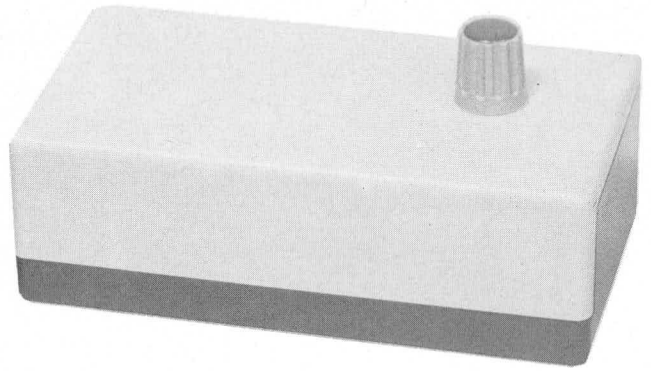
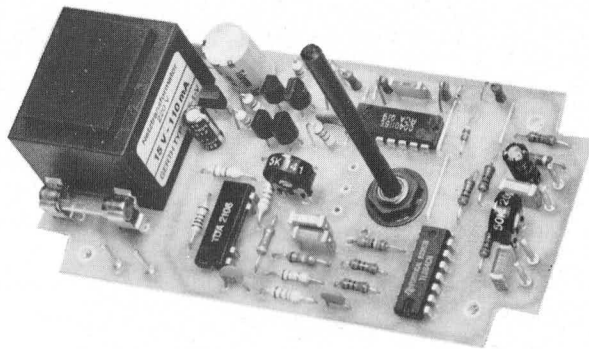


Elektronischer Nachhall



Für die Musikfreunde unter unseren Lesern stellen wir hier ein Nachhall-Gerät vor, das die Verzögerung analoger Signale (Sprache, Musik usw.) auf elektronische Weise realisiert.

Allgemeines

Um analoge Signale zu verzögern, standen bis vor einigen Jahren im wesentlichen nur zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

1. Die qualitativ gute, jedoch technisch sehr aufwendige und teure Lösung der Verzögerung über ein Tonbandgerät, wobei durch den Einsatz von mehreren Tonköpfen gleichzeitig unterschiedliche Verzögerungszeiten realisiert werden können.
2. Die sehr preiswerte Lösung der Verzögerung durch eine Hallspirale. Hierdurch ergibt sich jedoch leicht ein etwas „blecherner“ Klang.

Durch die fortschreitende Integrationsdichte ist es inzwischen möglich geworden, mehrere tausend Analog-Speicher in einem IC unterzubringen. Werden diese einzelnen Analog-Speicher in Form eines Schieberegisters in Reihe geschaltet, entsteht daraus ein „Eimerkettenspeicher“.

Die Verzögerungszeit ergibt sich nun aus der Anzahl der Stufen, dividiert durch die Taktfrequenz. Mit Taktfrequenz bezeichnen wir die Ansteuerfrequenz, mit der die einzelnen Speicher umgeladen werden. Würde die Taktfrequenz 2000 Hz betragen, bei einem 2000stufigen Analog-Speicher IC, ergebe sich daraus eine Verzögerungszeit von 1 Sekunde, da ein bestimmter Eingangssignalpegel jeweils in 0,5 mSek. ($\frac{1}{2000}$ Sekunden) in den nächsten Analog-Speicher umgeladen wird und dies zweitausendmal erfolgen muß, bevor der Eingangssignalpegel am Ausgang erscheint. Verdoppelt man die Frequenz, so halbiert sich die Verzögerungszeit (Durchlaufzeit). Je höher die Anzahl der einzelnen Stufen, desto länger die Durchlaufzeit.

Um nun eine möglichst hohe Verzögerungszeit zu erreichen, sollte das eingesetzte IC möglichst viele Analog-Speicher besitzen. Aufgrund moderner Integrationstechniken ist es inzwischen möglich geworden, über tausend solcher Speicher auf einem Chip unterzubringen. Darüber hinaus sollte die

Taktfrequenz möglichst hoch sein, damit die Übertragungsfrequenz, das ist die Frequenz, die das IC als Analog-Frequenz noch übertragen kann, ebenfalls möglichst hoch ist. Hierbei ist zu beachten, daß die Abtastrate möglichst 3 bis 5 mal so hoch sein sollte wie die maximale Eingangsfrequenz des zu verzögernden NF-Signals. Bei einer Taktfrequenz von 40 kHz sollte die Frequenz des zu verzögernden NF-Eingangssignals möglichst 10 kHz nicht überschreiten, um einen vertretbaren Klirrfaktor nicht zu überschreiten.

Zur Schaltung

Das Herz der hier vorgestellten elektronischen Verzögerungsschaltung besteht aus dem hoch integrierten IC 2 des Typs TDA 2108, das von der Firma VALVO hergestellt wird und ein 2048stufiges analoges MOS-Schieberegister darstellt – es enthält also 2048 einzelne hintereinander geschaltete Analog-Speicher.

Über den Kondensator C 1 gelangt das Eingangssignal auf den nicht invertierenden (+)Eingang des OP 1, der als reiner Impedanzwandler geschaltet ist. Vom Ausgang des OP 1 gelangt das NF-Signal dann zum einen auf den Eingang (Pin 7) des MOS-Schieberegisters des Typs TDA 2108, das die eigentliche Verzögerungsstrecke darstellt. An seinen Ausgängen (Pin 3 und Pin 4) steht dann das verzögerte NF-Signal zur Verfügung und gelangt auf den mit dem OP 2 mit Zusatzbeschaltung aufgebauten Tiefpaßfilter.

Zum anderen gelangt das am Ausgang des OP 1 anstehende NF-Signal über R 13 auf den invertierenden (-)Eingang des OP 3. Der Trimmer R 4 ist so einzustellen, daß der Klirrfaktor des verzögerten Signals minimiert wird. Steht kein geeignetes Meßgerät zur Verfügung, ist R 4 in Mittelstellung zu bringen bzw. ein Abgleich „nach Gehör“ durchzuführen.

Sowohl das verzögerte NF-Signal am Ausgang des OP 2 als auch das unverzögerte

NF-Signal am Ausgang des OP 3 werden nun jeweils über einen 10 k Ω Widerstand auf den Summenpunkt am invertierenden (-)Eingang des OP 4 geführt, d. h., beide Signale werden miteinander gemischt.

Mit Hilfe des im Rückkopplungs-zweig von OP 4 liegenden Trimmers kann eine Grundverstärkung fest eingestellt werden, so daß die gesamte Schaltung auch für kleine Eingangssignale eingesetzt werden kann.

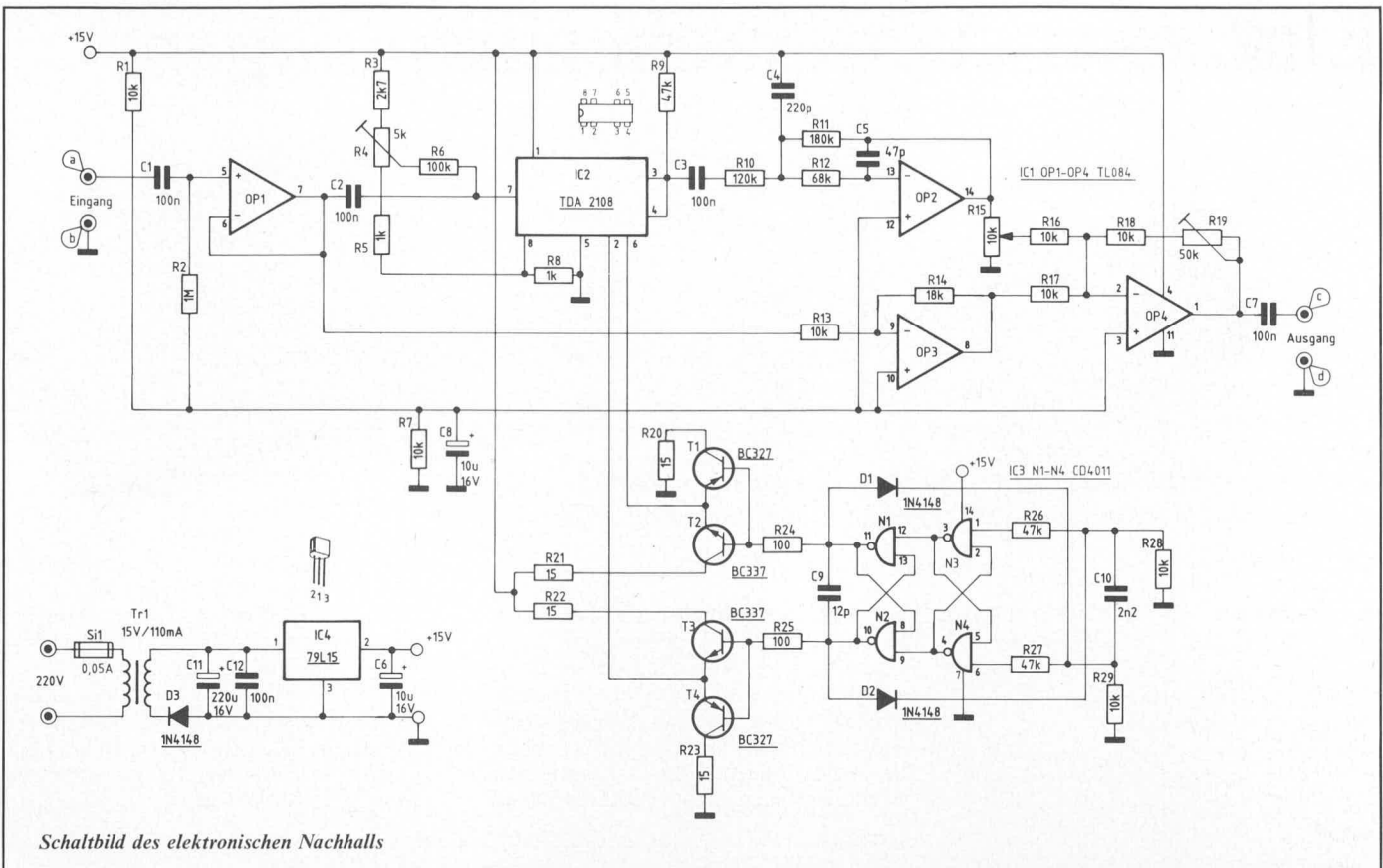
Am Ausgang des OP 4 steht somit ein Signal zur Verfügung, das dem Eingangssignal mit zugefügtem Nachhall entspricht, wobei je nach Stellung von R 15 der Nachhalleffekt entweder größer oder kleiner von 0 an beginnend eingestellt werden kann.

Der Taktgenerator besitze eine feste Frequenz von ca. 30 kHz, wobei die absolute Größe dieser Taktfrequenz sowie deren Stabilität von untergeordneter Bedeutung ist. Aufgebaut wird die Schaltung des Taktgenerators mit vier NAND-Gattern, die in einem IC des Typs CD 4011 integriert sind mit nachgeschalteter Leistungspufferstufe. Diese ist erforderlich, da gleichzeitig immerhin 2048 Schieberegisterstufen zu schalten sind.

Wünscht man eine höhere Taktfrequenz, so kann C 10 (2,2 nF) verkleinert werden, während bei kleineren Taktfrequenzen der Kondensator zu vergrößern ist.

Zum Nachbau

Der Nachbau gestaltet sich auch hier wieder recht einfach, zumal sämtliche Bauelemente auf der Platine Platz finden. Beim Einbau des TDA 2108 ist besondere Vorsicht geboten, da es sich um eine MOS-IC handelt, das vor statischen Aufladungen zu schützen ist, zumal dieses IC aufgrund der hohen Integrationsdichte entsprechend teuer ist. Darüber hinaus sind keine besonderen Vorsichtsmaßnahmen erforderlich. Durch den Einsatz eines Netzteiles, dessen 220 V Eingangsspannung lebensgefährlich ist, möchten wir noch einmal auf die einschlägigen Sicherheitsvorschriften hinweisen. Die VDE-Bestimmungen sind zu beachten.



Stückliste:
Elektronischer Hall

Halbleiter:

IC1	TL 084
IC2	TDA 2108
IC3	CD 4011
IC4	79 L 15
T1, T4	BC 327
T2, T3	BC 337
D1-D3	1 N 4148

Kondensatoren:

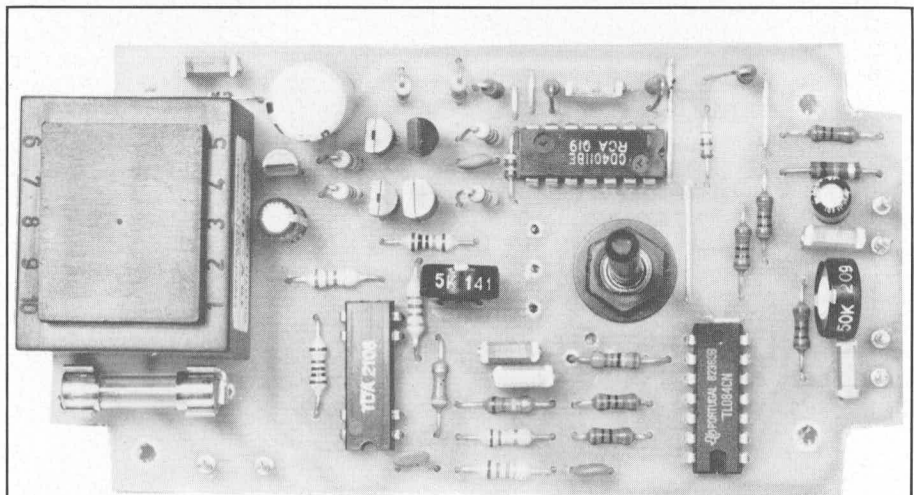
C1, C2, C3, C7, C12	100 nF
C4	220 pF
C5	47 pF
C6, C8	10 µF/16 V
C9	12 pF
C10	2,2 nF
C11	220 µF/16 V

Widerstände:

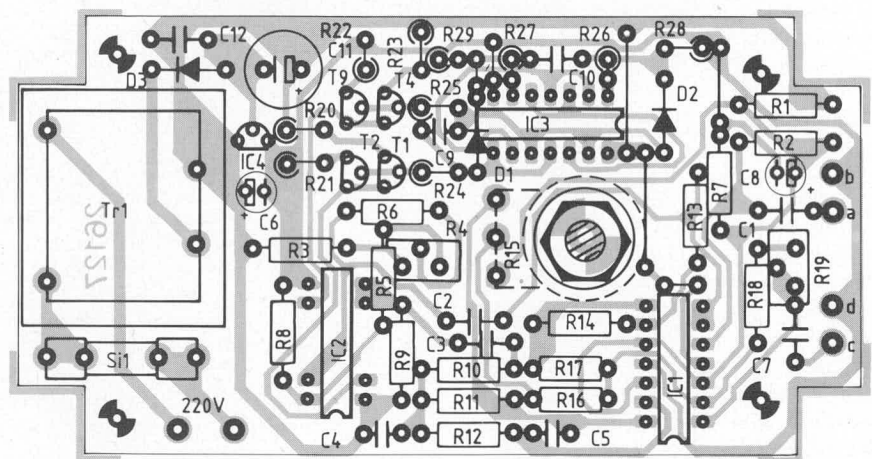
R1	10 kΩ
R2	1 MΩ
R3	2,7 kΩ
R4	5 kΩ, Trimmer, stehend
R5	1 kΩ
R6	100 kΩ
R7	10 kΩ
R8	1 kΩ
R9	47 kΩ
R10	120 kΩ
R11	180 kΩ
R12	68 kΩ
R13, R16-R18	10 kΩ
R14	18 kΩ
R15	10 kΩ, Poti, lin, 4 mm Achse
R19	50 kΩ, Trimmer, stehend
R20-R23	15 Ω
R24, R25	100 Ω
R26, R27	47 kΩ
R28, R29	10 kΩ

Sonstiges

Tr1	prim: 220V/1,6 VA sek: 15 V/110 mA
Si1	50 mA
1 Platinsicherungshalter	
6 Lötstifte	



Ansicht der fertig bestückten Platine des elektronischen Nachhalls



Bestückungsseite der Platine des elektronischen Nachhalls