

Schaltbild des elektronischen Einfach-Echos

In Bild 1f ist die zu den Bildern 1a bis 1e gehörende Steuerspannung für die ungradzahligen Schalter (S 1, S 3) aufgezeichnet, während in Bild 1g die Steuerspannung für die gradzahligen Schalter (S 2, S 4) dargestellt ist. Wie man daraus erkennt, sind beide Signale gegenphasig, d. h. wenn das Steuersignal für S 1, S 2 „high“ ist, liegt der Pegel des Steuersignals für S 3, S 4 auf „low“.

Vom Übernahmezeitpunkt der 1 V-Eingangsinformation an gerechnet, sind vier Schaltungen (Schaltsschritte) erforderlich, um das Eingangssignal am Ausgang erscheinen zu lassen. Jeder Schaltschritt entspricht hierbei einer Halberiode des Steuersignals, d. h. nach zwei Perioden erscheint eine Eingangsinformation am Ausgang eines Eimerkettenspeichers, der aus insgesamt vier Speicherstufen besteht.

In der Praxis werden Eimerkettenspeicher-IC's mit mehreren hundert, ja sogar bis zu einigen tausend einzelnen Analogspeichern eingesetzt.

In der im ELV-Labor entwickelten Verzögerungsschaltung findet das Valvo-IC des Typs TDA 2107 Verwendung. Hierin sind 1024 Speicherstufen integriert.

Die Taktfrequenz, d. h. die Ansteuerfrequenz der Schalter muß mindestens doppelt so hoch sein, wie die höchste zu verarbeitende Signalfrequenz, damit eine einwandfreie Übertragung gewährleistet ist.

Bei einer Bandbreite der vorliegenden Schaltung von 10 Hz bis 10 kHz bedeutet dies ein Taktfrequenz von 20 kHz.

Die Verzögerungszeit ergibt sich aus der halben Anzahl der Speicherstufen, dividiert durch die Taktfrequenz. Es darf lediglich die Hälfte der Speicherstufen zur Berechnung der Verzögerungszeit in Ansatz gebracht werden, da jede Speicherstufe erst dann neu geladen werden kann, wenn in einem vorhergehenden Schritt die alte Ladung abgegeben wurde, d. h. es enthält nur jede zweite Speicherstufe umschichtig ihre Signalinformation. Bei unserem Beispiel aus Bild 1 waren auch vier Speicherstufen erforderlich, um das Signal innerhalb von zwei Vollwellen (Perioden) vom Eingang zum Ausgang zu transportieren.

Die Berechnungsformel für die Verzögerungszeit lautet daher wie folgt:

$$t_v = \frac{n \text{ (Anzahl der Speicherstufen)}}{2 f_T}$$

Nach vorstehender Formel ergibt sich die Verzögerungszeit der in diesem Artikel vorgestellten Schaltung zu:

$$t_v = \frac{1024}{2 \cdot 20\,000 \text{ Hz}} = 0,0256 \text{ sec} = 25,6 \text{ ms.}$$

Durch den Einsatz von zwei gleichen, hintereinandergeschalteten Eimerkettenspeichern des Typs TDA 2107 mit jeweils 1024 Analog-Speicherstufen verdoppelt sich die Verzögerungszeit auf 51,2 ms.

Zur Schaltung

Um zu einer für den praktischen Einsatz gut geeigneten Verzögerungsschaltung für analoge Signale zu kommen, die nach dem Prinzip der Eimerkettenspeicher arbeitet, sind allerdings noch einige zusätzliche Schaltungsteile erforderlich. Ein entsprechendes komplettes Blockschaltbild ist in Bild 2 dargestellt.

Das zu verzögernde Eingangssignal wird zunächst auf einen Vorverstärker und anschließend auf einen elektronischen Filter 2. Ordnung gegeben.

Mit dem Poti P 2 wird der Pegel auf die Erfordernisse der Eimerkettenspeicher-IC's des Typs TDA 2107 eingestellt.

In der ersten Verzögerungsstrecke erfährt das Signal eine Verzögerung von 25,6 ms, um anschließend eine nochmalige Verzögerung um den gleichen Betrag in der zweiten Verzögerungsstrecke zu erfahren.

Sowohl vom Ausgang der ersten Verzögerungsstrecke als auch vom Ausgang der zweiten Verzögerungsstrecke wird jeweils das Signal auf den Summenverstärker (Mischer) gegeben, um so ein Zweifach-Echo zu erhalten. Mit P 1 kann zusätzlich ein beliebiger Anteil des unverzögerten Eingangssignals zugemischt werden. Letzteres ist besonders bei einkanaliger- bzw. mono Übertragung erforderlich, um zu einem Echoeffekt zu kommen. Steht ein zweiter Übertragungskanal zur Verfügung, über

den das unverzögerte Signal gehört wird, kann P 1 auf 0 gedreht werden, so daß der zweite Kanal lediglich das verzögerte Signal wiedergibt. Im allgemeinen wird man jedoch feststellen, daß ein Mindestanteil des unverzögerten Signals für eine gute akustische Wiedergabe sinnvoll ist.

Der Ausgang des Mixers wird anschließend auf eine zweite Filterstufe gegeben, dem noch zwei weitere Filter nachgeschaltet sind. Jede Filterstufe besteht aus einem aktiven Tiefpaß 2. Ordnung. Die Gesamtdimensionierung der Filter 1 bis 4 ist so ausgeführt, daß sich ein extrem steiflankiger Tiefpaß 8. Ordnung mit einer oberen Grenzfrequenz von 10 kHz ergibt. Hierdurch wird das 20 kHz-Signal des Taktoszillators wirksam unterdrückt.

Anhand der technischen Daten kann man die hohe Qualität der Gesamtschaltung erkennen.

Kommen wir nun zur Beschreibung der praktischen Ausführung der Schaltung.

Über C 1 gelangt das analoge Eingangssignal (Sprache, Musik usw.) auf den Vorverstärker, bestehend aus T 1, T 2 mit Zusatzbeschaltung. Mit R 1, R 2 wird der Gleichspannungs-Arbeitspunkt festgelegt.

Der nachgeschaltete aktive Tiefpaß 2. Ordnung besteht aus dem Transistor T 3, den frequenzbestimmenden Bauelementen R 7, R 8, C 2, C 3, dem Basisvorwiderstand R 9 sowie dem Ausgangswiderstand R 11. Letzterer ist als Trimmer vorgesehen, um eine Pegelanpassung für die nachfolgenden Eimerkettenspeicher-IC's vornehmen zu können (R 11 entspricht im Blockschaltbild P 2).

Über C 4 gelangt das NF-Signal auf den Eingang der ersten Verzögerungsstrecke (IC 1), dessen Ausgang (Pin 7, Pin 8 des IC 1) über C 5 auf den Eingang (Pin 3) der zweiten Verzögerungsstrecke (IC 2) geschaltet ist. An diesem Ausgang (Pin 7, Pin 8 des IC 2) steht dann das zweifach verzögerte NF-Eingangssignal zur Verfügung.

Der nachfolgende Summenverstärker (Mischer) besteht aus den Widerständen R 20 bis R 26 sowie dem Transistor T 4.

Das in seiner Größe mit dem Trimmer R 10 einstellbare, unverzögerte NF-Signal gelangt über C 8 auf den einen Eingang (R 22) des Mixers, während das einfach verzögerte Signal über C 6 und das zweifach verzögerte Signal über C 7 dem Mischer zugeführt werden.

Der Ausgang des Summenverstärkers (Emitter von T 4) gelangt auf die zweite Filterstufe, bestehend aus T 5, C 14, C 15 sowie R 29 bis R 32. Seinerseits treibt der Ausgang dieser zweiten Filterstufe (Emitter von T 5) die dritte Filterstufe, worauf die vierte Filterstufe folgt. Die Auskoppung des verzögerten NF-Eingangssignals erfolgt am Emitter von T 7 über den Kondensator C 20.

Insgesamt ergeben die vier Filterstufen einen extrem steiflankigen aktiven Tiefpaß 8. Ordnung mit einer oberen Grenzfrequenz von 10 kHz.

Der Taktoszillator mit einer Frequenz von 20 kHz besteht aus den Gattern N 1 bis N 4

mit Zusatzbeschaltung. Die gegenphasigen Rechtecksignale (Pin 4 des Gatters N 3 und Pin 10 des Gatters N 4) steuern direkt die beiden entsprechenden Takteingänge der IC's 1 und 2.

Die Schaltung benötigt eine stabilisierte Versorgungsspannung von 15 V bei einem Strombedarf von ca. 20 mA. Auf der Leiterplatte ist ein entsprechender 15 V Festspannungsregler (IC 3) vorgesehen, dessen Eingangsspannung unstabiliert zwischen 18 V und 30 V liegen darf. Stehen bereits stabilisierte 15 V zur Verfügung, kann IC 3 ersatzlos entfallen, wobei Pin 1 und Pin 2 über eine Brücke miteinander zu verbinden sind.

Bevor die Schaltung in Betrieb genommen wird, ist noch der Gleichspannungsarbeitspunkt der IC's 1 und 2 mit dem Trimmer R 14 einzustellen. Hierdurch wird gleichzeitig der Klirrfaktor minimiert. R 14 ist so einzustellen, daß das verzögerte Ausgangssignal an den Anschlußbeinchen 7 und 8 der IC's 1 und 2 bei maximal möglicher Amplitude (ca. 4 V_{eff}) weder bei der positiven Halbwelle noch bei der negativen Halbwelle vorzeitig in die Begrenzung geht.

Hierzu legt man zweckmäßigerweise eine Sinuseingangsspannung im Bereich zwischen 500 Hz und 2 kHz an den Schaltungseingang und erhöht die Amplitude soweit, bis das Ausgangssignal an Pin 7 und Pin 8 der IC's 1 und 2 entweder bei der positiven oder bei der negativen Halbwelle in die Begrenzung geht (das Signal — Frequenzgemisch — wird an der Spitze abgeflacht). R 14 wird dann soweit verdreht, bis

die Abflachungen der Ausgangskurve bei einer Vergrößerung des Eingangssignals gleichzeitig bei der positiven und bei der negativen Halbwelle einsetzen. Durch diese Einstellung ist eine optimale Aussteuerbarkeit der Eimerkettenspeicher gewährleistet.

Zum Nachbau

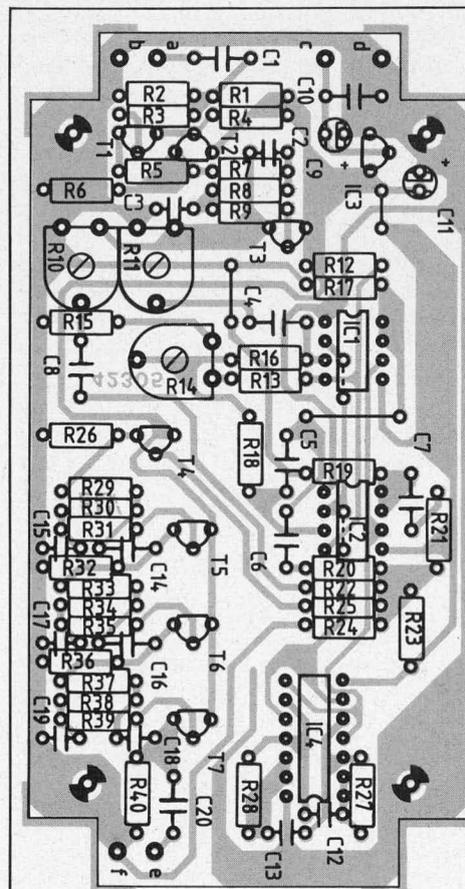
Der Nachbau gestaltet sich recht einfach, zumal sämtliche Bauelemente auf einer einzigen Platine untergebracht sind.

Zunächst werden die niedrigen und anschließend die höheren Bauelemente auf die Platine gesetzt und verlötet. Die IC's sind zweckmäßigerweise als letztes einzusetzen. Beim Einbau der beiden TDA 2107 ist besondere Vorsicht geboten, da es sich um eine MOS-IC handelt, das vor statischen Aufladungen zu schützen ist.

Begnügt man sich mit einer Verzögerungszeit von ca. 26 ms, so kann das IC 2 ersatzlos entfallen. Zusätzlich sind folgende Bauelemente entbehrlich: R 18, R 19, R 21 sowie C 5 und C 7.

Möchte man anstelle eines zweifach verzögerten Signals lediglich ein Einfachecho am Ausgang erhalten, so entfallen die Bauelemente C 6 und R 20. Es wird dann lediglich das über IC 1 und IC 2 mit ca. 50 ms verzögerte Eingangssignal gemischt. Der Einfluß des unverzögerten NF-Eingangssignals kann mit R 10 von 0 bis Maximum eingestellt werden.

Wir wünschen unseren Lesern viel Freude beim Nachbau und späteren Einsatz dieser interessanten Schaltung.



Bestückungsseite der Platine des elektronischen Einfach-Echos

Stückliste Elektronisches Einfach-Echo

Halbleiter

IC 1, IC 2	.....	TDA 2107
IC 3	.....	µA 79L15
IC 4	.....	CD 4011
T 1, T 3-T 7	.....	BC 559
T 2	.....	BC 549

Kondensatoren

C 1, C 4-C 8, C 20	.....	100 nF
C 2, C 18, C 19	.....	470 pF
C 3, C 12, C 13, C 15	.....	330 pF
C 9, C 11	.....	10 µF/16 V
C 10	.....	47 nF
C 14	.....	1 nF
C 16	.....	3,3 nF
C 17	.....	100 pF

Widerstände

R 1	.....	220 kΩ
R 2, R 23	.....	330 kΩ
R 3, R 9, R 12	.....	1 kΩ
R 4	.....	15 kΩ
R 5	.....	100 Ω
R 6	.....	1,5 kΩ
R 7, R 8	.....	33 kΩ
R 10, R 11	.....	10 kΩ, Trimmer liegend
R 13	.....	6,8 kΩ
R 14	.....	5 kΩ, Trimmer liegend
R 15	.....	2,7 kΩ
R 16, R 18, R 27, R 28	.....	100 kΩ
R 17, R 19	.....	47 kΩ
R 20-R 22	.....	180 kΩ
R 24	.....	680 kΩ
R 25, R 31, R 35, R 39	.....	1 kΩ
R 26, R 32, R 36, R 40	.....	4,7 kΩ
R 29, R 30, R 33, R 34, R 37,	.....
R 38	.....	27 kΩ

Sonstiges

6 Lötstifte