

Elektronische Dampfpfeife

Zur naturgetreuen Imitation des Signals einer alten Dampflokomotive oder eines Dampfschiffes dient die hier vorgestellte kleine Schaltung.

Allgemeines

Im Bereich des Modellbaus gehört das Dampfpfeifen-Signal, d. h. der Signalton einer mit Dampfdruck betriebenen Signaleinrichtung wie sie bei Dampflokomotiven und auch zur Zeit der Dampfschiffahrt verwendet wurde, zu einem oft benötigten Geräuscheffekt.

Zur naturgetreuen Imitation einer solchen Dampfpfeife sind im wesentlichen 2 Signalkomponenten erforderlich. Neben dem eigentlichen Signalton, dem Sinus-Signal mit einer Frequenz zwischen 600 Hz und 1000 Hz wird eine starke Rauschkomponente benötigt.

Die exakte, amplitudenmäßige Abstimmung beider Signalkomponenten liefert das gewünschte Dampfpfeifen-Signal.

Hinzukommt das ebenfalls wichtige, langsame An- und Abschwellen des Signals.

Eine Schaltung, die vorstehende Anforderungen erfüllt, beschreibt der vorliegende Artikel.

Schaltung

Abbildung 1 zeigt das Schaltbild unserer elektronischen Dampfpfeife. Über die Lötstifte ST 1 und ST 2 wird die Betriebsspannung zugeführt, die im Bereich zwischen 7 V bis 15 V liegen darf. Im Ruhezustand beträgt die Stromaufnahme ca. 2 mA.

Mit dem Operationsverstärker IC 1 A in Verbindung mit der eingangsseitigen Beschaltung durch R 1, R 2 und C 2 wird die Bezugsspannung für die weiteren Operationsverstärker auf $U_B/2$ festgelegt, d. h. am Ausgang (Pin 1) steht der gepufferte Spannungsmittelpunkt zur Verfügung. IC 1 C mit externer Beschaltung erzeugt den eigentlichen Sinus-Signalton. Das frequenzbestimmende Element dieses Sinusgenerators wird durch die sogenannte Wienbrücke, bestehend aus R 8, C 4 und R 12, C 6, in Verbindung mit dem zweiten Brückenweig, bestehend aus R 5, R 6, R 10, R 11 und D 2, gebildet.

Durch die Wienbrücke wird ein ausreichend großer Teil der am Ausgang (Pin 8) des IC 1 anstehenden Spannung auf den nicht-invertierenden Eingang zurückgekoppelt. Die Frequenz des Sinus-Generators ergibt sich aus der Dimensionierung der R/C-Glieder nach der Formel:

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

Mit 3,3 k Ω und 56 nF beträgt die Ausgangsfrequenz des Generators rund 900 Hz.

Damit ein einwandfreies Anschwingen gewährleistet ist, muß die Verstärkung der Schaltung ausreichend groß sein. Die zusätzliche Forderung nach einem sinusförmigen Ausgangssignal erfordert jedoch eine entsprechende Begrenzung der Verstärkung.

Um beiden Forderungen zu entsprechen, ist mit der weiteren Beschaltung, bestehend aus R 5, R 6, R 10, R 11 sowie der Diode D 2 eine Amplitudenstabilisierung realisiert. Mit dem Trimmer R 10 wird hierbei die Ausgangsamplitude des Generators eingestellt.

Die Erzeugung des Rauschsignals erfolgt in Verbindung mit dem unteren Operationsverstärker IC 1 D. Die eigentliche Rauschquelle bildet die Germanium-Diode D 1 des Typs AA 118.

Diese in Sperrichtung betriebene Diode erzeugt über den hochohmigen Widerstand R 4 ein Rauschsignal mit einer Amplitude von ca. $3mV_{ss}$. Der Tiefpaß R 3, C 3 dient zur Entkopplung der Versorgungsspannung und verhindert, daß die auf der Betriebsspannung vorhandenen Störsignale sich dem Rauschsignal überlagern. Dies ist wichtig, da, um ein ausreichend großes Rauschsignal zu erhalten, eine hohe Verstärkung erforderlich ist. Dem Rauschsignal überlagerte Störkomponenten können hier leicht zu einer Übersteuerung des Verstärkers oder zu einer hörbaren Verfälschung des Ausgangssignals führen.

Über den Koppelkondensator C 14 gelangt das Rauschsignal auf den nicht-invertierenden Eingang des Operationsverstärkers IC 1 D. Die Verstärkung dieser Stufe wird durch R 13 im Gegenkopplungsweig in Verbindung mit R 9 bestimmt und kann je nach Stellung des Trimmers R 13 bis zu 40 dB (100fach) betragen. Der par-

allel zu R 13 liegende Kondensator C 7 legt die obere Grenzfrequenz der Verstärkerstufe fest und unterdrückt Schwingneigungen.

Zur weiteren Verarbeitung gelangt das Rauschsignal nun über R 15 auf den Koppelkondensator C 8. Über R 14 gelangt das Sinus-Signal der eingangs beschriebenen Generatorstufe ebenfalls auf diesen Summenpunkt. Mit den Widerständen R 14 und

Kollektor liegt das um 180° phasenverschobene verstärkte Eingangssignal an. Sobald der Taster/Schalter öffnet, wird über R 22 die Spannung am Emitter von T 1 über die durch R 16 und R 17 vorgegebene Basisspannung angehoben, woraufhin der Transistor sperrt. Durch den Kondensator C 12 in Verbindung mit den Widerständen R 22 bis R 24 ergibt sich hierbei der langsame, fließende Übergang.

Das über C 9 am Kollektor von T 1 ausgekoppelte NF-Signal gelangt nun über R 20 auf den mit

Dampfpfeife mit elektronischem „Innenleben“

R 15 wird eine additive Mischung beider Signalkomponenten erreicht. Gleichzeitig wird durch diese Widerstände, zusammen mit dem Eingangswiderstand der nachfolgenden Transistorstufe um T 1, eine Amplitudenanpassung durchgeführt.

Durch den Transistor T 1 mit der externen Beschaltung ist das langsame An- und Abschwellen des Signals realisiert.

An die Lötstifte ST 3 und ST 4 wird der Taster oder der Schalter zur Aktivierung des Dampfpfeifen-Signals angeschlossen. Ist der Schalter oder Taster geschlossen, d. h. ST 3 und ST 4 sind miteinander verbunden, so arbeitet die Transistorstufe als ganz „normale“ Verstärkerstufe und am

IC 1 B und Zusatzbeschaltung aufgebauten Endverstärker. Damit die Endstufe in der Lage ist, entsprechend niederohmige Lautsprecher (8Ω) zu treiben, ist dem IC 1 zur Erhöhung des Ausgangsstromes eine komplementäre Emitterfolger-Stufe nachgeschaltet.

Die Verstärkung der gesamten Stufe wird durch das Verhältnis von R 25 zu R 20 festgelegt. C 11 bestimmt zusammen mit R 25 die obere Grenzfrequenz und unterdrückt Schwingneigungen.

Mit dem Kondensator C 13 am Ausgang der Endstufe wird der an ST 5 und ST 6 anzuschließende Lautsprecher gleichspannungsmäßig entkoppelt. Der Arbeitspunkt

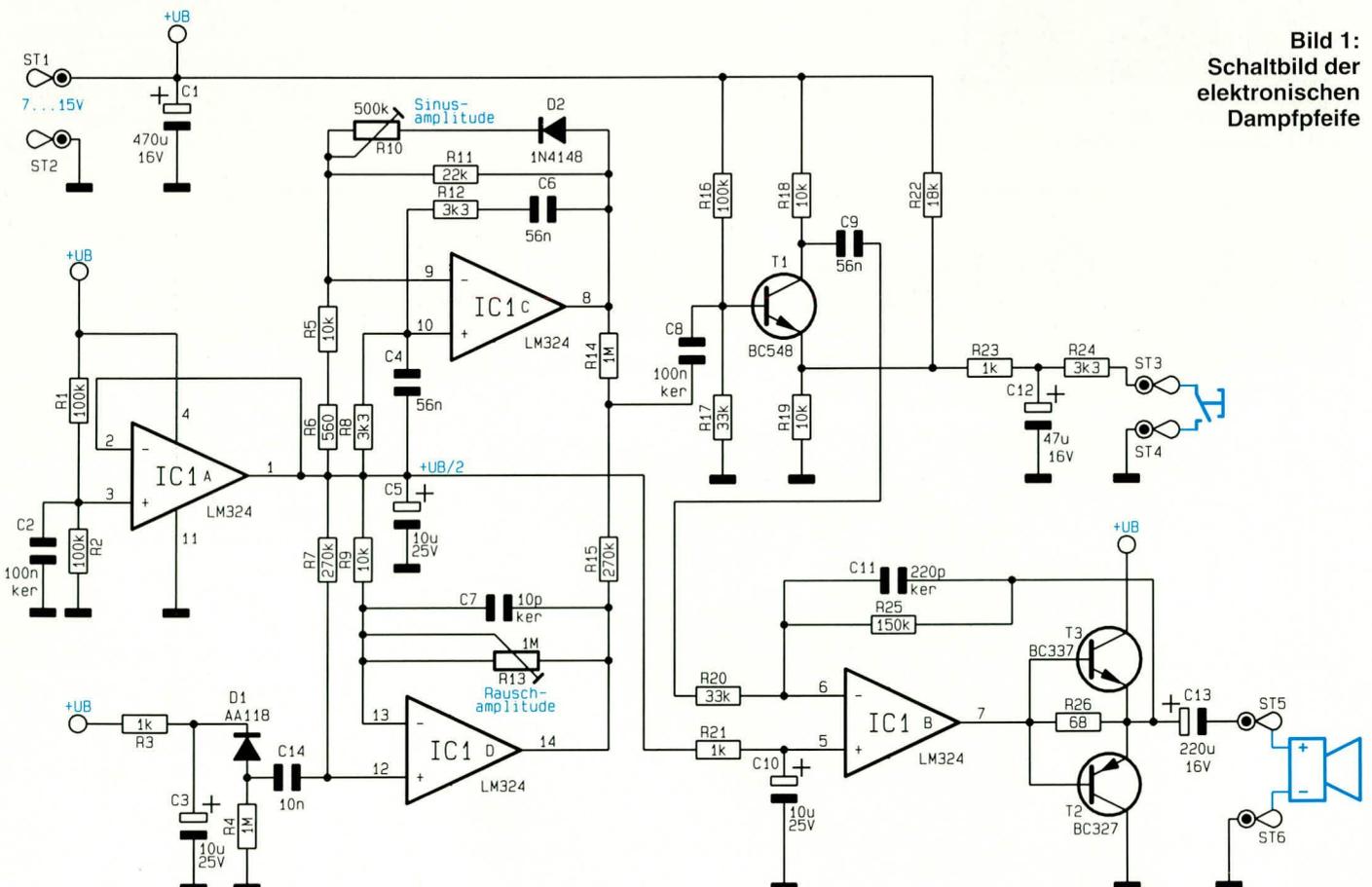
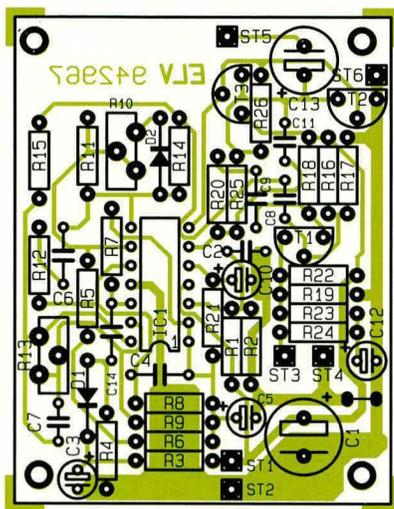


Bild 1:
Schaltbild der elektronischen Dampfpfeife



Fertig aufgebaute Leiterplatte der elektronischen Dampfpeife



Bestückungsplan der elektronischen Dampfpeife

Stückliste: Elektronische Dampfpeife

Widerstände:

68Ω	.....	R26
560Ω	.....	R6
1kΩ	.....	R3, R21, R23
3,3kΩ	.....	R8, R12, R24
10kΩ	.....	R5, R9, R18, R19
18kΩ	.....	R22
22kΩ	.....	R11
33kΩ	.....	R17, R20
100kΩ	.....	R1, R2, R16
150kΩ	.....	R25
270kΩ	.....	R7, R15
1MΩ	.....	R4, R14
PT10, stehend, 500kΩ	.....	R10
PT10, stehend, 1MΩ	.....	R13

Kondensatoren:

10pF/ker	.....	C7
220pF/ker	.....	C11
10nF	.....	C14
56nF	.....	C4, C6, C9
100nF/ker	.....	C2, C8
10µF/25V	.....	C3, C5, C10
47µF/16V	.....	C12
220µF/16V	.....	C13
470µF/16V	.....	C1

Halbleiter:

LM324	.....	IC1
BC548	.....	T1
BC337	.....	T3
BC327	.....	T2
1N4148	.....	D2
AA118	.....	D1

Sonstiges:

6 Lötstifte mit Lötöse

der gesamten Endstufe ist durch die Gleichspannung am nicht invertierenden Eingang des IC 1 vorgegeben. Durch den RC-Tiefpaß R 21, C 10 wird auch hier die Einkopplung von Störsignalen unterdrückt.

Nach diesen ausführlichen Betrachtungen zur Schaltungstechnik kommen wir nun zum Aufbau.

Nachbau

Zunächst ist die 50 mm x 65 mm große einseitig ausgelegte Leiterplatte in gewohnter Weise zu bestücken. Wie üblich erfolgt das Einsetzen der Bauelemente gemäß Stückliste und Bestückungsplan bzw. Bestückungsdruck. Es empfiehlt sich, zuerst die niedrigen Bauteile wie Dioden und Widerstände gefolgt von den höheren Bauelementen einzulöten.

Ist der Aufbau so weit abgeschlossen und die Leiterplatte nochmals auf korrekte Bestückung und Lötung überprüft, kann der Funktionstest der Schaltung erfolgen. Nach Anschluß eines Lautsprechers wird die Versorgungsspannung (Gleichspannung zwischen 7 V bis 15 V, z. B. eine 9 V-Blockbatterie) angelegt.

Der Trimmer für die Einstellung der Rauschkomponente wird zunächst an seinen Linksanschlag (entgegen dem Uhrzeigersinn) gedreht. Nachdem die Anschlußpunkte ST 3 miteinander verbunden wurden (z. B. durch Betätigen des hier angeschlossenen Tasters oder Schalters), wird mit R 10 die gewünschte Lautstärke eingestellt. Anschließend ist mit dem Trimmer R 13 das Rauschsignal so einzustellen, bis das typische Dampfpeifen-Signal vorliegt.

ELV