

Ein IC voller Geräusche

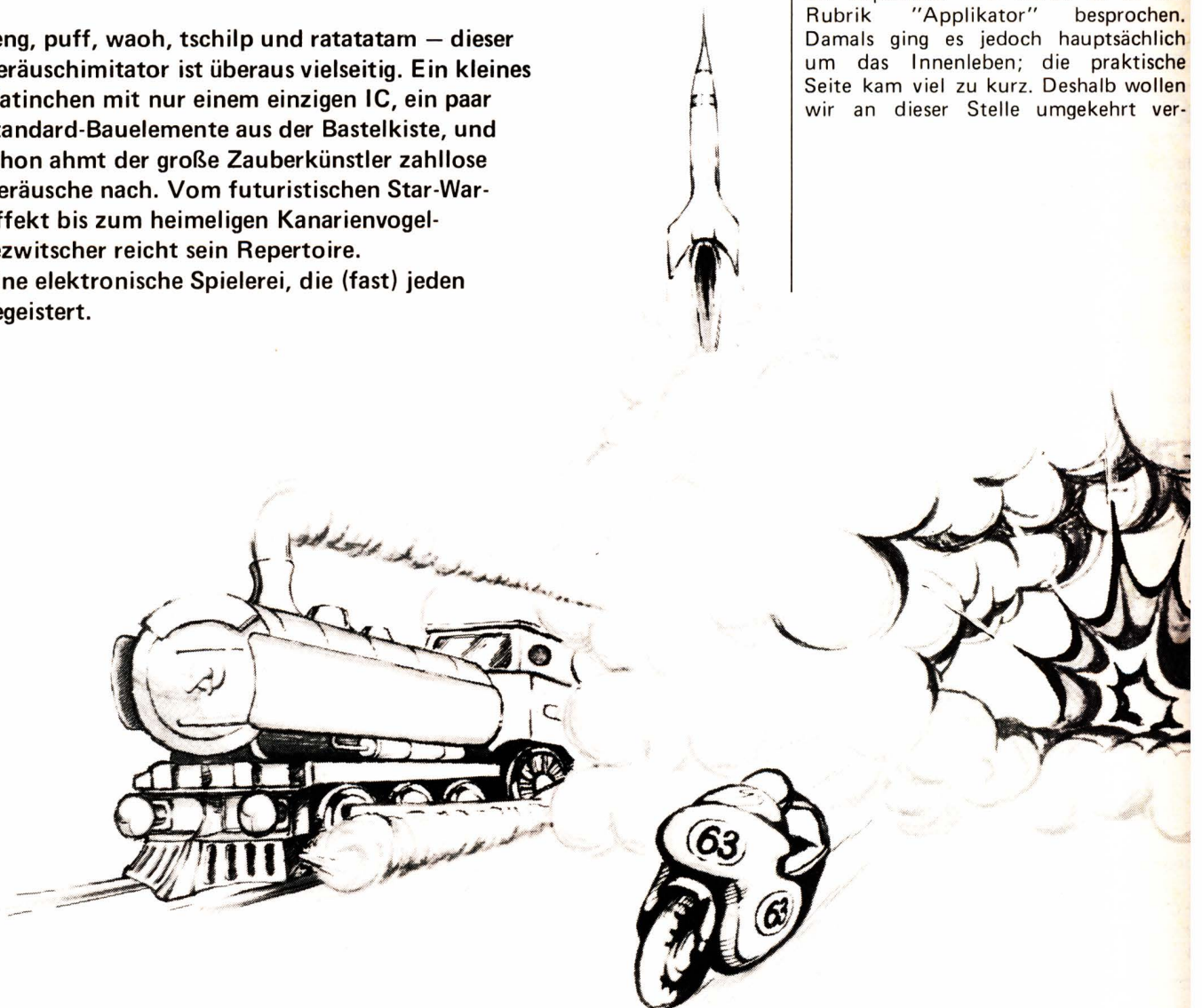
Imitator

Peng, puff, waoh, tschilp und ratatam – dieser Geräuschimitator ist überaus vielseitig. Ein kleines Platinchen mit nur einem einzigen IC, ein paar Standard-Bauelemente aus der Bastelkiste, und schon ahmt der große Zauberkünstler zahllose Geräusche nach. Vom futuristischen Star-War-Effekt bis zum heimeligen Kanarienvogel-gezwitzcher reicht sein Repertoire. Eine elektronische Spielerei, die (fast) jeden begeistert.

Es mag dem einen oder anderen Zweifler unglaubwürdig klingen, doch es ist tatsächlich so: Schaltungen, die auf irgendeine Weise Klänge, Rhythmen oder ähnlichen Ohrenschaus produzieren, sind die absoluten Spitzenreiter unter den Elektor-Publikationen. Das beweisen nicht zuletzt die Berge von Leserzuschriften. Je verrückter aber ein Häufchen Elektronik pfeift, heult, knarrt oder kreischt, desto höher schlagen offensichtlich die Wogen der Begeisterung.

Kein Zweifel, mit diesem Artikel treffen wir wieder ins Schwarze. Hier geht es nämlich um ein IC, das von Texas Instruments speziell für audiophile Freaks entwickelt wurde: den "Complex Sound Generator" SN 76477 N. Das IC, das sich im äußeren Gewand eines 28-Pin-DIL-Gehäuses präsentiert, ist heute für weniger als einen Zehnmarkschein erhältlich. Mit ihm hat man schon fast alles Notwendige erstanden, um das Tor zu den besagten akustischen Abenteuern zu öffnen. Die wenigen externen Komponenten sind kaum der Rede wert: ein paar R's und C's, zwei Transistoren als Endverstärker und, nicht zu vergessen, ein Lautsprecher.

Vorgestellt haben wir dieses IC den Elektor-Lesern schon vor langer Zeit. Im September 78 wurde es in der Rubrik "Applikator" besprochen. Damals ging es jedoch hauptsächlich um das Innenleben; die praktische Seite kam viel zu kurz. Deshalb wollen wir an dieser Stelle umgekehrt ver-



fahren: weniger graue Theorie und mehr auditive Praxis.

Insgesamt haben wir sieben unterschiedliche Geräusche aus dem IC gezaubert, was sich in sieben verschiedenen Schaltungen niederschlägt. Da sich jedoch die sieben Schaltungen in ihrem Aufbau nur wenig unterscheiden, wurde für alle nur eine einzige, universell verwendbare Platine entworfen. Welcher akustische Effekt letztendlich das Ohr erfreut, hängt von nur wenigen passiven Bauelementen ab.

Das IC

Da das Innenleben des ICs seinerzeit ausgiebig durchleuchtet wurde, beschränken wir uns hier auf die wichtigsten Zusammenhänge. Wer tiefere Einblicke gewinnen oder auffrischen will, der nehme aus seinem Elektor-Archiv den Jahrgang 1978 zur Hand und schlage die Seiten 9-50/51 auf. Die dort abgedruckten Formeln und Tabellen nähmen nur unnötig Platz in Anspruch, wenn sie hier noch einmal erscheinen würden.

Doch nun zur Sache: Bild 1 zeigt das interne Blockschema des "Complex Sound Generator"-ICs zusammen mit den notwendigen externen Komponenten. Auf den ersten Blick macht dieses Bild vielleicht einen verwirrenden Eindruck, doch bei näherem Hinsehen erkennt man schnell die drei Hauptakteure des Geschehens: einen Oszillator, der auf einer sehr niedrigen Frequenz schwingt (SLF), einen span-

1

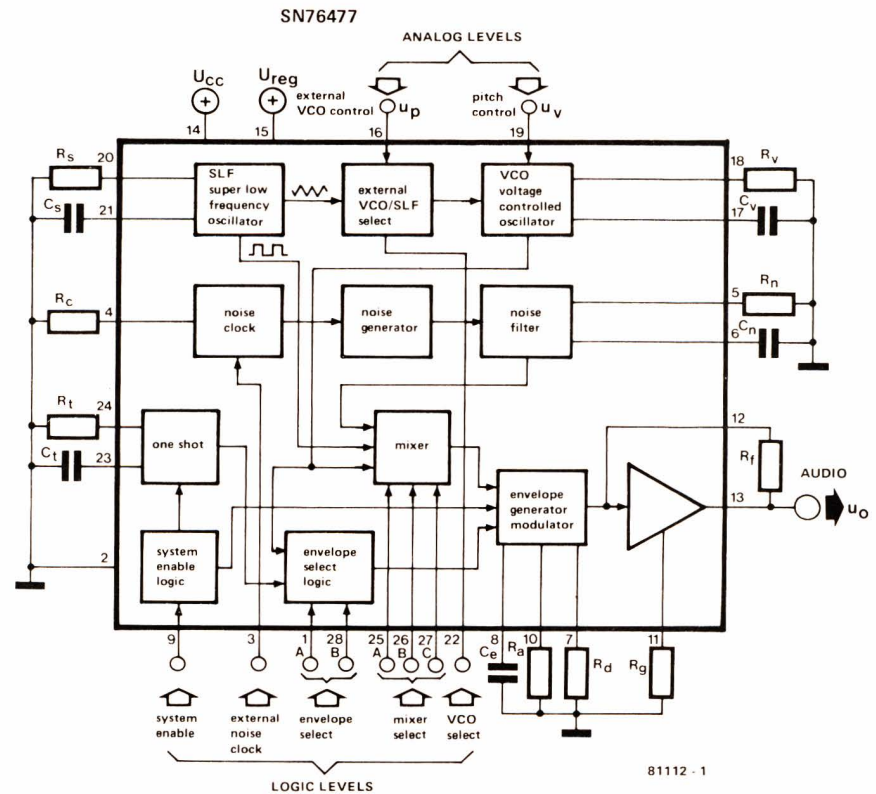
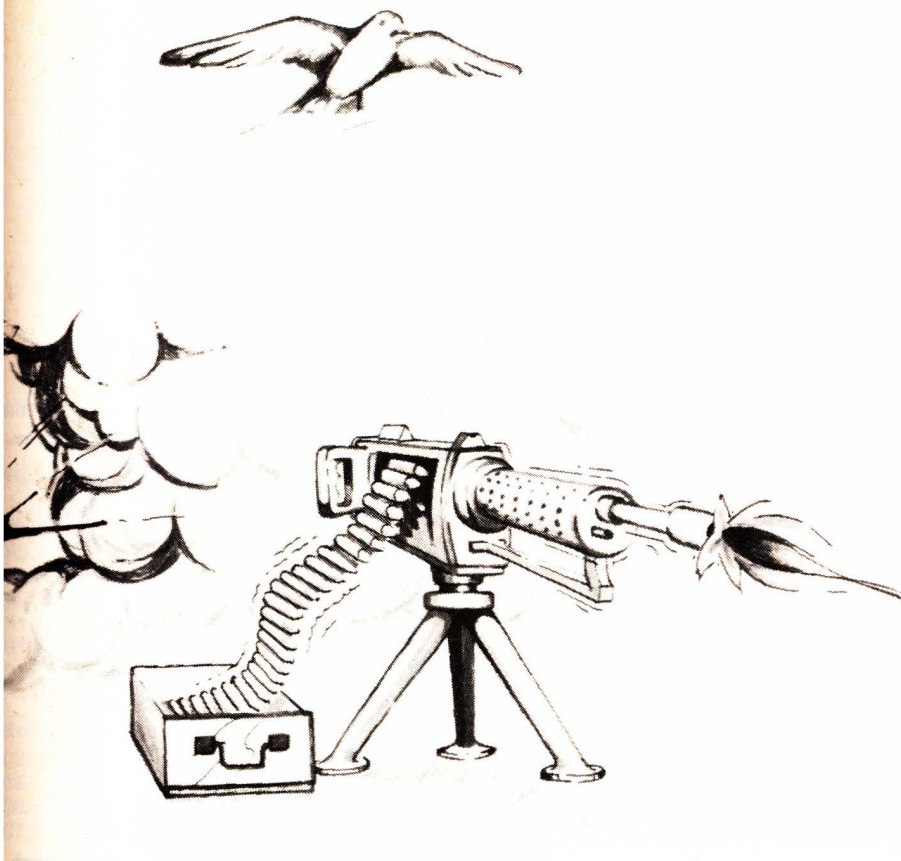


Bild 1. Internes Blockschema des "Complex Sound Generator"-ICs SN 76477 N von Texas Instruments.



nungsgesteuerten Oszillator (VCO), der ein Signal im Audio-Frequenzbereich erzeugt, und einen Rauschgenerator (Noise), dessen Name schon für sich selbst spricht.

Die Frequenz des Signals, das der SLF liefert, liegt gewöhnlich irgendwo zwischen 0,1 Hz und 30 Hz. Bei speziellen Anwendungen schwingt er jedoch nach Wunsch auch auf höheren Frequenzen. Wie dem auch sei, auf jeden Fall wird seine Frequenz von den externen Komponenten R_s und C_s an Pin 20 und 21 bestimmt. Der SLF-Oszillator liefert gleichzeitig ein rechteck- und ein dreieckförmiges Ausgangssignal. Das Rechtecksignal wird vom Mischer weiterverarbeitet, während mit dem Dreiecksignal über den Block "VCO/SLF-Select" der VCO gesteuert werden kann.

Der VCO ist ein Oszillator, dessen Signalfrequenz von der Höhe der Spannung an seinem Eingang abhängt. Als Steuerspannung kann entweder das Dreiecksignal des SLF oder eine an Pin 16 zu legende externe Spannung U_p dienen. Welches dieser beiden Signale zum VCO-Eingang gelangt, das bestimmt das logische Signal am Anschluß VCO-Select (Pin 22). Mit Hilfe von U_p läßt sich das VCO-Signal auch frequenzmodulieren. Die Spannung U_v an Pin 19 beeinflußt den Duty-Cycle des vom VCO erzeugten Rechtecksignals, was sich durch unterschiedliche Klang-

2

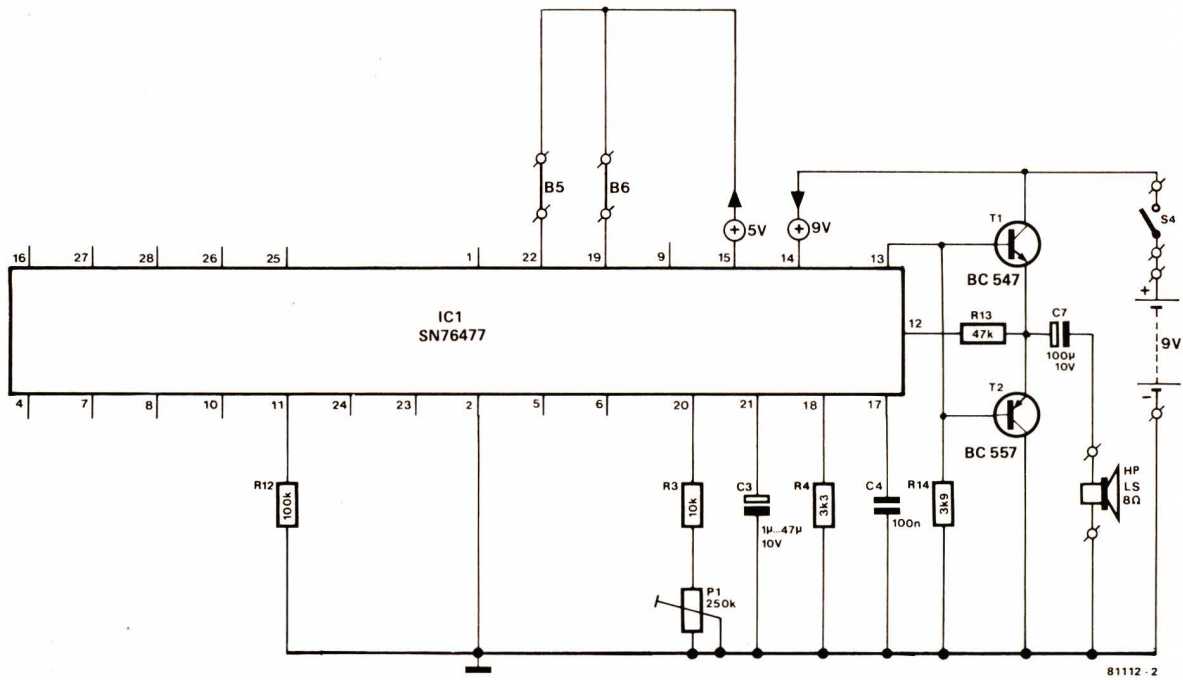


Bild 2. Sirene/Star-War-Effekt. Die Endstufe mit T1 und T2 sowie der Batterieschalter S4 sind bei allen Versionen zu finden.

3

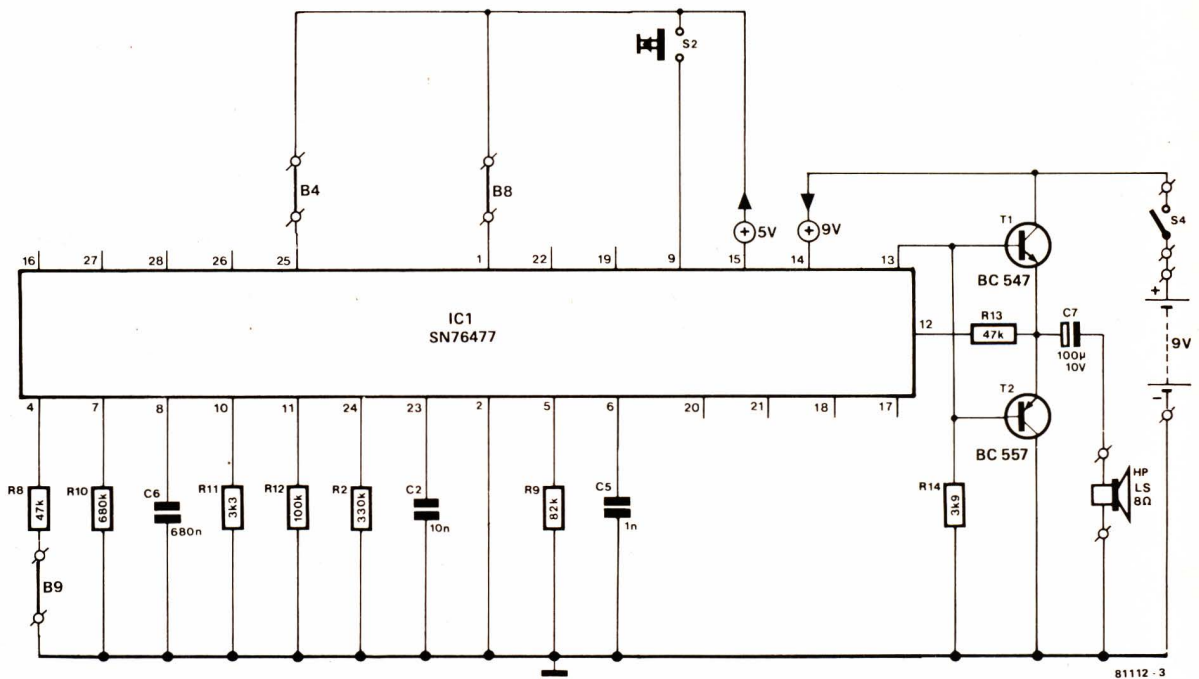


Bild 3. Gewehrscuß. Durch wiederholtes Drücken von S2 entsteht ein Maschinengewehrfeuer.

Stückliste zu Bild 2

- Widerstände:
 R3 = 10 k
 R4 = 3k3
 R12 = 100 k
 R13 = 47 k
 R14 = 3k9
 P1 = 250-k-Trimpoti
- Kondensatoren:
 C3 = 1 µ ... 47 µ/10 V
 C4 = 100 n
- Drahtbrücken:
 B5, B6
- Halbleiter:
 T1 = BC 547
 T2 = BC 557
 IC1 = SN 76477 (Texas)
- außerdem:
 S4 = einpoliger Schalter
 LS = Lautsprecher 8 Ω/0,2 W

Stückliste zu Bild 3

- Widerstände:
 R2 = 330 k
 R8, R13 = 47 k
 R9 = 82 k
 R10 = 680 k
 R11 = 3k3
 R12 = 100 k
 R14 = 3k9
- Kondensatoren:
 C2 = 10 n
 C5 = 1 n
- C6 = 680 n
 C7 = 100 µ/10 V
- Drahtbrücken:
 B4, B8, B9
- Halbleiter:
 T1 = BC 547
 T2 = BC 557
 IC1 = SN 76477 (Texas)
- außerdem:
 S2 = Taster einpolig
 S4 = Schalter einpolig
 LS = Lautsprecher 8 Ω/0,2 W

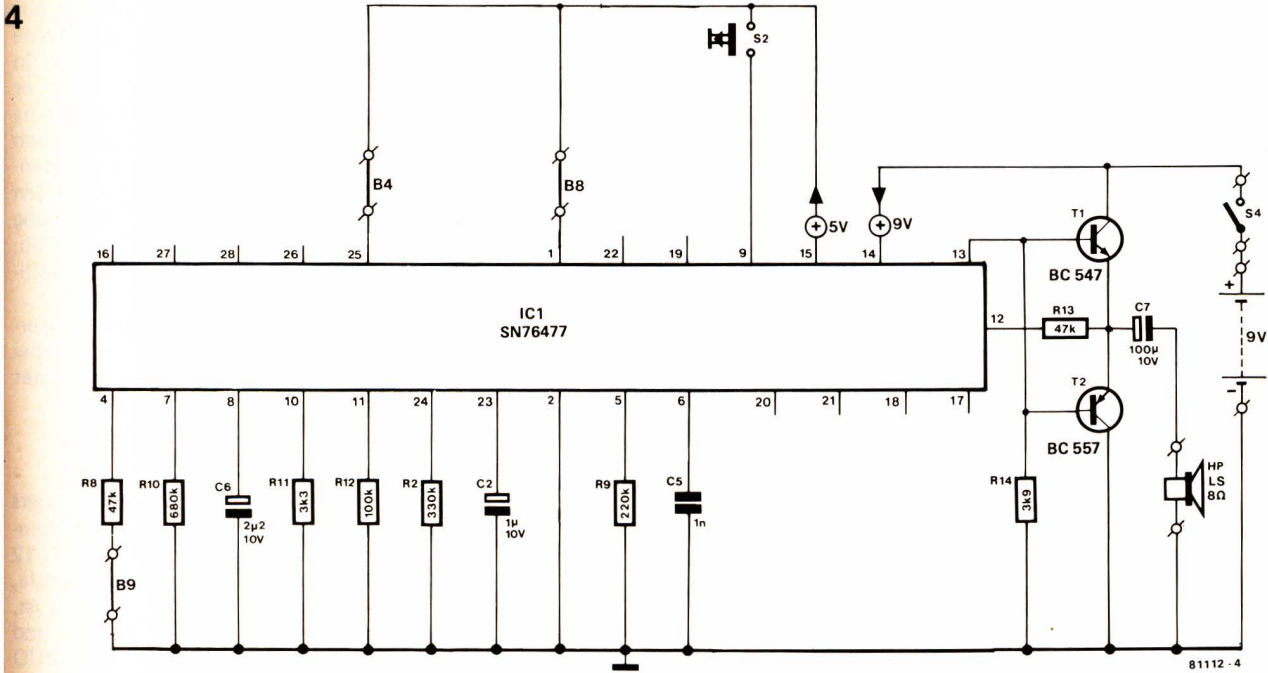


Bild 4. Explosion. Im Prinzip ist dies ein zeitlich gedehnter Gewehrschuß.

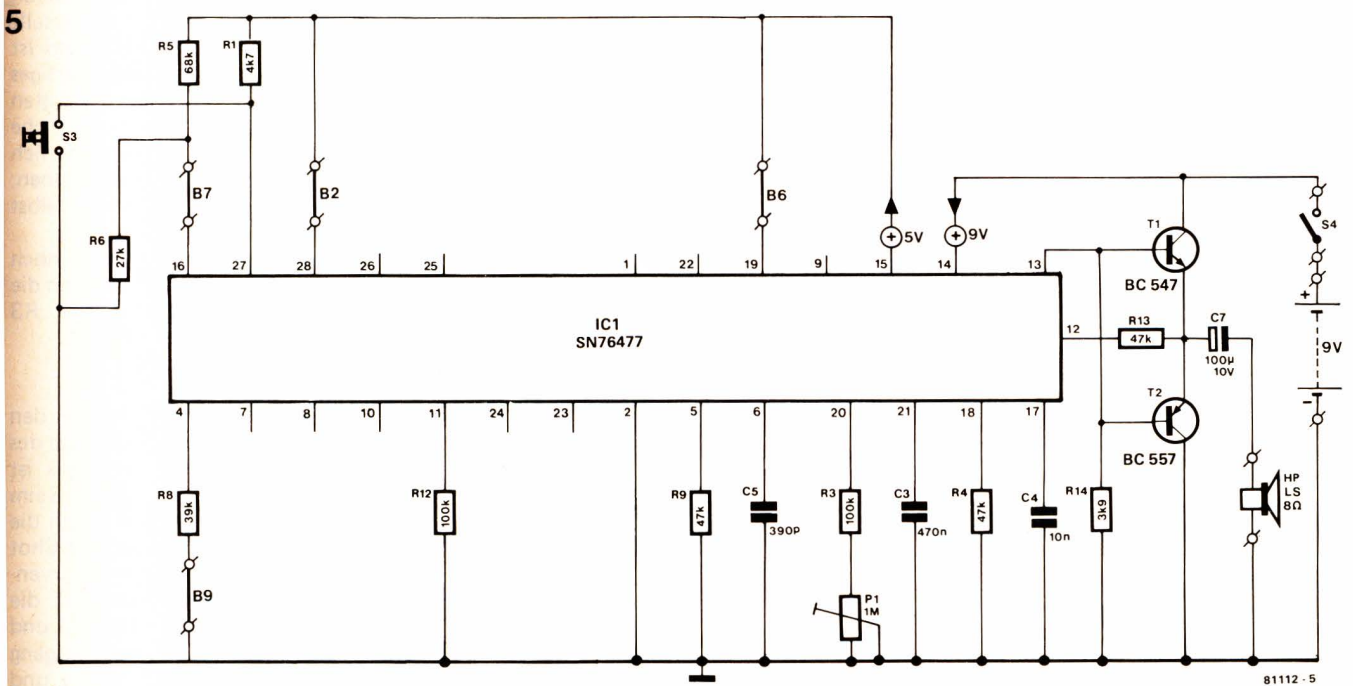


Bild 5. Dampflok mit Pfeife. Mit P1 wird die Geschwindigkeit gesteuert und mit S3 die Pfeife bedient.

Stückliste zu Bild 4

Widerstände:

- R2 = 330 k
- R8, R13 = 47 k
- R9 = 220 k
- R10 = 680 k
- R11 = 3k3
- R12 = 100 k
- R14 = 3k9

Kondensatoren:

- 2 = 1 µ/10 V
- 5 = 1 n
- 6 = 2µ2/10 V
- 7 = 100 µ/10 V

Drahtbrücken:

- B4, B8, B9

Halbleiter:

- T1 = BC 547
- T2 = BC 557
- IC1 = SN 76477 (Texas)

außerdem:

- S2 = einpoliger Taster
- S4 = einpoliger Taster
- LS = Lautsprecher 8 Ω/0,2 W

Stückliste zu Bild 5

Widerstände:

- R1 = 4k7
- R3, R12 = 100 k
- R4, R9, R13 = 47 k
- R5 = 68 k
- R6 = 27 k
- R8 = 39 k
- R14 = 3k9

P1 = 1-M-Trimpoti

Kondensatoren:

- C3 = 470 n
- C4 = 10 n

C5 = 390 p

C7 = 100 µ/10 V

Drahtbrücken:

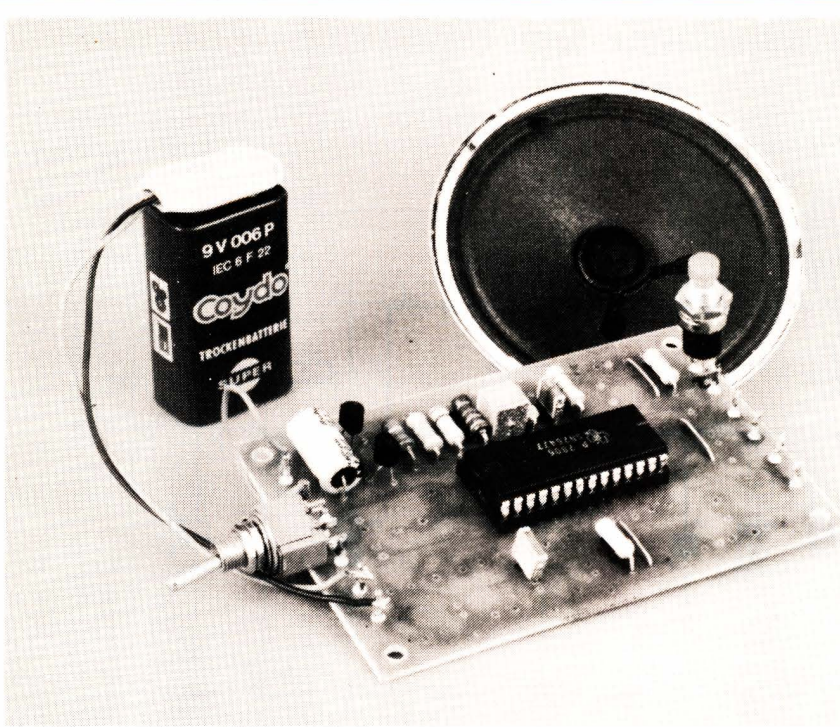
- B2, B6, B7, B9

Halbleiter:

- T1 = BC 547
- T2 = BC 557
- IC1 = SN 76477 (Texas)

außerdem:

- S2 = einpoliger Taster
- S4 = einpoliger Schalter
- LS = Lautsprecher 8 Ω/0,2 W



farben des aus dem Lautsprecher tönenden Endprodukts äußert. Die frequenzbestimmenden externen Komponenten des VCO sind R_V (Pin 18) und C_V (Pin 17).

Der Rauschgenerator (Noise Generator) produziert in Zusammenarbeit mit dem Block "Noise Clock" (Taktgenerator für den Rauschgenerator) und dem Noise-Filter (Tiefpaßfilter) ein sogenanntes weißes Pseudo-Random-Rauschen. Die Eckfrequenz des Tiefpasses läßt sich durch unterschiedliche Dimensionierung von R_N und C_N variieren. Außerdem kann der Charakter des Rauschens durch Zuführen eines externen Taktsignals (über Pin 3) verändert werden.

Das SLF-, das VCO- und das Noise-Signal sind gewissermaßen die Grundsubstanzen, mit denen in der Geräuschküche gezaubert wird. Doch auch an Zutaten und Gewürzen fehlt es hier nicht:

Mit einer logischen 1 an Pin 9 kann über den Block "System Enable" das an Pin 13 liegende Ausgangssignal unterdrückt werden. Ferner wird über den gleichen Block ein One Shot (Monoflop) getriggert. Der One Shot tritt immer dann in Aktion, wenn kein Dauergeräusch, sondern ein Einzeleffekt wie beispielsweise ein Gewehrschuß zu produzieren ist. Die Kippdauer des One Shot hängt von den externen Komponenten R_T und C_T ab; das Maximum liegt bei ca. 10 Sekunden.

Dem Mischer werden drei Geräuschsignale zugeführt: Das Ausgangssignal des SLF, des VCO und des Noise Generators. Die an den Mixer-Select-Eingängen (Pin 25, 26 und 27) zu legenden logischen Signals bestimmen, welches dieser drei Signale oder welche Signalkombination zum folgenden Block gelangt. Das ist der "Envelope Generator Modulator" (Hüllkurven-

generator und -modulator), der das vom Mischer kommende Signal amplitudenmoduliert. Das Modulationssignal ist über die logischen Signale an den Envelope-Select-Eingängen (Pin 1 und 28) wählbar. Wird hierzu das VCO-Signal herangezogen, dann ist neben gewöhnlicher Amplitudenmodulation auch Produktmodulation möglich. Schließlich ist noch ein Ausgangsverstärker vorhanden, dessen Verstärkung mit den Widerständen R_f und R_g festgelegt wird. Bei unseren Schaltungen folgt ihm direkt eine simple externe Gegentaktendstufe, an die der Lautsprecher angeschlossen ist.

Für alle im Blockschema (Bild 1) gezeichneten externen Komponenten gilt, daß sie ganz einfach weggelassen werden, wenn man den betreffenden Teil des IC's für den beabsichtigten Zweck nicht braucht. Die Anschlüsse bleiben in diesem Fall offen. Einen offenen logischen Eingang betrachtet das IC als logisch 0.

Die Effekte

Es überrascht nun kaum noch, daß sich der "Complex Sound Generator" durch eine ungewöhnliche Vielseitigkeit auszeichnet. Die erzeugbaren Grundsignale und die diversen Möglichkeiten der Kombination und Modulation reichen mehr als aus, um unzählige Geräuscheffekte zu komponieren und zu produzieren.

Im Elektor-Labor wurden sieben Schaltungsvarianten aufgebaut, erprobt und für gut befunden; danach folgte der Entwurf einer universell für alle Versionen verwendbaren Platine. Damit ist nicht gesagt, daß dies die sieben wirkungsvollsten Effekte schlechthin sind. Es darf vielmehr nach Herzlust experimentiert werden, um die Effekte zu verändern oder sogar zu optimieren.

Eine willkommene Beigabe, mit der Texas Instruments das SN 76477N auf seinen Weg schickte, ist der interne Spannungsstabilisator. Er ist zwar in Bild 1 nicht sichtbar, doch sorgt er dafür, daß eine 9-V-Batterie oder eine ungestabilisierte Speisung für den Betrieb ausreicht. Die intern stabilisierte Spannung von 5 V ist über Pin 15 nach außen geführt. Der Strombedarf der Schaltung hängt natürlich von der Lautstärke ab; er beträgt maximal einige zehn Milliampere.

Wir wollen nun die verschiedenen Versionen Revue passieren lassen, wobei das IC als "Black Box" betrachtet werden soll.

Sirene/Star-Wars-Effekt (Bild 2)

Dies ist eine Version, die besonders wenige externe Komponenten notwendig macht. Außer der an den Pins 11, 12 und 13 liegenden Gegentaktendstufe, die bei sämtlichen Versionen gleich ist, sind nur noch drei Widerstände und Kondensatoren vorhanden. Der VCO wird hier von der Dreiecksspannung des SLF gesteuert, so daß ein typischer Sirenenklang entsteht: "Waw-waw" klingt es aus dem Lautsprecher, wenn die Frequenz des SLF mit P1 eingestellt wird. Bei höheren SLF-Frequenzen ist dagegen ein mehr science-fiction-artiges "piu-piu" zu vernehmen. Die erzeugten Geräusche, und das gilt für sämtliche Effekte, lassen sich mit Worten natürlich nur recht unvollkommen umschreiben; am besten, man probiert es selbst aus.

Für experimentierfreudige Leser noch der Hinweis: R4 und C4 bestimmen die VCO-Frequenz, während von C3, R3 und P1 die SLF-Frequenz abhängt.

Gewehrschuß (Bild 3)

Der SLF und der VCO sind hier in den Ruhestand getreten, denn Grundlage des Gewehrschusses oder Pistolenknalls ist ein scharfklingendes Rauschsignal. Beim Drücken von Taster S2 wird durch die negative Flanke and Pin 9 der One Shot getriggert. Er startet den Hüllkurvengenerator, wobei die Attack- und die Decay-Zeitkonstante von R10, R11 und C6 bestimmt werden. Zum Ausgang gelangt ein plötzlich einsetzendes und etwas allmählicher abklingendes Rauschen; das ganze hört sich dann jedoch nicht mehr nach Rauschen, sondern nach einem Knall an.

Wenn man S2 in schneller Folge drückt und wieder losläßt, ertönt ein erschreckend naturgetreu klingendes Maschinengewehrfeuer.

Explosion (Bild 4)

Im Prinzip gleicht diese Version der vorangegangenen. Die Rauschfrequenzen liegen hier jedoch niedriger als beim Gewehrschuß, und auch die Hüllkurve ist stärker auseinandergezogen. Die Zeitbestimmenden Komponenten des One Shot, des Attack und des Decay sind deshalb anders dimensioniert.

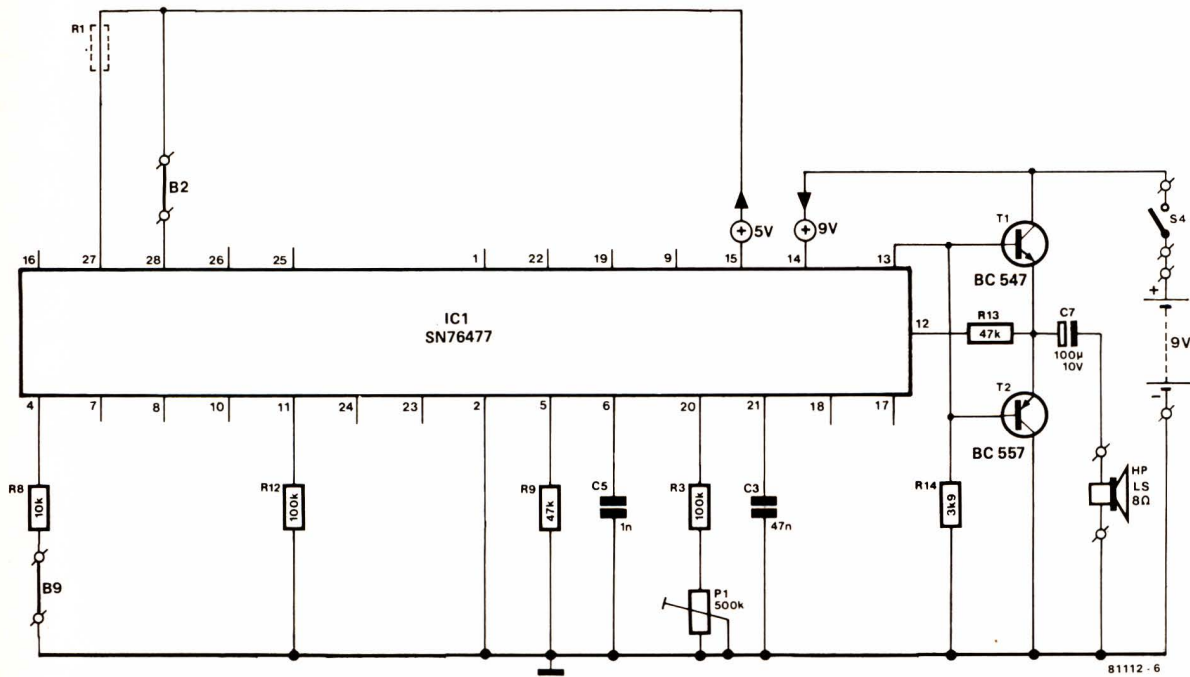


Bild 6. Propellerflugzeug. Dieser Effekt klingt ähnlich einer Dampflok, die der Raserei verfallen ist.

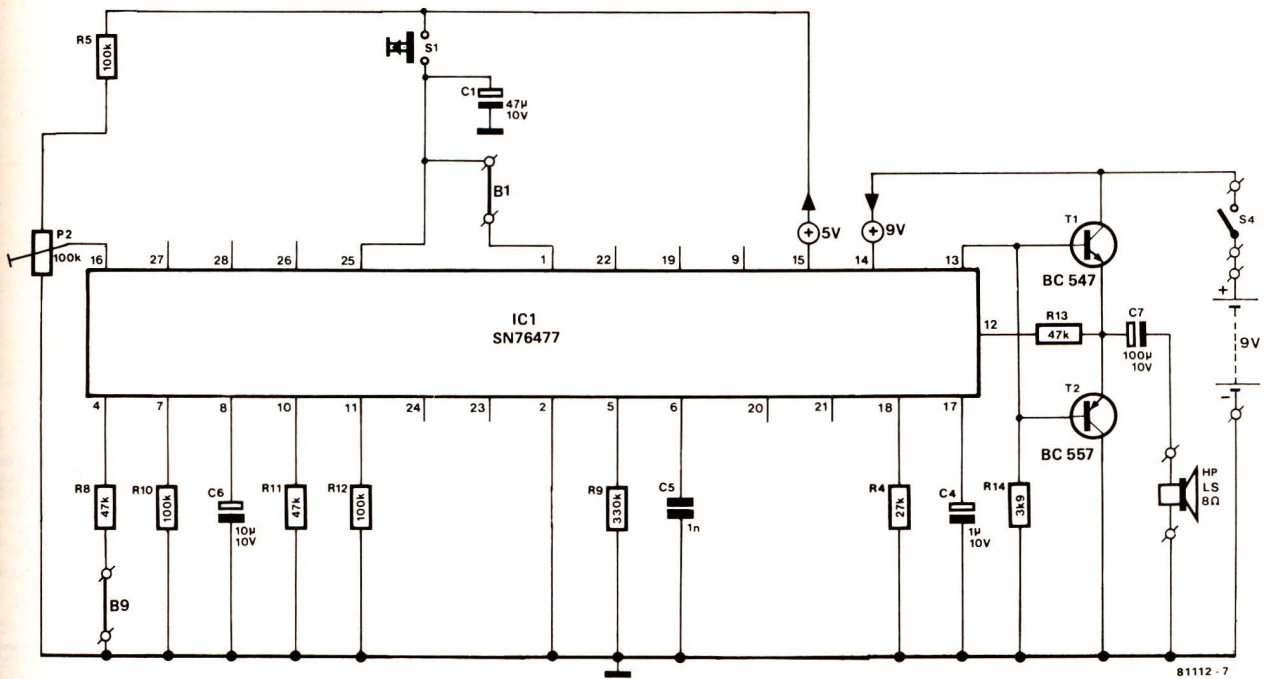


Bild 7. Rennauto mit Crash. Das Heulen des Motors läßt sich mit Poti P2 variieren, während ein Druck auf Taster S1 den Crash auslöst.

Stückliste zu Bild 6

Widerstände:

- 3, R12 = 100 k
- 8 = 10 k
- 9, R13 = 47 k
- 14 = 3k9
- 1 = 500-k-Trimpoti

Kondensatoren:

- 3 = 47 n
- 5 = 1 n
- 7 = 100 µ/10 V

Drahtbrücken:

- 2, B9, R1

Halbleiter:

- T1 = BC 547
- T2 = BC 557
- IC1 = SN 76477 (Texas)

außerdem:

- S4 = einpoliger Schalter
- LS = Lautsprecher 8 Ω/0,2 W

Stückliste zu Bild 7

Widerstände:

- R4 = 27 k
- R5, R10, R12 = 100 k
- R8, R11, R13 = 47 k
- R9 = 330 k
- R14 = 3k9
- P2 = 100-k-Trimpoti

Kondensatoren:

- C1 = 47 µ/10 V
- C4 = 1 µ/10 V
- C5 = 1 n
- C6 = 10 µ/10 V
- C7 = 100 µ/10 V

Drahtbrücken:

- B1, B9

Halbleiter:

- T1 = BC 547
- T2 = BC 557
- IC1 = SN 76477 (Texas)

außerdem:

- S1 = einpoliger Taster
- S4 = einpoliger Schalter
- LS = Lautsprecher 8 Ω/0,2 W

8

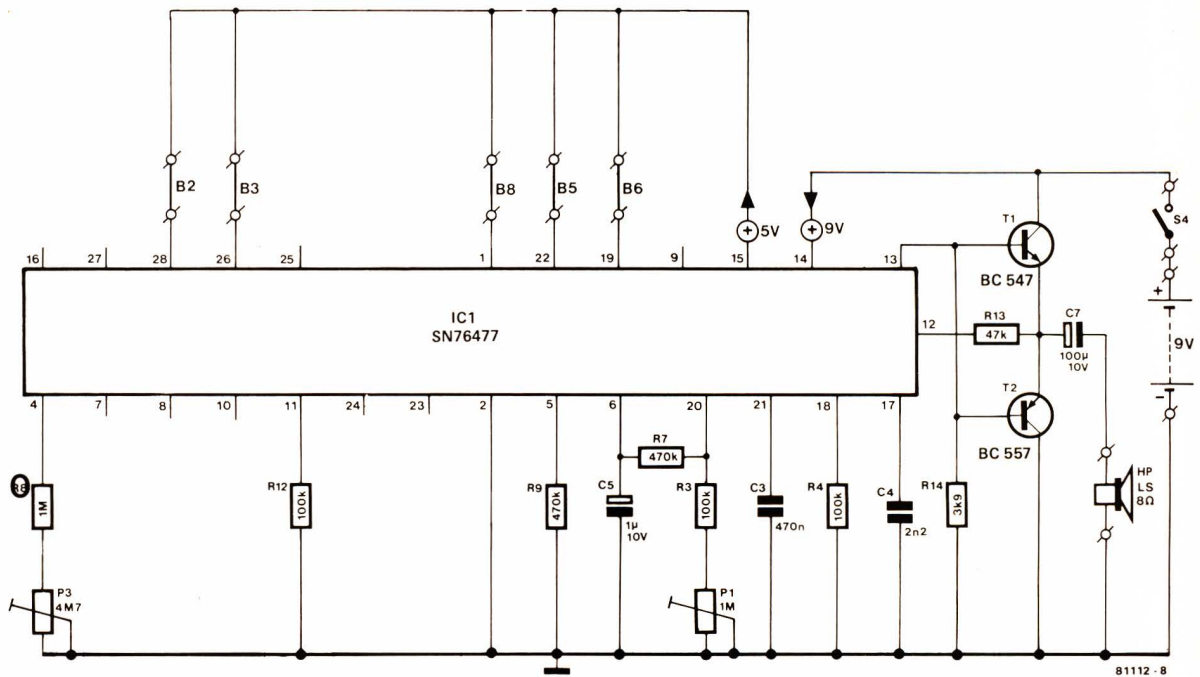


Bild 8. Vogelzwitschern. Dieses anmutige Geräusch wird lebensecht, wenn man Trimpoti P3 sorgfältig einstellt.

9

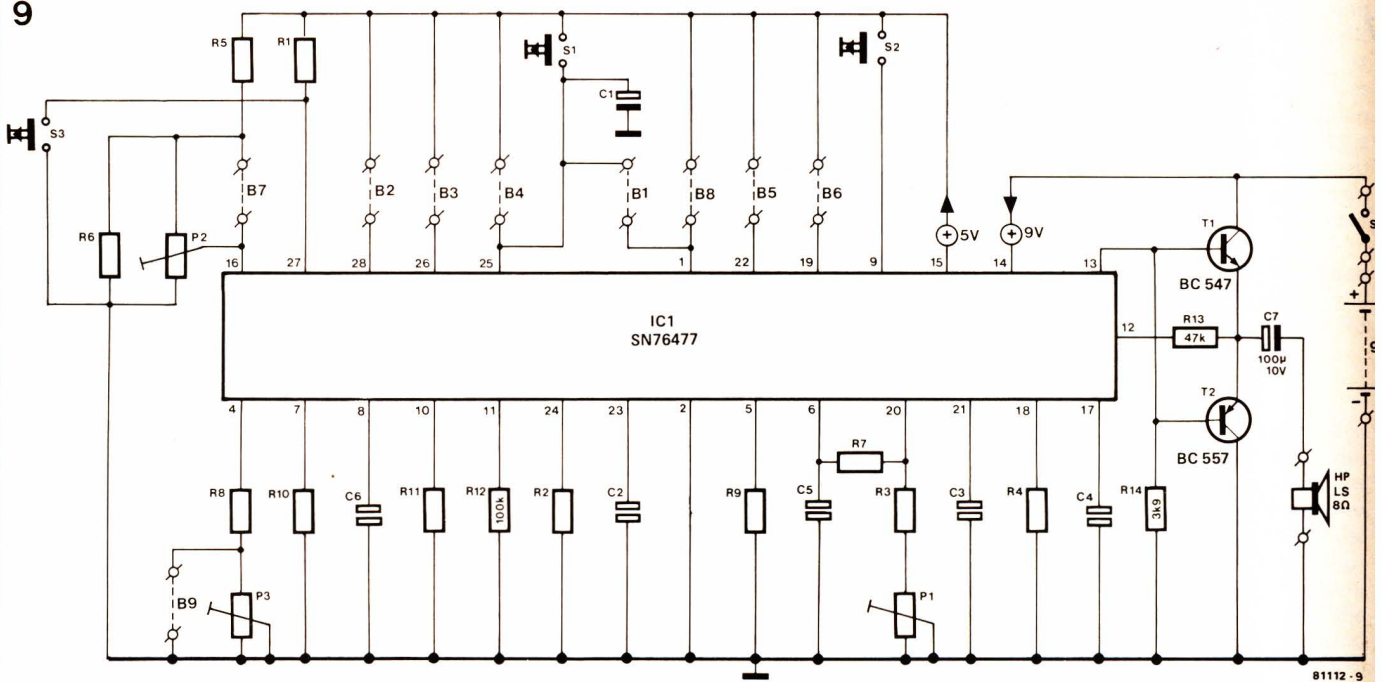


Bild 9. Übersicht über alle Komponenten, die auf der Platine Platz finden können.

Stückliste zu Bild 8

Widerstände:

- R3, R4, R12 = 100 k
- R7, R9 = 470 k
- R8 = 1 M
- R13 = 47 k
- R14 = 3k9
- P1 = 1-M-Trimpoti
- P3 = 4M7-Trimpoti

Kondensatoren:

- C3 = 470 n
- C4 = 2n2
- C5 = 1 μ/10 V
- C7 = 100 μ/10 V

Drahtbrücken:

- B2, B3, B5, B6, B8

Halbleiter:

- T1 = BC 547
- T2 = BC 557
- IC1 = SN 76477 (Texas)

außerdem:

- S4 = einpoliger Schalter
- LS = Lautsprecher 8 Ω/0,2 W

Dampflok mit Pfeife (Bild 5)

Da das Geräusch einer Dampflokomotive hauptsächlich aus Rauschen besteht, läßt sich dieser Effekt mit unserem IC besonders leicht realisieren. Sobald man bei der Version in Bild 5 mit Schalter S4 die Speisespannung einschaltet, ertönt aus dem Lautsprecher ein im Rhythmus des SLF-Signals periodisch unterbrochenes Rauschen, das dem Stampfen einer echten Dampflok zum Verwechseln ähnlich ist. Das Tempo der Dampflok läßt sich über die SLF-Frequenz mit P1 einstellen. Das Pfeifsignal steuert der VCO hinzu; ein Druck auf Taster S3 schaltet sein

0

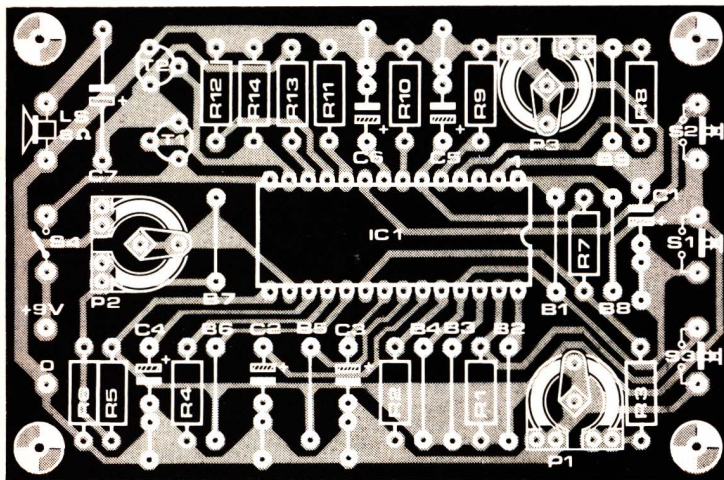
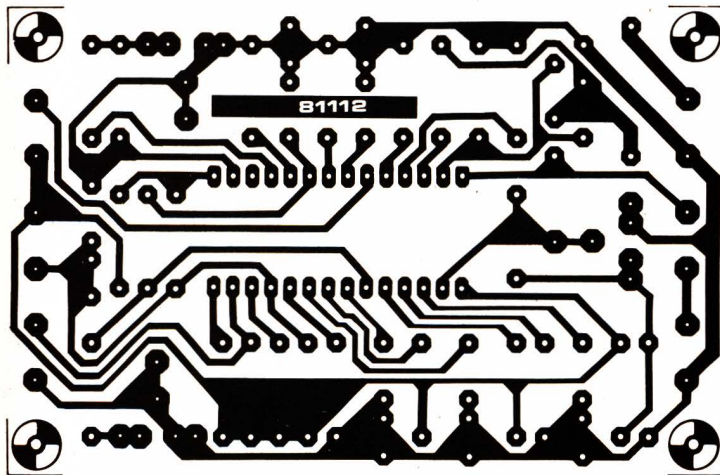


Bild 10. Die Platine ist für den Aufbau aller hier angegebenen Schaltungsvarianten geeignet. Die bei einzelnen Effekten nicht vorhandenen Bauelemente werden auf der Platine einfach weggelassen.

signal zum Ausgang durch. Die Frequenz des Pfeiftons hängt von R4, R5, R6 und C4 ab. Angemerkt muß hier noch werden, daß dieses Pfeifen etwas weniger originalgetreu als das Schnaufen der Lok ausfällt. Abhilfe ist hier wieder nur durch umfangreiche externe Erweiterungen möglich.

Für mit diesem Effekt seine Modellbahnanlage bereichern will, der wird sich nach einem Weg suchen, das akustische Loktempo mit den Geschwindigkeitsänderungen des Zuges zu koppeln. Das ist durch Austausch von R1 gegen einer LDR möglich, der lichtdicht mit einem Lämpchen (6 V/0 mA) zu einem Optokoppler zusammengefügt wird. Das Lämpchen legt man über ein Trimpoti (z.B. 1 k) an die Fahrspannung. Die höhere Fahrspannung bei größeren Zuggeschwindigkeiten läßt das Lämpchen heller aufleuchten, sodaß der Widerstand des LDR sinkt und hierdurch die SLF-Frequenz ansteigt.

Propellerflugzeug (Bild 6)

Das Surren der Propeller ist eng verwandt mit dem Geräusch einer mit hoher Geschwindigkeit dahinfahrenden Dampflok. Die Schaltung in Bild 6 hat deshalb weitgehend Ähnlichkeit mit ihrer Vorgängerin in Bild 5. Beim Propellerflugzeug liegt jedoch zum einen die SLF-Frequenz ein gutes Stück höher. Zum anderen hat hier der VCO Pause, denn Flugzeuge sind normalerweise nicht mit einer Dampfpeife ausgerüstet.

Rennauto mit Crash (Bild 7)

Ursprung des nervenzerfetzenden Rennwagengetöses ist das VCO-Signal. Die Frequenz dieses Signals läßt sich mit P2 einstellen. Drückt man Taster S1, dann geschieht Schlimmes: Das Heulen des Motors wird durch einen jähen Crash unterbrochen. S1 löst nämlich den Hüllkurvengenerator aus, so daß niederfrequentes Rauschen zum Ausgang ge-

langt. Ferner lädt sich über S1 der Kondensator C1 auf. Nach Loslassen von S1 sinkt die Spannung an C1 wieder ab, so daß die Fahrt nach einiger Zeit von neuem startet.

Vogelzwitschern (Bild 8)

Hier sind wieder der VCO und der SLF gemeinsam im Einsatz. Der VCO wird von der abfallenden Flanke der vom SLF gelieferten Sägezahnspannung gesteuert. Das Ergebnis ist ein VCO-Signal, dessen Frequenz langsam absinkt. Während der ansteigenden Sägezahnflanke geschieht nichts, der Lautsprecher macht dann Pause. Die Frequenzlage des VCO ist mit P1 einstellbar. Da das Zwitschern in dieser Form recht eintönig klingt, werden außerdem die Dienste des Rauschgenerators hinzugezogen und R7, R8, R9, P3 und C5 hinzugefügt. Der Rauschgenerator ist mit P3 auf eine sehr niedrige Frequenz einzustellen. An C5 liegt dann eine dreieckförmige Zufallsspannung, die dem Frequenzbestimmenden Eingang des SLF zugeführt wird. Das Vogelgezwitscher gewinnt dadurch stark an Lebendigkeit.

Die Einstellung von P3 ist etwas kritisch; der Schleifer muß vorsichtig bis zu dem Punkt gedreht werden, an dem das Zwitschern seinen monotonen Charakter zu variieren beginnt. Eventuell wird P3 anschließend durch einen Festwiderstand (ein Ende an Masse) und ein Trimpoti mit niedrigem Wert (z.B. 1 M) ersetzt.

Bau

Alle Versionen des Geräuschimitators lassen sich mühelos aufbauen. Ein IC und ein paar diskrete Bauelemente auf die Platine gelötet, den Lautsprecher und die Batterie angeschlossen, und fertig ist das ganze.

Die Platine (Bild 10) ist für alle hier beschriebenen Versionen verwendbar. Man studiere einfach die zum auserwählten Effekt gehörende Stückliste und bestücke an Hand dieser die Platine. Im Bestückungsaufdruck darüber hinaus noch angegebene Bauelemente entfallen.

Vor allem für die Leser, die Freude an schöpferischen Experimenten haben, gibt Bild 9 einen Gesamtüberblick über sämtliche auf die Platine montierbaren Komponenten. Die einzelnen Widerstände und Kondensatoren lassen sich damit im eingelöteten Zustand leichter identifizieren.