

# Fledermaus-Sonar

## Hoch empfindlich, schnell gebaut

Von Jan van Eck (NL) [j.vaneck@fontys.nl](mailto:j.vaneck@fontys.nl)

Europäische Tierschützer hatten das Jahr 2011 zum Jahr der Fledermaus erklärt. Damit wollten sie Aufmerksamkeit auf die manchmal mystisch umwobenen, vielerorts unbekanntem fliegenden Säugetiere lenken. Inzwischen ist die kalte Jahreszeit ins Land gezogen, die Fledermäuse halten Winterschlaf. Das ist die richtige Zeit, um ein Fledermaus-Sonar zu bauen. Das nächste Frühjahr kommt bestimmt – und der eigenen Fledermaus-Forschung steht dann nichts mehr im Wege.

Fledermäuse senden akustische Signale aus, die das menschliche Gehör nicht wahrnehmen kann. Die Frequenzen liegen bei vielen heimischen Arten im Bereich des Ultraschalls um 40 kHz. Wenn die Schallsignale auf ein Hindernis treffen, werden sie reflektiert. An den reflektierten Signalen erkennt die Fledermaus die Entfernung und Größe des Objekts. Um Ultraschallsignale in den hörbaren Bereich zu verschieben, müssen sie zuerst von einem Mikrofon empfangen werden. Dann teilt eine elektronische Schaltung die Signalfrequenz so weit herab, dass sie in den vom Menschen hörbaren Bereich fällt. Dieses Signal wird von einem Lautsprecher wiedergegeben.

### Schaltung

Als Mikrofon dient ein Ultraschallempfänger des Typs 400SR160 von Prowave. Wir haben die preiswerte Ausführung im Kunststoffgehäuse gewählt, sie kann mit Alufolie oder leitfähigem Klebeband gegen Störsignale abgeschirmt werden. Das von diesem sogenannten „Transducer“ kommende Signal wird von einem LM386 (IC1) etwa 200-mal verstärkt (Bild 1). Der LM386 ist ein kleiner, preiswerter Endverstärker, er leistet aber auch als einfacher NF-Verstärker gute Dienste. Abgesehen von zwei Entkoppelkondensatoren (C2 und C4) kommt dieses IC normalerweise ohne externe Bauelemente aus. Wenn die interne Gegenkopplung durch einen Kondensator an den Pins 1 und 8 überbrückt wird, steigt die Ver-

stärkung von mindestens 26 dB auf 46 dB an. Der Kondensator ist üblicherweise ein Elko mit der Kapazität 10  $\mu$ F, das Audio-Frequenzband wird dann ungefähr gleich-

mäßig verstärkt. Hier ist eine lineare Verstärkung nicht notwendig, so dass 220 nF für C1 genügen. Da bei diesem Wert die Signalan-

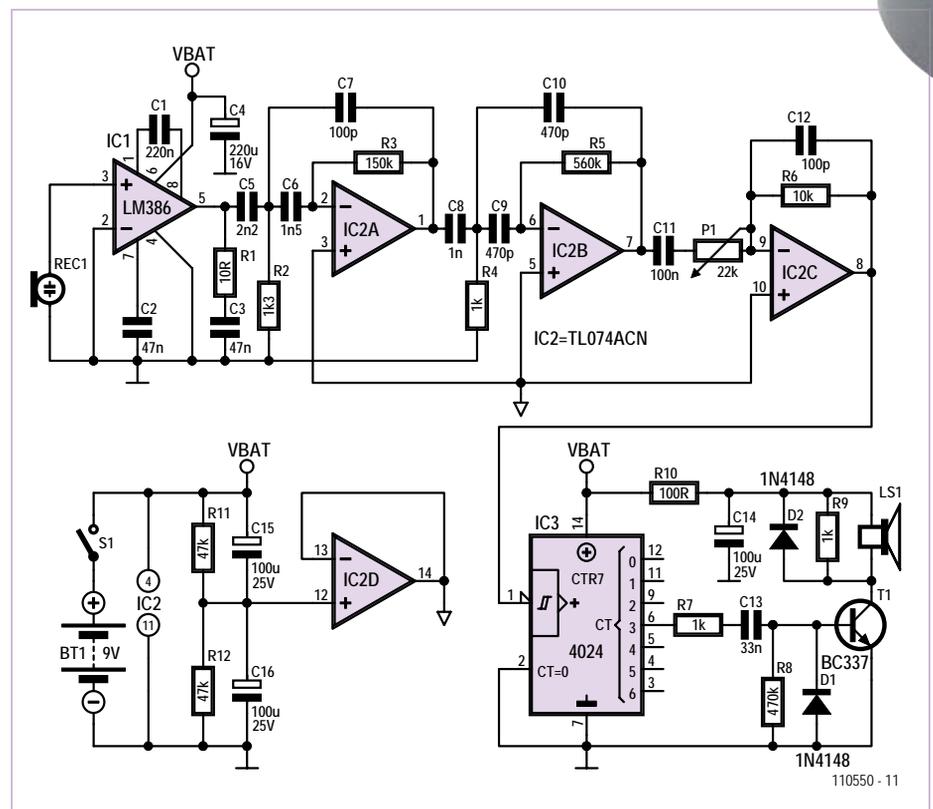


Bild 1. Die Schaltung des Fledermaus-Sonars ist ohne Geheimnisse.

teile unter ungefähr 4 kHz gedämpft werden, machen sich tieffrequente Störsignale weniger stark bemerkbar.

Das von IC1 verstärkte Signal wird dem mit IC2A und IC2B aufgebauten Hochpass zugeführt. Dabei handelt es sich um ein Chebyshev-Filter 4. Ordnung mit einer Eckfrequenz bei 15 kHz, das etwa 50-mal verstärkt (blaue Kurve in Bild 2). Das Filter unterdrückt Störungen, die beispielsweise durch akustische und mechanische Rückkopplungen zwischen Lautsprecher und Mikrofon entstehen können. Das Filter wurde mit dem kostenlosen Programm *FilterPro Desktop* von Texas Instruments [1] berechnet. Die Verstärkung, die auch im Diagramm ersichtlich ist, beträgt rund 35 dB. Dort bezieht sich der Wert 0 dB auf das Ausgangssignal, die untere Kurve

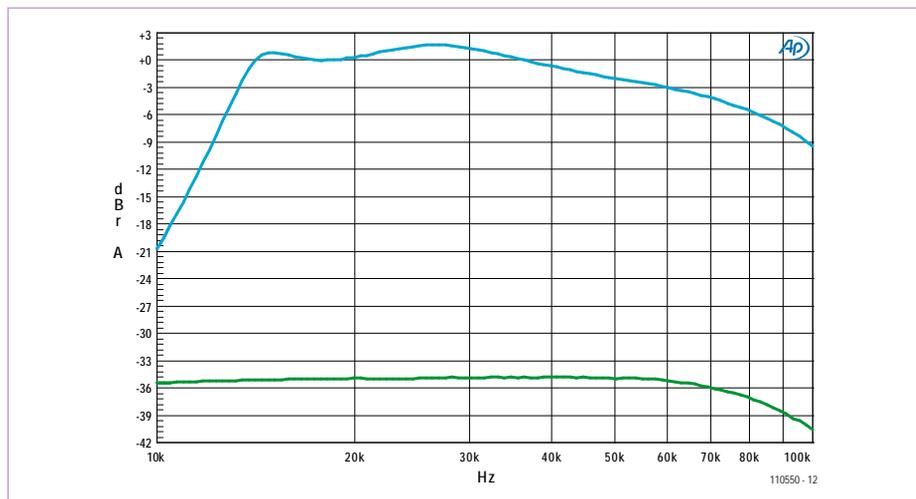


Bild 2. Frequenzgang am Ausgang von IC2B (oben) und am Ausgang von IC1 (unten).

stellt das Signal am Ausgang von IC1 dar. Die Bandbreite der folgenden Stufe mit IC2C ist ebenfalls begrenzt, so dass Störsignale außerhalb des Durchlassbereichs zusätzlich

gedämpft werden. Mit dem für C12 angegebenen Wert beträgt die Bandbreite etwa 160 kHz, falls notwendig kann sie noch weiter herabgesetzt werden.

## Stückliste

### Widerstände (0,25 W, 5 %):

R1 = 10  $\Omega$   
 R2 = 1k3  
 R3 = 150 k  
 R4, R7, R9 = 1 k  
 R5 = 560 k  
 R6 = 10 k  
 R8 = 470 k  
 R10 = 100  $\Omega$   
 R11, R12 = 47 k  
 P1 = 22 k Trimpoti stehend

### Kondensatoren:

C1 = 220 n MKT, Raster 5 mm  
 C2, C3 = 47 n MKT, Raster 5 mm

C4 = 220  $\mu$ /16 V stehend, Raster 2,5 mm  
 C5 = 2n2 MKT, Raster 5 mm  
 C6 = 1n5 MKT, Raster 5 mm  
 C7, C12 = 100 p keramisch, Raster 5 mm  
 C8 = 1 n MKT, Raster 5 mm  
 C9, C10 = 470 p keramisch, Raster 5 mm  
 C11 = 100 n MKT, Raster 5 mm  
 C13 = 33 n MKT, Raster 5 mm  
 C14, C15, C16 = 100  $\mu$ /25 V stehend, Raster 2,5 mm

### Halbleiter:

D1, D2 = 1N4148  
 T1 = BC337-40  
 IC1 = LM386N-3

IC2 = TL074CN  
 IC3 = 4024

### Außerdem:

REC1 = Ultraschallempfänger 40 kHz,  $\varnothing$  16 mm (z.B. Prowave 400SR16P)  
 LS1 = Kleinlautsprecher 8  $\Omega$ /0,3 W,  $\varnothing$  20 mm (z.B. Kingstate KDMG20008)  
 S1 = Schiebeschalter 1-polig  
 BT1 = Batterie, 9 V, mit Anschlussclip 3 x 2-polige Stiftleiste, Raster 2,54 mm, für LS1, S1 und BT1  
 Platine 110550-1 (siehe [www.elektor.de](http://www.elektor.de))

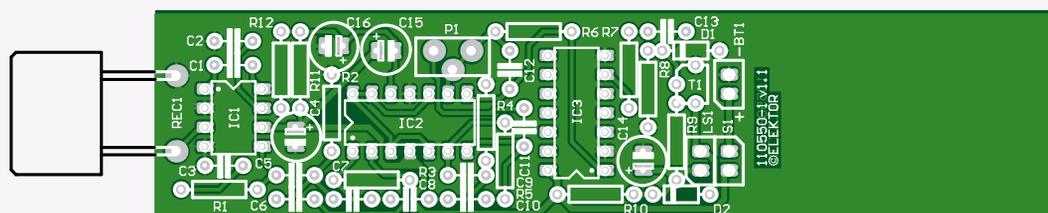
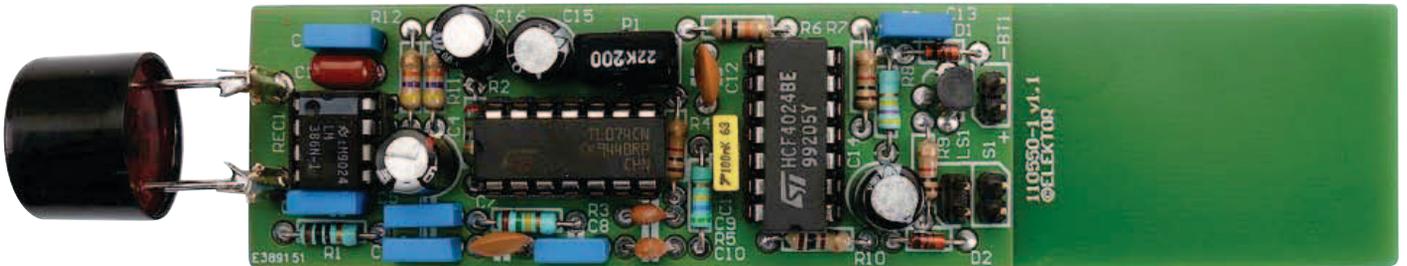


Bild 3. Die Platine ist schmal und schlank, so dass sie in ein Stück Kunststoffrohr passt.



Der vierte Opamp des TL074 (IC2) wird genutzt, um zusammen mit einem Spannungsteiler (R11, R12) das Massepotential der übrigen Opamps auf die halbe Betriebsspannung festzulegen.

IC3 ist der Frequenzteiler, der das Fledermaus-Signal in den für das menschliche Ohr hörbaren Bereich umsetzt. Am Ausgang CT3 (Pin 6) des siebenstufigen Binärzählers 4024 erscheint das durch 16 frequenzgeteilte Eingangssignal. Es liegt daher im Bereich von etwa 2...3 kHz und wird von T1 verstärkt, bevor es zum Lautsprecher LS1 gelangt. Die Diode D1 schützt die Basis von T1 vor negativen Spannungen, R7 begrenzt den Basisstrom. Weil sich der Lautsprecher induktiv verhält, liegt Diode D2 parallel, um T1 vor Spannungsspitzen zu schützen. Auch Piezo-Schallwandler sind als Lautsprecher verwendbar. Da diese Schallwandler kapazitiven Charakter haben, ist R9 hinzugefügt, um die Wandlerkapazität zu entladen. Unerwünschten Kopplungen vom Lautsprecher ausgang über die Betriebsspannung zurück zum Eingang wirken C14 und R10 entgegen. Der Strombedarf des Fledermaus-Sonar beträgt im Ruhezustand etwa 14 mA und steigt beim Empfang von Ultraschallsignalen auf maximal etwa 90 mA. Die Mindest-Batteriespannung ist etwa 4,5 V.

### Miniplatine

Das Platinenlayout für das Fledermaus-Sonar ist in **Bild 3** wiedergegeben. Die untere Platinenhälfte dient als Montagefläche für die 9-V-Batterie. Auf der Platinenoberseite schirmt eine Massefläche die empfindliche Eingangsschaltung ab. Die Platine ist so bemessen, dass sie in ein Kunststoffrohr mit einem Durchmesser von 33...35 mm eingeschoben werden kann. In Baumärkten sind für solche Rohre auch

passende Abschlussstopfen erhältlich. In einen Abschlussstopfen können, wie **Bild 4** zeigt, der Lautsprecher und der Schalter eingebaut werden. Drei Klebefüße halten Abstand zur Standfläche, zum Beispiel wenn das Fledermaus-Sonar senkrecht auf dem Gartentisch oder auf einer Mauer steht.

Mit Trimpotentiometer P1 ist die Empfindlichkeit so einzustellen, dass der Lautsprecher ohne Ultraschall-Empfang gerade noch schweigt oder ein fast unhörbares Geräusch von sich gibt. Fremde Ultraschallquellen wie Leuchtstofflampen, TV-Geräte, Computer oder andere Geräte mit Schaltnetzteilen stören die Fledermaus-Signale, solche Geräte dürfen sich nicht in unmittelbarer Nähe befinden.

Das Fledermaus-Sonar reagiert bereits auf den Ultraschall, der beim Aneinanderreiben von Daumen und Zeigefinger, beim leisen Knüllen einer Plastiktüte oder beim verhaltenen Schwenken eines Schlüsselbunds entsteht. Da Fledermause zu lautstarkem (Ultraschall-) Geschrei neigen, können sie über Distanzen von 30 Metern und mehr ausgemacht werden.

(110550)gd

### Weblink

[1] [www.ti.com/tool/filterpro](http://www.ti.com/tool/filterpro)



Bild 4. Der Schalter und der Lautsprecher sind im Rohrstopfen montiert.

# Fledermaus-Sonar 2.0

Von Thijs Beckers (Redaktion NL)

Matthias Schwarzwald schickte uns eine interessante Anmerkung zum Fledermaus-Sonar aus Elektor November 2011 [1]. Auch wenn ihm die SMD-freie Schaltung zugesagt hat und etliche Fledermaus-Fans sicher nicht zwangsläufig große Elektroniker sind, hätte er an einigen Stellen Bauteile mit höherer Qualität bevorzugt.

„Beispielsweise kann der 40-kHz-Ultraschall-Sensor lediglich die Hälfte der in Deutschland vorkommenden Fledermausarten detektieren. Etliche Arten „senden“ auf anderen Frequenzen – manche sogar bei „tiefen“ 20 kHz. Für die „Jagd“ auf diese Spezies wäre eine passende Elektret-Mikrofon-Kapsel die bessere Wahl.

Wenn schon ein Ultraschall-Sensor, dann würde ich eine abgeschirmte Version bevorzugen. Diese Modelle sind nicht gerade preiswert, da Herstellung und Test wirksamer Abschirmungen wohl viel Aufwand für die Hersteller bedeuten.

Es wäre auch schön, eine Version mit mehreren Mikrofonen zu haben, denn so ergäben sich erweiterte Empfindlichkeiten und Richtwirkungen.

Abhängig von der Richtwirkung bleibt sonst die theoretisch mögliche Reichweite von etwa 30 m auf nur wenige Meter beschränkt.

Fledermäuse schicken ihre Ultraschall-Pakete nämlich sehr gerichtet auf die Reise und bewegen sich außerdem auf einer sich dauernd ändernden Flugbahn, was die optimale Ausrichtung eines Richtmikrofons fast unmöglich macht.“

Herrn Schwarzwalds Überlegungen sind fundiert. Mein Kollege Ton Giesberts, der das Projekt im Labor betreute, hat ebenfalls beim Prototypen überlegt, ob er nicht einen Widerstand vorsehen sollte, über den eine Elektret-Kapsel versorgt werden könnte. Auch die Verwendung mehrerer Sensoren wurde in Erwägung gezogen. Bei einem Sensor-Array wäre es aber schwierig gewesen, die Signale korrekt zusammen zu fassen, ohne Probleme mit der Phasenlage zu bekommen. Bei 40 kHz beträgt die Wellenlänge in Luft nur 8,25 mm, wodurch es praktisch unmöglich ist, bei der Anordnung der Sensoren unterhalb der kritischen halben



Wellenlänge zu bleiben. Denkbar wäre ein Array mit Sensoren, deren Richtwirkung einen passenden Winkel aufweist, sodass jeder Sensor nur einen bestimmten Raumabschnitt erfasst. Eventuell wäre es eine Idee, eine Reihe von Mikrofonen sequentiell abzutasten und daraus ein sinnvolles Signal zu errechnen – oder würde man so fast das Radar neu erfinden?

All diese Erweiterungen hätten die Schaltung deutlich verkompliziert und ein Mikrocontroller hätte sich quasi aufgezwungen – alles auf Kosten der Einfachheit des Projekts. Von daher wurden diese Überlegungen wieder fallen gelassen. Das heißt aber nicht, dass ein komplexerer und leistungsfähigerer Bat-Detektor nicht doch interessant wäre. Wenn sich jemand in dieses Thema verbissen hat und daran arbeitet, sollte er sich bei uns melden!

(120021)

## Weblink

[1] [www.elektor.de/110550](http://www.elektor.de/110550)