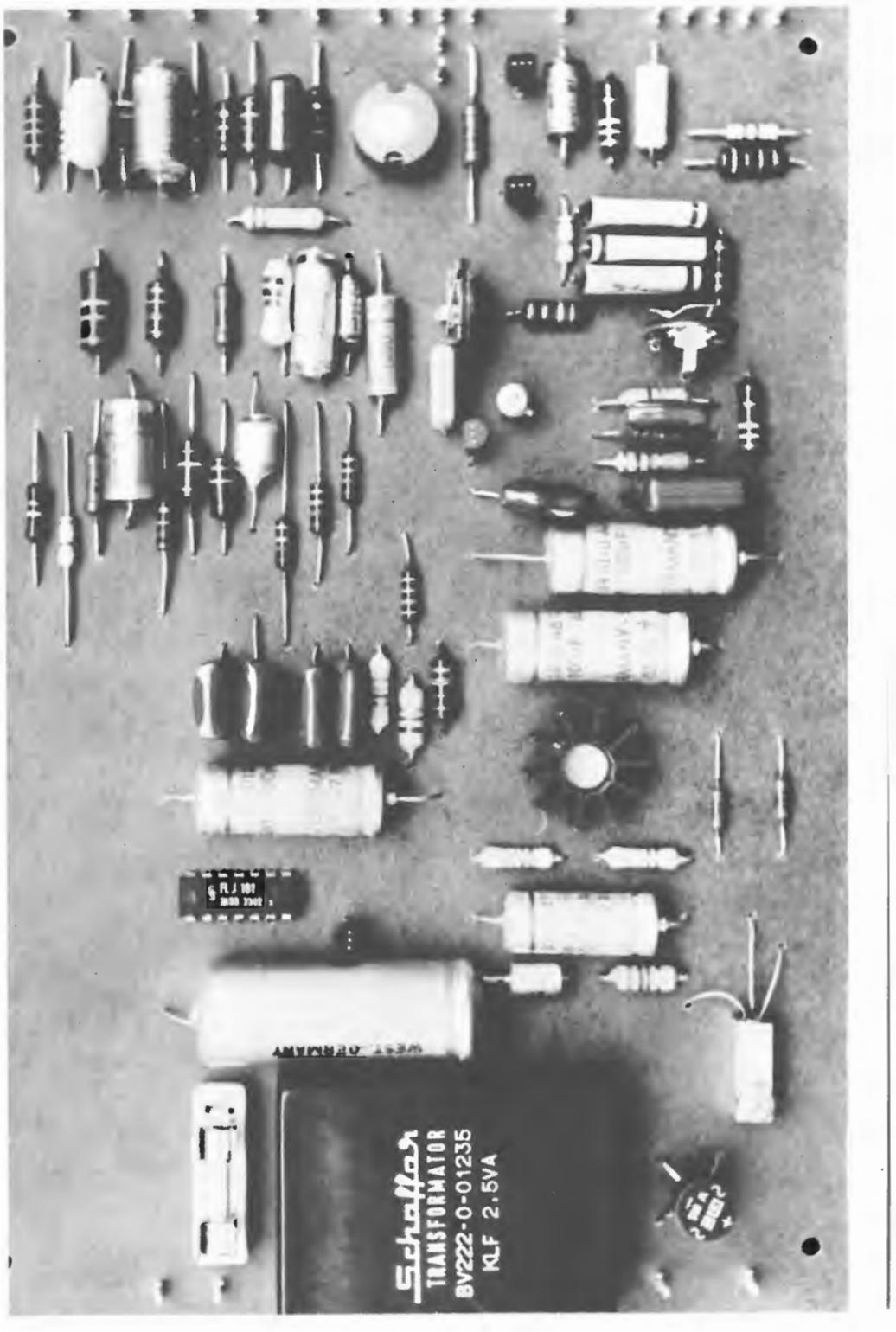
Foto 5: Costruzione meccanica del miniman



Schaffner
TRANSFORMATOR
BV222-0-01235
KLF 2.5VA

WEST GERMANY

5 R/101
1000 2201



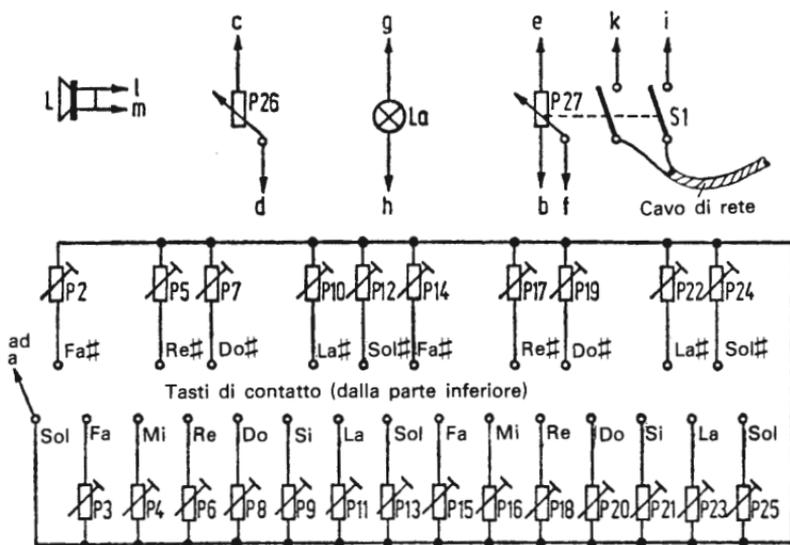


Fig. 6.06. Componenti sulla piastra superiore (sul rovescio)

In generale non è necessario un fissaggio speciale, poiché le punte dei chiodi si fissano sufficientemente nei fori. Le punte troppo lunghe dovranno essere accorciate fino a 10 mm. La parte finale della punta viene limata per permettere la saldatura del potenziometro, dato che il nichel è un cattivo conduttore del calore.

Veniamo al montaggio finale. Prima di tutto si avvita il circuito stampato completato sulla base dell'involucro, predisponendo delle guarnizioni di giusta misura, per non strappare i fori di fissaggio. La Fig. 6.06 mostra schematicamente la parte superiore della piastrina di copertura con i componenti montati. Tutti i col-

Tavola 4

Foto 6: Piastrina del miniorgano

legamenti andranno connessi al punto di collegamento indicato in corrispondenza sulla basetta. Infine si connette il cavo elettrico.

Elenco dei componenti di Fig. 6.06

P26	= 4,7 k Ω
P27	= 10 k Ω /log con interruttore bipolare S1
LA	= piccola lampadina 24 V/1 W con zoccolo
L	= Altoparlante 16-25 Ω , 65 mm \varnothing , profondità 25 mm
P2-P25	= potenziometri come nel paragrafo 6.4

6.4 Voci dello strumento

L'estensione della tastiera a stilo copre due ottave, da sol' a SOL. Questa gamma ha riscosso particolare successo nei piccoli strumenti. Tuttavia sono ovviamente possibili altre gamme.

È semplicissimo determinare l'esatta corrispondenza delle tonalità se si ha a disposizione un altro strumento a tasti come paragone. La tabella delle tonalità è riportata nel capitolo 8. Per l'uso effettivo dello strumento occorre dapprima fissare al punto b un conduttore flessibile, lungo 60 cm. Esso porterà al lato opposto uno spinotto da laboratorio, che svolge le funzioni dello stilo. Il potenziometro P1 viene posizionato più o meno in posizione centrale. Si tocca il tasto corrispondente al SOL più alto e si confronta il suono che viene prodotto, con quello di un altro strumento. Eventualmente si cambia C2, mentre la regolazione fine si effettua con P1. Infine vengono saldati ai tasti, da sol' al SOL gli altri potenziometri. L'accordatura rimane costante per un lungo periodo, a causa della tensione d'alimentazione stabilizzata.

In tavola 3 si osservano i particolari della costruzione meccanica. Lo strumento finito è visibile in copertina.

6.5 Istruzioni per suonare

Prima dell'uso, occorrerà pulire la tastiera con uno speciale pulitore, altrimenti saranno presenti alcuni rumori di disturbo. La

tecnica di suono è molto semplice, e tuttavia occorrerà esercitarsi un poco. In particolare lo stilo dovrà battere fortemente sul tasto, e non sfiorarlo leggermente.

Questo strumento produrrà un effetto musicale particolarmente piacevole; se il tocco dello stilo sarà breve, si produrrà un suono aspro, mentre con contatti più prolungati i suoni si ammorbideranno.

Mediante P26 la frequenza può essere regolata; una esecuzione troppo lenta ha comunque un effetto affaticante.

7. Un miniorgano

Si può ben dire senza esagerare che oggi gli organi sono gli strumenti musicali elettronici più popolari. Vogliamo perciò, come coronamento dei lavori presentati fin qui, costruirne uno. L'impresa non è particolarmente difficile, poiché tutte le fasi necessarie sono già state trattate. Inoltre, già dei semplici strumenti consentono una buona qualità di suono.

La tecnica del circuito corrisponde, sia pure su scala ridotta, ai principi di costruzione dei grandi organi. Come per la progettazione di un organo a canne, dobbiamo anzitutto fare un progetto di massima, mettendo in sintonia i nostri desideri musicali con le conoscenze acquisite e con le disponibilità finanziarie.

Lo strumento deve:

- essere di facile concezione
- suonare come un organo a canne
- suonare a più voci
- avere più timbri
- comprendere un vibrato
- essere di facile costruzione
- essere poco costoso
- essere ampliabile.

Le due ultime esigenze portano alla costruzione di uno strumento iniziale relativamente economico. Cominciamo perciò con una semplice costruzione sul tipo del « miniman ».

Ricordando le raccomandazioni di allora, si può realizzare una costruzione altrettanto piatta. Alcune indicazioni per ampliare lo strumento sono date nel paragrafo 7.5.

Bisogna innanzitutto rinunciare, sulla base di criteri di costo,

all'inserimento di un amplificatore finale, poiché per i toni bassi di un organo è necessario un grande altoparlante per bassi. La riproduzione avrà quindi luogo mediante il collegamento fono di una radio o di un amplificatore strumentale.

Con una scelta conveniente delle parti meccaniche ed elettroniche, i costi di costruzione senza basetta rimangono sotto le 30000 lire. Essi aumentano un pò per la realizzazione in forma piatta.

7.1 Piano di costruzione

Qual'è la concezione del piccolo organo? Per illustrarlo meglio, esaminiamo il circuito a blocchi presentato in Fig. 7.01. L'oscillatore principale (1) può essere azionato con una tastiera a stilo (2) su due ottave. Un divisore di frequenze a quattro fasi (3) mette a disposizione quattro tonalità con un intervallo di un'ottava. Il filtro (4) e il commutatore di registro (5) rendono possibile la scelta di diversi timbri di suono. Poiché la tensione in uscita è troppo piccola per il collegamento diretto con l'ingresso fono di una radio, dobbiamo inserire un semplice preamplificatore (6). Per

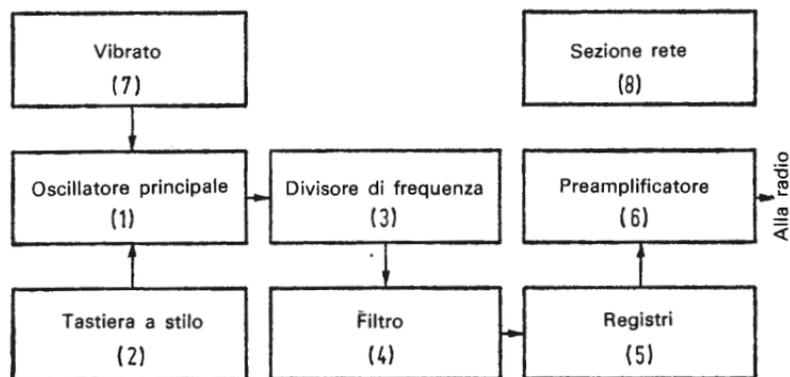


Fig. 7.01. Circuito a blocchi di un piccolo organo

ravvivare il suono è previsto un circuito di vibrato (7). La sezione rete (8) è stabilizzata.

7.2 Parte elettronica

In Fig. 7.02 è riportato il circuito completo del miniorgano. Malgrado la produzione di suono su cinque registri, esso è semplice e la sua costruzione non dà problemi. Tutti i componenti possono facilmente essere collocati su una piastrina stampata secondo la Fig. 7.04.

L'oscillatore principale, con i transistori T1 e T2, lavora come multivibratore ad impulsi. Abbiamo già esaminato la sua funzione come circuito di base del generatore a denti di sega; qui c'è da aggiungere che una combinazione di transistori complementari (PNP e NPN) produce una deriva di temperatura relativamente piccola.

Attraverso il transistore T3 viene pilotato un circuito integrato. Esso contiene quattro commutatori bistabili, che usiamo come divisori di frequenza. Il transistore T4 adatta la tensione d'alimentazione.

Per la formazione del suono si usano cinque registri con modulazione selettiva e talvolta anche additiva. Le parti del filtro selettivo corrispondono alle forme fondamentali descritte in 4.1.

Il preamplificatore, con il transistore T7, contiene solo pochi componenti. Il ponte di filo fra i punti r e s è previsto per ampliamenti successivi. Il generatore di vibrato e la sezione rete sono già stati descritti in altri capitoli.

La Fig. 7.03 mostra il piano di montaggio del miniorgano. Si faccia attenzione alla tacca del circuito integrato. La basetta finita è visibile nella foto 4.

Fig. 7.02. Circuito del miniorgano

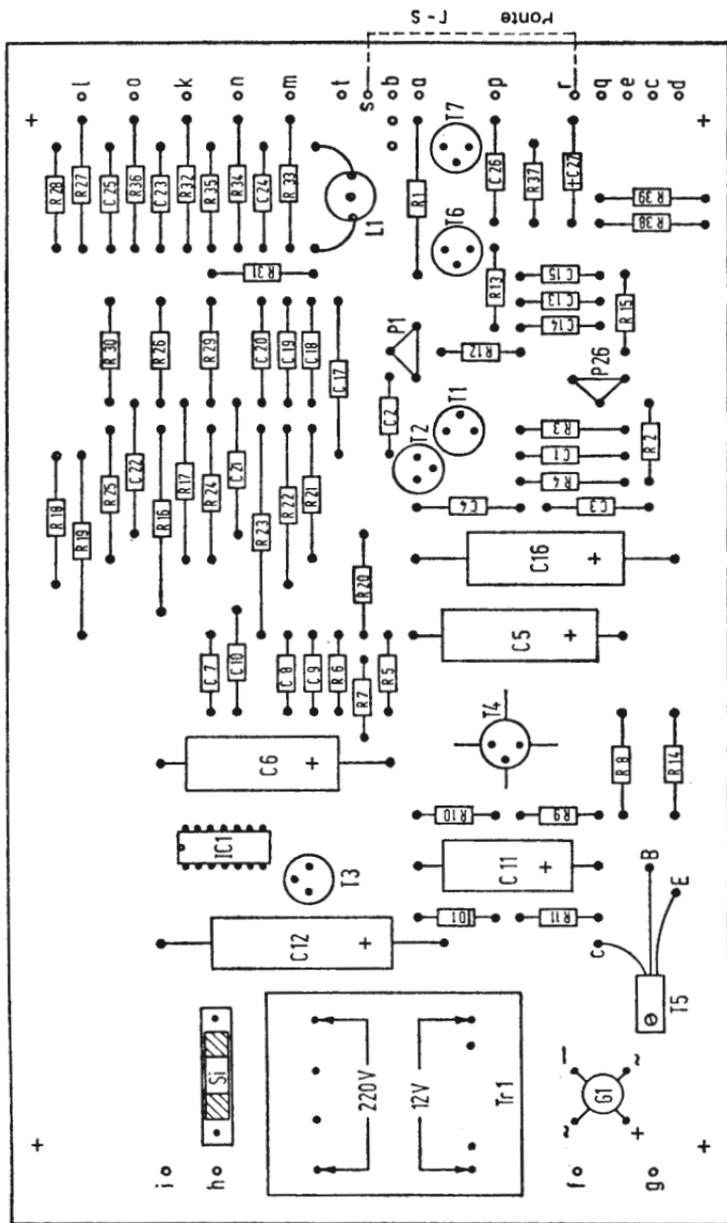


Fig. 7.03. Realizzazione del miniorgano

Elenco dei componenti di Fig. 7.03

G1 = B80 C800	R4 = 1,2 M Ω	C17 = 1 nF
T5 = AC 187 K	C1 = 0,22 μ F	P1 = 47 k Ω
R11 = 820 Ω	R3 = 820 Ω	R12 = 12 k Ω
D1 = ZD 10	P26 = 25 k Ω	T6 = BC 172 B
C12 = 1000 μ F	C4 = 0,22 μ F	R13 = 470 k Ω
IC1 = FLJ 181	T2 = BC 172 B	C14 = 1 μ F
T3 = BC 172 B	T1 = BC 177 B	C13 = 1 μ F
C11 = 470 μ F	C2 = 8,2 nF*	C15 = 1 μ F
R10 = 6,8 k Ω	R21 = 18 k Ω	R15 = 330 Ω
R9 = 6,8 k Ω	R22 = 18 k Ω	R38 = 4,7 k Ω
R14 = 100 Ω	R23 = 18 k Ω	R39 = 8,2 k Ω
R8 = 100 Ω	C21 = 4,7 nF	C27 = 1 μ F
T4 = BSY 51	R24 = 100 k Ω	R37 = 270 k Ω
C6 = 100 μ F	R17 = 100 k Ω	C26 = 0,47 μ F
C7 = 0,22 μ F	R16 = 56 k Ω	T7 = BC 172 B
C10 = 0,22 μ F	C22 = 10 nF	R1 = 47 k Ω
C8 = 0,22 μ F	R25 = 47 k Ω	R33 = 27 k Ω
C9 = 0,22 μ F	R19 = 470 k Ω	C24 = 56 nF
R6 = 6,8 k Ω	R18 = 220 k Ω	R34 = 12 k Ω
R7 = 820 Ω	R30 = 10 k Ω	R35 = 56 k Ω
R5 = 120 Ω	R26 = 12 k Ω	R32 = 18 k Ω
R20 = 68 k Ω	R29 = 47 k Ω	C23 = 47 nF
C5 = 100 μ F	C20 = 2,2 nF	R36 = 22 k Ω
C16 = 100 μ F	C19 = 5,6 nF	C25 = 33 nF
R2 = 270 k Ω	C18 = 15 nF	R27 = 8,2 k Ω
C3 = 0,47 μ F	R31 = 560 k Ω	R28 = 33 k Ω
Si = fusibile 0,2 A con zoccolo		
Tr1 = trasformatore 2,5 VA, primario 220 V, sec. 12 V		
L1 = 500 spire cordoncino di rame 0,08 come per Fig. 5.03		

* secondo le voci; vedi paragrafo 6.4

7.3 Lavori meccanici e voci

La costruzione si effettua secondo le descrizioni del paragrafo 6.3. I fori per il fissaggio degli elementi di funzionamento si regolano secondo le distanze medie dei pulsanti impiegati. Non è quindi possibile dare precise indicazioni di misura.

La Fig. 7.05 mostra schematicamente tutti i componenti sulla piastra di copertura. Essi vanno collegati alla basetta con le connessioni corrispondentemente contrassegnate. Il cavo di collegamento alla radio e il cavo di rete vanno collegati per ultimi.

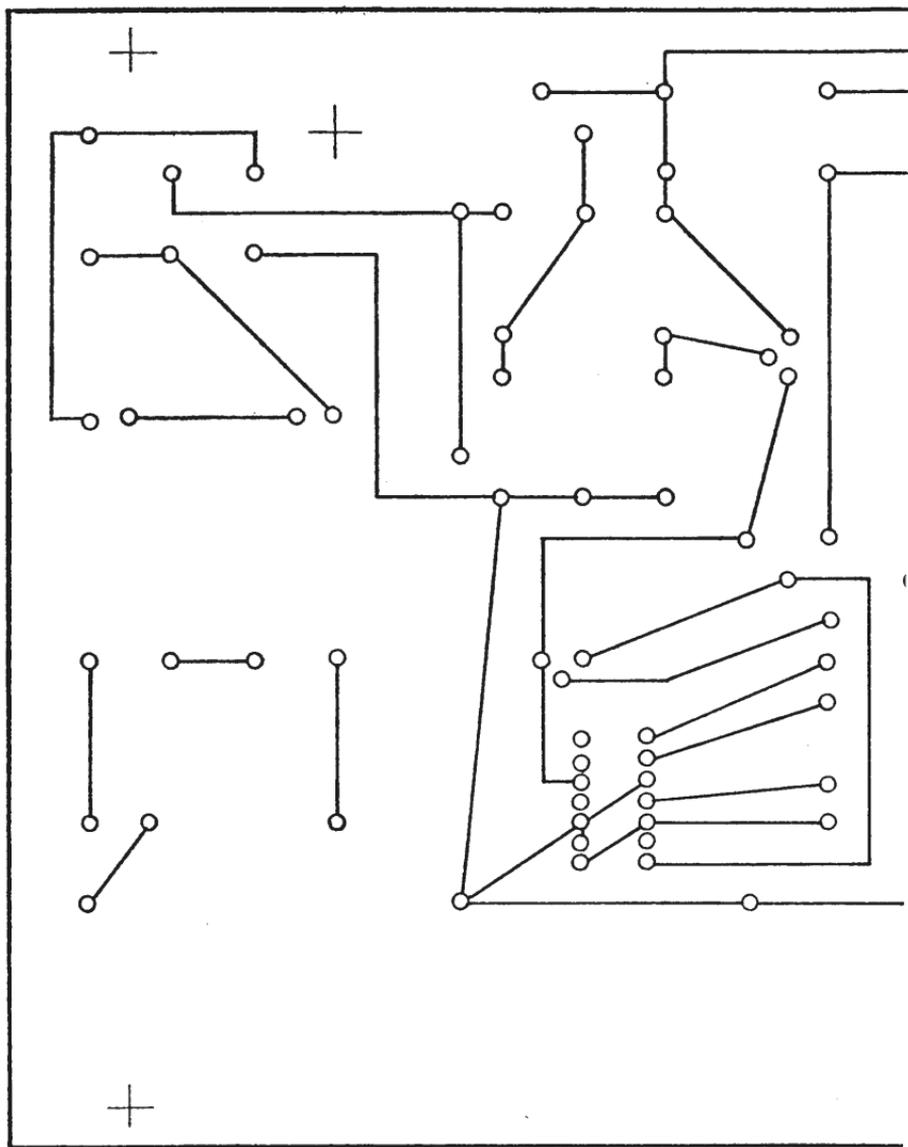
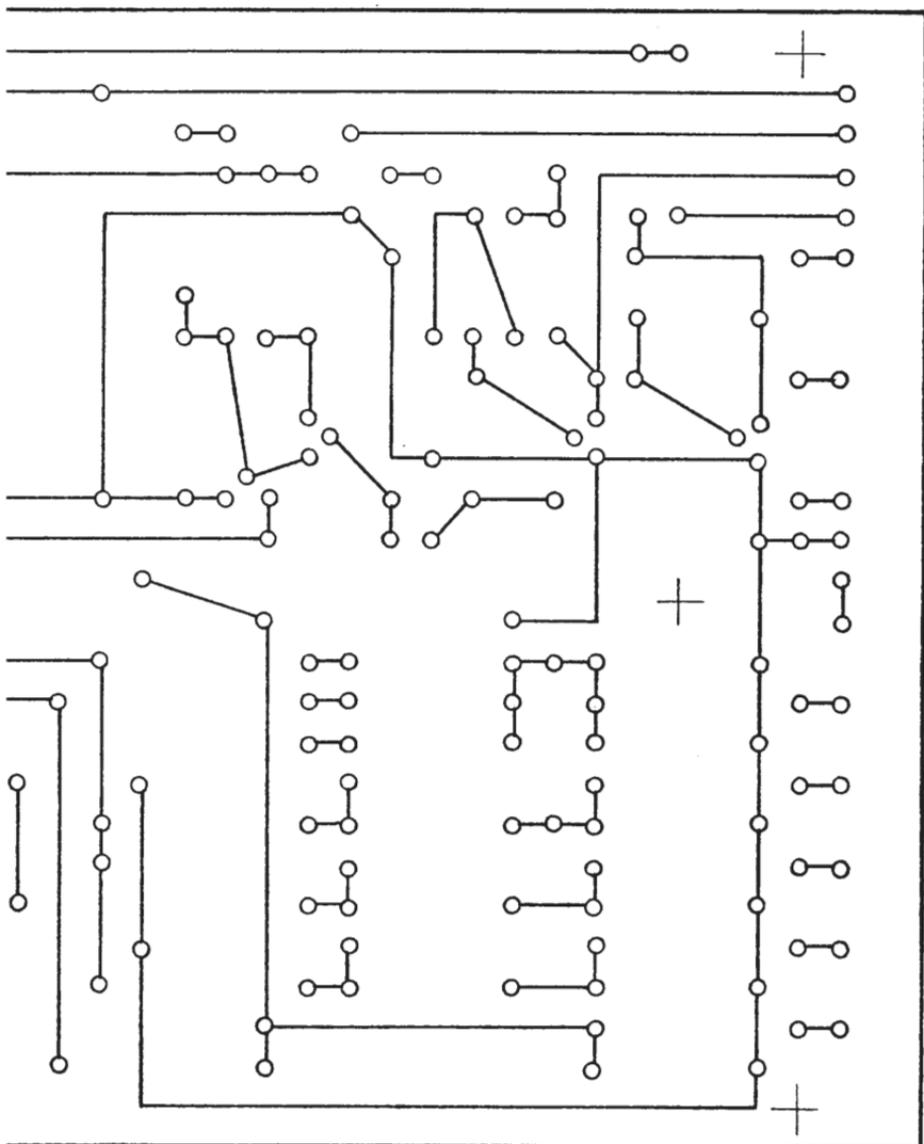


Fig. 7.04. Circuito stampato del miniorgano



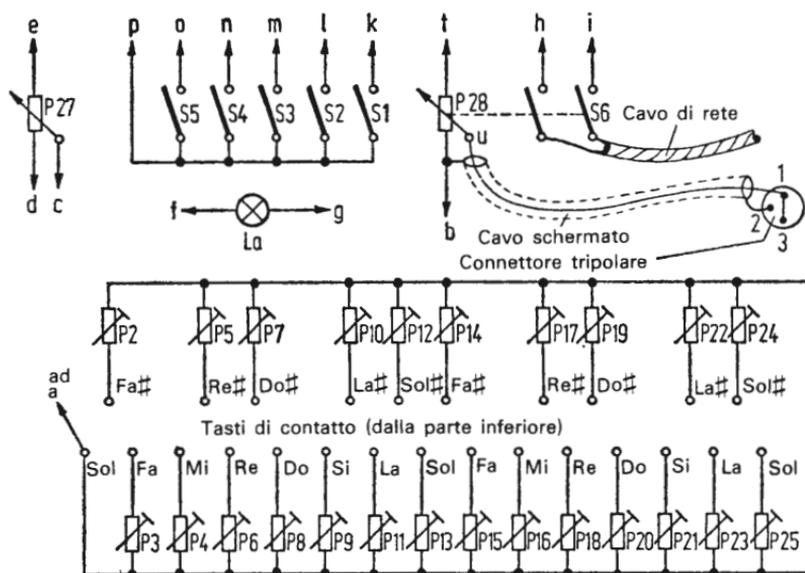


Fig. 7.05. Componenti sulla piastra superiore (sul rovescio)

Elenco dei componenti di Fig. 7.05

- S1-S5 = interruttori di registro, profondità max 25 mm
- P27 = 10 k Ω
- P28 = 100 k Ω /log. con interruttore bipolare S6
- P2-P25 = Potenziometri come nel paragrafo 6.4
- LA = piccola lampadina 24 V/1 W con zoccolo
- 3 m di cavo schermato con connettore tripolare

Suonare questo strumento è facile come con il « miniman ». Si collega il commutatore di registro S5 al vibrato e si seguono le istruzioni del paragrafo 6.4. La tabella delle tonalità si trova nel capitolo 8.

Con ciò è finita la realizzazione più semplice del miniorgano. Il prezzo veramente contenuto permette di costruirlo come regalo per un bambino. Il divertimento sarà senz'altro maggiore che con un giocattolo comperato.

7.4 Come si suona il miniorgano

La tastiera a stilo deve essere suonata in modo diverso rispetto al miniman. Si faccia attenzione al fatto che un organo è pensato per voci prolungate. I battiti dovranno perciò essere sensibilmente più lunghi delle pause. Tocchi troppo brevi dello stilo provocheranno solo inutili stridii.

Per la formazione del suono sono previsti cinque registri. I commutatori di registro da S1 a S5 possono essere usati singolarmente o combinati a scelta. La maggior parte degli strumenti musicali elettronici non è brillante completamente senza vibrato. Un pò di vibrato ravviva straordinariamente il suono. Di ciò ci si può persuadere ascoltando un organo Hammond.

7.5 Ampliamento successivo

La tecnica di suono e le possibilità musicali possono essere notevolmente migliorate con una spesa relativamente modesta. Si può ad esempio sostituire alla tastiera a stilo una idonea tastiera manuale con tre ottave e mezzo di ampiezza. L'involucro di legno a ciò necessario procura contemporaneamente uno spazio sufficiente per l'installazione di un amplificatore più grande con uno o due altoparlanti.

La formazione del suono può essere grandiosamente allargata in modo appropriato. Particolarmente interessanti sono i cosiddetti « registri universali » che rendono possibile un numero straordinariamente grande di diversi timbri di suono. Con l'inserimento di un circuito a percussione possono essere riprodotti anche suoni di campane ed altri effetti.

Non è purtroppo possibile presentare col piano di costruzione tutti i possibili ampliamenti. L'ampiezza e gli obiettivi di questo libro rendono necessaria una limitazione dell'argomento.

Tuttavia descriviamo il complemento più interessante: l'inserimento di una tastiera manuale da pianoforte. Essa rende possibile un contatto ad effetto supplementare e con ciò la riduzione del

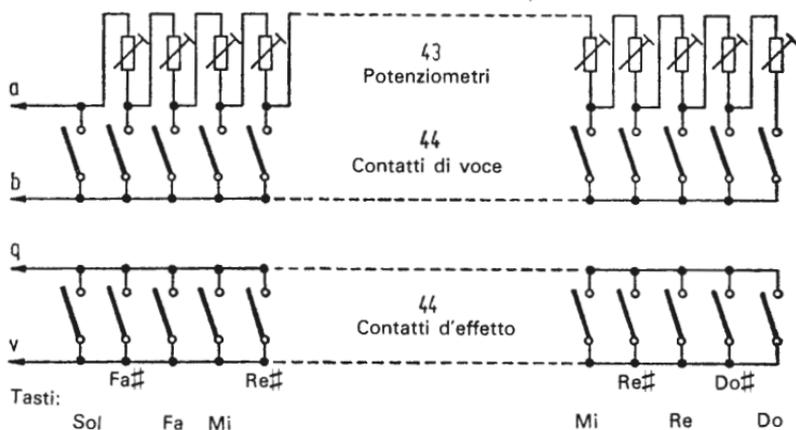


Fig. 7.06. Collegamento di un manuale da pianoforte (rovescio)

rumore di contatto, che non si riesce mai ad eliminare del tutto con le tastiere a stilo.

Si applicano perciò ad ogni tasto due contatti che durante l'esecuzione vengono inseriti uno dopo l'altro. Così, prima deve sempre chiudersi il contatto di voce, e solo allora si chiude il contatto d'effetto. I rumori di disturbo vengono così sicuramente eliminati. Il collegamento elettrico si vede in Fig. 7.06. I contatti in alto corrispondono alla tastiera a stilo con i relativi potenziometri. Tutti i contatti in basso vengono collegati in parallelo e pilotano attraverso il contatto v un circuito

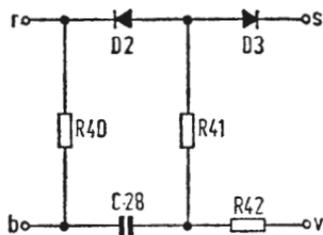


Fig. 7.07. Contatto « sostenuto »

« sostenuto » secondo la Fig. 7.07. La Fig. 7.08 mostra il circuito stampato necessario e la Fig. 7.09 il piano di montaggio. Per il collegamento con la grande basetta prima di tutto deve

essere allontanato il ponte di filo fra il punto r ed il punto s. Al suo posto si connettono i collegamenti del « sostenuto » contrassegnati allo stesso modo.

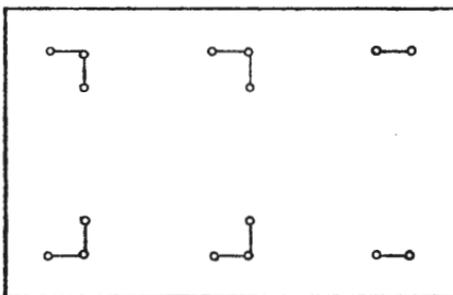


Fig. 7.08. Circuito stampato

Elenco dei componenti di Fig. 7.09

- D2 = BAY 41
- D3 = BAY 41
- R40 = 12 k Ω
- R41 = 12 k Ω
- C28 = 0,22 μ F
- R42 = 47 k Ω

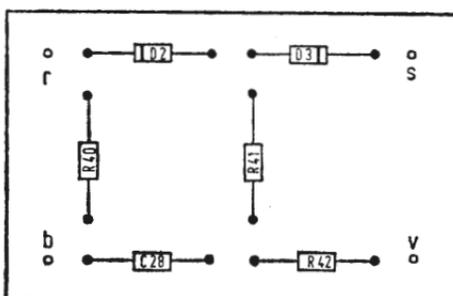


Fig. 7.09. Realizzazione

Auguro ora ai costruttori di divertirsi con il minorgano. Questo libro ha fornito loro anche tutte le conoscenze di base necessarie per la costruzione di un grande organo.

8. Tavola della tonalità

sol''	= 783,991 Hz	fa #	= 184,997 Hz
fa'' #	= 739,989 Hz	fa	= 174,614 Hz
fa''	= 698,456 Hz	mi	= 164,814 Hz
mi''	= 659,255 Hz	re #	= 155,563 Hz
re'' #	= 622,254 Hz	re	= 146,832 Hz
re''	= 587,330 Hz	do #	= 138,591 Hz
do'' #	= 554,365 Hz	do	= 130,813 Hz
do''	= 523,251 Hz	SI	= 123,470 Hz
si'	= 493,883 Hz	LA #	= 116,540 Hz
la' #	= 466,164 Hz	LA	= 110,000 Hz
la'	= 440,000 Hz	SOL #	= 103,826 Hz
sol' #	= 415,305 Hz	SOL	= 97,999 Hz
sol'	= 391,995 Hz		
fa' #	= 369,994 Hz		
fa'	= 349,228 Hz		
mi'	= 329,628 Hz		
re' #	= 311,127 Hz		
re'	= 293,665 Hz		
do' #	= 277,183 Hz		
do'	= 261,626 Hz		
si	= 246,942 Hz		
la #	= 233,082 Hz		
la	= 220,000 Hz		
sol #	= 207,652 Hz		
sol	= 195,998 Hz		

biblioteca tascabile elettronica

coordinata da Mauro Boscarol

Strumenti musicali elettronici

Un numero sempre maggiore di dilettanti si dedica alla costruzione di strumenti musicali elettronici. In questo libro vengono presentati i concetti fondamentali di questa tecnica mediante semplici e poco costosi esperimenti, che tuttavia conducono il lettore alla realizzazione di veri e propri strumenti musicali elettronici, fra cui un piccolo organo. Dopo la realizzazione di tutti i circuiti di questo libro, il lettore è in condizione di costruirsi qualunque strumento musicale elettronico. Questo volume può perciò considerarsi una affascinante introduzione al mondo della musica elettronica.

- | | | |
|---|---------------------|---|
| 1 | Hanns-Peter Siebert | L'elettronica e la fotografia
Strumenti elettronici per la
fotografia e la camera oscura |
| 2 | Richard Zierl | Come si lavora con i transistori
Prima parte: i collegamenti |
| 3 | Heinrich Stöckle | Come si costruisce un circuito
elettronico
Dai componenti elettronici
ai circuiti stampati |
| 4 | Heinz Richter | La luce in elettronica
Esperimenti di fotoelettricità |
| 5 | Richard Zierl | Come si costruisce un
ricevitore radio
Dal circuito oscillante
al ricevitore OC |
| 6 | Richard Zierl | Come si lavora con i transistori
Seconda parte: l'amplificazione |
| 7 | Helmuth Tünker | Strumenti musicali elettronici
Dai generatori d'onde a un miniorgano |
| 8 | Heinrich Stöckle | Strumenti di misura e di verifica
Tester universali, voltmetri ed altri
strumenti di misura |