

Fledermaus- detektor

zum Selberbauen

FRANZIS

Impressum

© 2012 Franzis Verlag GmbH, 85540 Haar bei München

www.elo-web.de

Autor: Burkhard Kainka

ISBN 978-3-645-65141-7

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträger oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags gestattet und wird widrigenfalls strafrechtlich verfolgt.

Die meisten Produktbezeichnungen von Hard- und Software sowie Firmennamen und Firmenlogos, die in diesem Werk genannt werden, sind in der Regel gleichzeitig auch eingetragene Warenzeichen und sollten als solche betrachtet werden. Der Verlag folgt bei den Produktbezeichnungen im Wesentlichen den Schreibweisen der Hersteller.

Alle in diesem Buch vorgestellten Schaltungen und Programme wurden mit der größtmöglichen Sorgfalt entwickelt, geprüft und getestet. Trotzdem können Fehler im Buch und in der Software nicht vollständig ausgeschlossen werden. Verlag und Autor haften in Fällen des Vorsatzes oder der groben Fahrlässigkeit nach den gesetzlichen Bestimmungen. Im Übrigen haften Verlag und Autor nur nach dem Produkthaftungsgesetz wegen der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit oder wegen der schuldhaften Verletzung wesentlicher Vertragspflichten. Der Schadensersatzanspruch für die Verletzung wesentlicher Vertragspflichten ist auf den vertragstypischen, vorhersehbaren Schaden begrenzt, soweit nicht ein Fall der zwingenden Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz gegeben ist.



Elektrische und elektronische Geräte dürfen nicht über den Hausmüll entsorgt werden! Entsorgen Sie das Produkt am Ende seiner Lebensdauer gemäß den geltenden gesetzlichen Vorschriften. Zur Rückgabe sind Sammelstellen eingerichtet worden, an denen Sie Elektrogeräte kostenlos abgeben können. Ihre Kommune informiert Sie, wo sich solche Sammelstellen befinden.



Dieses Produkt ist konform zu den einschlägigen CE-Richtlinien, soweit Sie es gemäß der beiliegenden Anleitung verwenden. Die Beschreibung gehört zum Produkt und muss mitgegeben werden, wenn Sie es weitergeben.

Fledermausdetektor selbst bauen

Weitgehend unbemerkt jagen Fledermäuse an vielen Orten in warmen Sommernächten nach Insekten. Oft bemerken wir nichts davon, weil eine Fledermaus in der Dämmerung leicht mit einem kleinen Vogel verwechselt werden kann. Die meisten Fledermäuse werden aber erst munter, wenn die Vögel bereits ihre Schlafplätze aufgesucht haben. Damit vermeiden sie es, von Raubvögeln angegriffen zu werden. Wenn Sie sich an einem Sommerabend im Garten, auf dem Balkon oder in der freien Natur aufhalten, achten Sie einmal darauf, was da herumflattert. Irgendwann haben alle Vögel ihren Schlafplatz gefunden. Man hört sie noch eine Zeit lang, aber man sieht sie nicht mehr. Was dann noch herumflattert, könnte eine Fledermaus sein! Wenn Sie einmal einen Blick dafür entwickelt haben, sehen Sie Fledermäuse auch an Orten, wo Sie sie nicht vermutet hätten, auch mitten in der Stadt oder ganz nahe an Ihrem Haus.

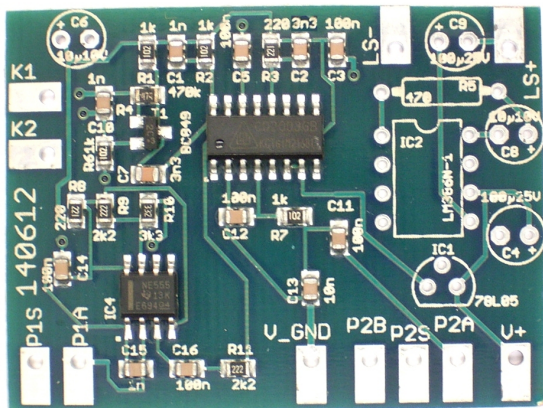
Bei der Suche nach diesen interessanten Tieren kann der Fledermausdetektor behilflich sein. Im Flug stoßen die Tiere laute Ultraschall-Laute aus, die sie zur Navigation und zum Aufspüren der Beute einsetzen. Die Rufe von Fledermäusen können wir mit unseren Ohren nicht hören. Ein junger Mensch

kann Töne bis zu einer höchsten Frequenz von 20 kHz hören, in höherem Alter sinkt diese Grenze teilweise bis unter 10 kHz ab. Eine Fledermaus ruft aber mit Frequenzen weit oberhalb von 20 kHz, je nach Art z. B. bei 40 kHz oder noch höher. Der Fledermausdetektor »übersetzt« solche hohen Frequenzen in tiefere Töne, die wir gut hören können. Und deshalb können Sie mit diesem Gerät Fledermäuse oft eher hören als sehen. Mit etwas Übung hören Sie, dass eine Fledermaus in der Nähe ist. Mit dem Gerät können Sie sogar die Richtung auspeilen. Und dann fällt es in der Dämmerung nicht mehr schwer, die Tiere auch zu sehen.

Viel Spaß beim Aufbau und bei der Naturbeobachtung!

Bauteile

Der Kern des Bausatzes ist eine SMD-bestückte Platine mit den wichtigsten Bauteilen. SMD bedeutet Surface Mounted Device, oberflächenmontierte Bauteile. Diese Bauteile sind so klein, dass sie nur mit Schwierigkeiten selbst aufgelötet werden könnten. Die Arbeit hat deshalb ein Bestückungsautomat für Sie übernommen. Nur noch wenige Bauteile mit Anschlussdrähten müssen Sie selbst einlöten.



Die Platine

Die wichtigsten weiteren Bauteile sind das Ultraschall-Mikrofon, der Lautsprecher und die beiden Einstellregler für die Lautstärke (mit Schalter) und für die Frequenz. Die übrigen Bauteile müssen noch in die Platine eingelötet werden. Ein Verstärker-IC LM386 mit acht Anschlussbeinchen sorgt für die erforderliche Lautstärke. Der Spannungsregler 78L05 mit drei Anschlussbeinchen sieht aus wie ein üblicher Transistor und sorgt in der Schaltung für eine stabile Spannung von 5 V. Zusätzlich gibt es noch einen Widerstand mit den farbigen Ringen Gelb, Violett, Braun und Gold, also $470\ \Omega$ (Ohm), und mit einer Genauigkeit von 5 %, sowie vier

Elektrolytkondensatoren, zwei mit 10 μF (Mikrofarad) und zwei mit 100 μF .



Bauteile

Bestückte Platine

Lautsprecher 8 Ω

Ultraschall-Mikrofon 40 kHz

Potentiometer 22 k Ω mit Schalter

Potentiometer 22 k Ω

2 Drehknöpfe

IC1 78L05

IC2 LM386

R5 470 Ω (Gelb, Violett, Braun)

C6, C8 Elko 10 μ F

C4, C9 Elko 100 μ F

Drahtlitze

Batterieclip 9 V

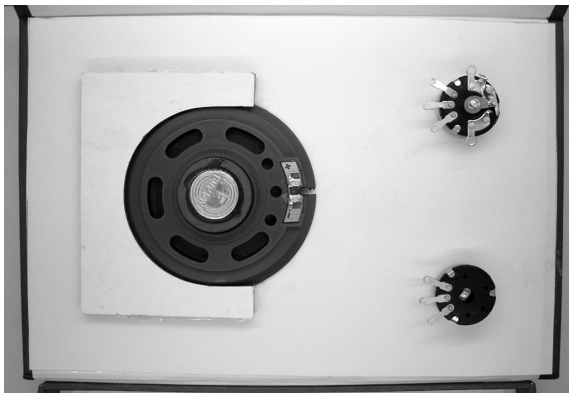
Montage der Bedienelemente

Der fertige Gerät hat zwei Drehregler für Frequenz (kHz) und Lautstärke (Vol) und einen Lautsprecher hinter den Schalllöchern. Öffnen Sie das Gehäuse, indem Sie die Seitenlasche des Deckels mit ihrem Magnetverschluss anheben. Die Bauteile werden dann von innen montiert. Dafür benötigen Sie noch keinen Lötkolben. Aber eine Flachzange und etwas Klebstoff sind hilfreich.



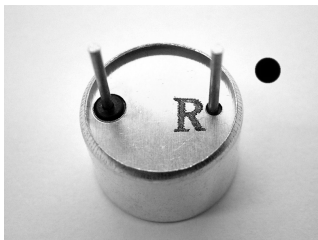
Bauen Sie zuerst den Lautsprecher ein, indem Sie ihn in die entsprechende Halterung schieben. Verwenden Sie am besten auch gleich etwas Klebstoff, um ihn dauerhaft zu fixieren. Bauen Sie die beiden Potentiometer (Potis) so ein, wie es das Bild zeigt. Das Poti mit dem zusätzlichen Drehschalter und insgesamt fünf Anschlüssen ist der Lautstärkeregler (Vol), das Poti mit nur drei Anschlüssen der Frequenzregler (kHz). Eine kleine Lasche verhindert ein verdrehtes Einsetzen. Schrauben Sie beide Potis mit ihren Ringmuttern fest und vergessen Sie

dabei nicht die zugehörigen Unterlegscheiben. Beim Anziehen der Muttern kann eine Flachzange helfen.



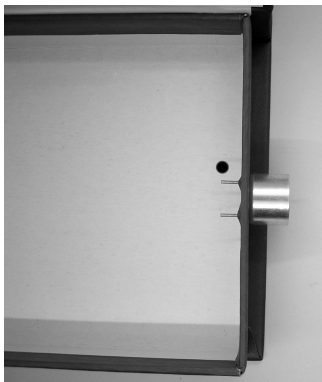
Lautsprecher und Potis

Beim Einbau des Ultraschall-Mikrofons muss die Einbau-richtung beachtet werden. Einer der beiden Anschlüsse (Masse, im Foto rechts, markiert mit einem schwarzen Punkt) ist leitend mit dem Alugehäuse verbunden, der andere (Signal, im Foto links) ist gegenüber dem Gehäuse isoliert.



Das Mikrofon

Bauen Sie das Mikrofon so in die obere Seitenwand des Gehäuses ein, dass der Massepin näher am Klappdeckel liegt. Markieren Sie diesen Anschluss eventuell wie im Foto durch einen Punkt, damit er später nicht verwechselt wird. Das Mikrofon soll mit etwas Klebstoff befestigt werden, damit es unbeweglich wird und keine Nebengeräusche entstehen können. Deshalb hat man es später schwerer, festzustellen, welches der Masseanschluss am Mikrofongehäuse ist. Falls übrigens am Ende die beiden Anschlüsse des Mikrofons doch noch vertauscht werden sollten, wird das Gerät funktionieren, aber etwas empfindlicher gegen elektrische Störsignale sein, was ganz leicht durch Vertauschen der Anschlussdrähte korrigiert werden kann.



Einbau des Mikrofons

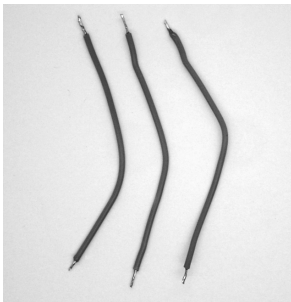
Lötarbeiten

Falls Sie noch wenig Erfahrung mit dem Löten haben, ist es sinnvoll, mit den Drähten zu beginnen und diese mit dem Lötkolben vorzubereiten. Zum Aufbau des Geräts werden fünf Kabelabschnitte benötigt. Schneiden Sie zunächst Kabelstücke der folgenden Längen ab:

2 x 12 cm

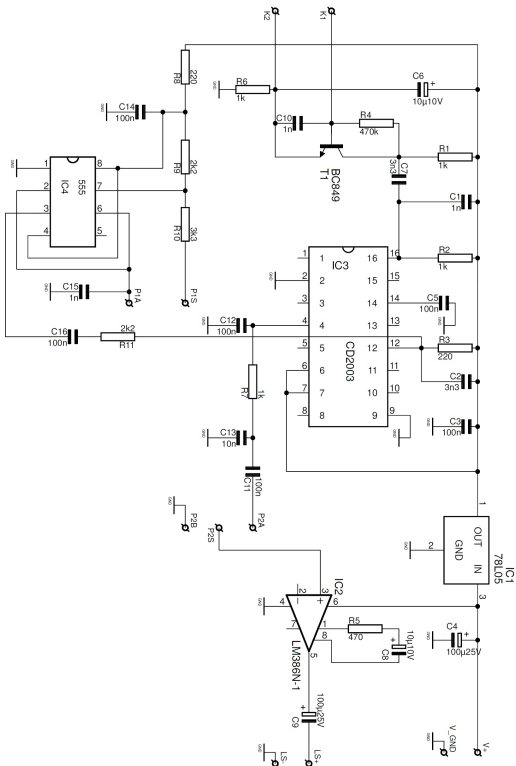
3 x 5 cm

Entfernen Sie die Isolierung am Ende auf einer Länge von 5 mm. Die Isolierung ist relativ weich und kann mit etwas Kraft mit den Fingernägeln abgezogen werden. Verdrillen Sie die feinen Adern mit den Fingern. Verzinnen Sie die abisolierten Kabelenden mit dem Lötkolben, damit die feinen Adern zusammen bleiben. Achten Sie darauf, das Kabelende gleichzeitig mit dem Lötkolben und dem Lötzinn zu berühren. Weitere Hinweise zum richtigen Löten finden Sie im Internet: www.elo-web.de



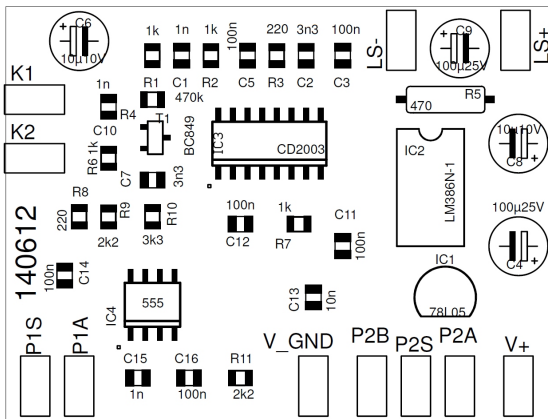
Verzinnte Kabel

Löten Sie nun die fehlenden Bauteile mit Anschlussdrähten in die Platine ein. Die Drähte einiger Bauteile sind sehr lang und müssen nach dem Einlöten abgekniffen werden. Heben Sie diese Drähte gut auf, denn sie leisten später noch gute Dienste bei der Verbindung mit den Potis und dem Lautsprecher.



Schaltbild der Platine

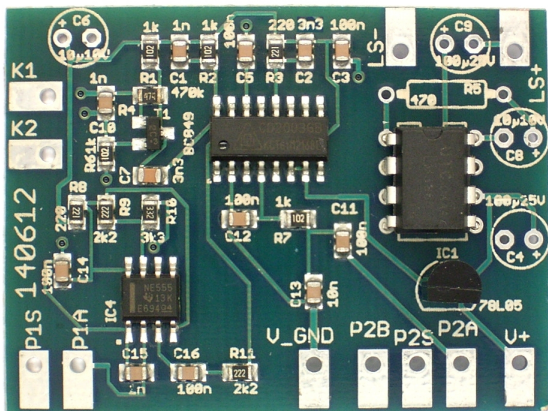
Das Schaltbild der Platine dient zur besseren Orientierung, falls Sie bereits Erfahrungen mit elektronischen Schaltungen haben. Das Gerät wird aber auch dann funktionieren, wenn Sie nicht alles genau verstehen sollten. Am Ende dieser Anleitung finden Sie auch doch den Komplettschaltplan mit Mikrofon, Lautsprecher und Potis.



Der Bestückungsplan der Platine

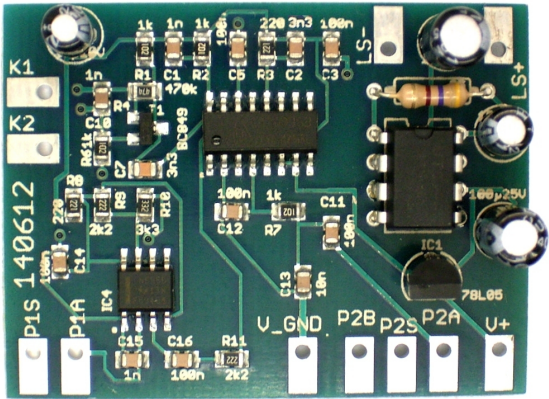
Der Bestückungsplan zeigt alle Bauteile mit ihren Werten und Teilenummern. Vergleichen Sie zuerst die Platine mit diesem Plan, um sich einen Überblick zu verschaffen, welche Bauteile bereits aufgelötet sind und welche Sie noch selbst einbauen müssen.

Bauen Sie zuerst die integrierten Schaltungen ein. Beginnen Sie mit dem Lautsprecherverstärker LM385 (IC2). Die Anschlussbeinchen sind von der Produktion noch etwas zu weit gespreizt und müssen parallel ausgerichtet werden. Drücken Sie das IC dazu seitlich auf eine Tischfläche, sodass alle Beinchen einer Seite gleichzeitig etwas nach innen gebogen werden. Dann lässt es sich leicht in die Platine einsetzen. Beachten Sie dabei unbedingt die Einbaurichtung. Der Bestückungsaufdruck zeigt eine Kerbe, die auch auf dem IC zu finden ist. Löten Sie dann jedes Beinchen an der Unterseite an. Die Lötäugen sind relativ klein und von einer großen Massefläche umgeben. Der Lötstopplack verhindert jedoch, dass das flüssige Lötzinn den Bereich der eigentlichen Lötstelle überschreitet. Löten Sie auch den Spannungsregler 78L05 (IC1) ein. Durch die dreieckige Anordnung der Anschlüsse und den Bestückungsaufdruck ist eine falsche Einbaurichtung ausgeschlossen.



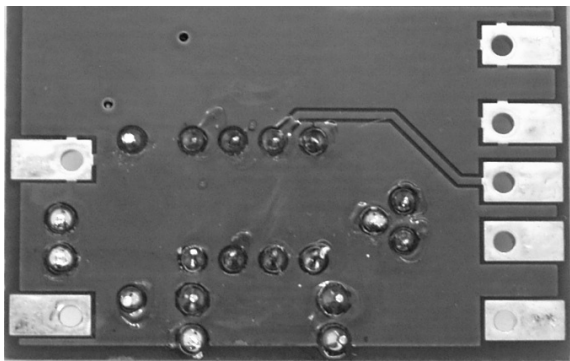
IC1 und IC2 eingebaut

Bauen Sie als Nächstes die Elkos ein. Beachten Sie dabei die Einbaurichtung. Die Elkos besitzen einen weißen Strich zur Kennzeichnung ihres Minuspols. Der gegenüber liegende Pluspol ist auf der Platine mit einem Pluszeichen markiert. Kontrollieren Sie vor dem Anlöten noch einmal die Richtung. Bei den oberen beiden Elkos C6 ($10\ \mu\text{F}$) und C9 ($100\ \mu\text{F}$) weist der weiße Strich nach rechts, bei den rechten beiden Elkos C4 ($100\ \mu\text{F}$) und C8 ($10\ \mu\text{F}$) weist er nach links. Kneifen Sie die langen Drähte erst nach dem Einlöten ab und heben Sie sie für die spätere Endmontage auf.



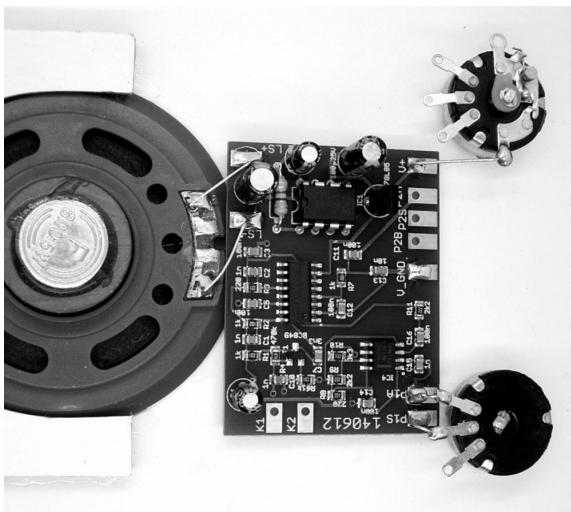
Die fertig bestückte Platine

Kontrollieren Sie am Ende noch einmal die Lötstellen. Eine zuverlässige Verbindung erkennt man an ihrer glatten Oberfläche. Meist findet man neben den Lötstellen noch etwas Flussmittel (Kolophonium), was aber völlig unbedenklich ist, weil es gut isoliert.



Lötstellen auf der Unterseite der Platine

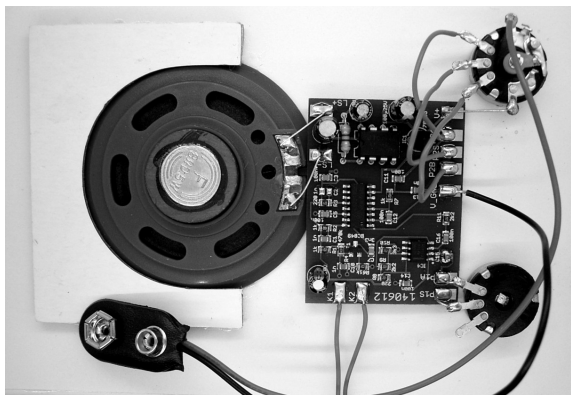
Nun folgt die Endmontage. Die Platine wird dabei so mit den übrigen Bauteilen verbunden, dass sie auch mechanisch festgehalten wird. Verwenden Sie die abgeschnittenen harten Drahtstücke der Elkos für einige der Verbindungen, damit die Platine stabil gehalten wird.



Einbau der harten Drähte

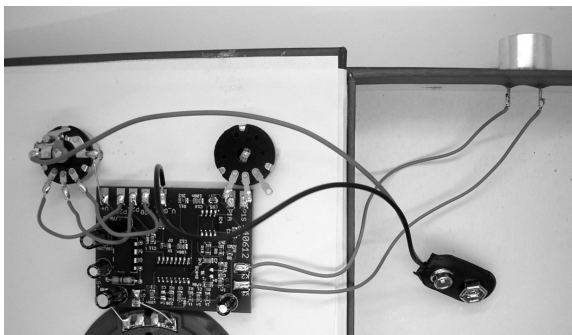
Die Anschlüsse LS+ und LS- werden mit kurzen Drahtstücken mit dem Lautsprecher verbunden. Ein Draht führt von V+ zu einem Pol des Schalters auf dem Lautstärkepoti. Der Anschluss P1A wird mit dem oberen Anschluss des Frequenzpotis verbunden, der Anschluss P1S mit dem Mittelpin (Schleifer). Die Platine wird nun mit insgesamt fünf harten Drahtstücken an drei Ecken gehalten und ist damit stabil befestigt.

Alle weiteren Verbindungen werden mit weichem Kabel gebaut. Die drei Anschlüsse P2B, P2S und P2A führen zum Lautstärkepoti. Am zweiten Pol des Schalters wird der Pluspol (rot) des Batterieclips angelötet. Der Minuspol führt zum Anschluss GND (Ground, Masse).



Einbau der weichen Kabel

Zwei weitere Drähte von 12 cm Länge führen zum Ultraschallmikrofon. K2 wird mit dem Masseanschluss des Mikrofons verbunden, K1 mit dem Signalanschluss. Die beiden Kabel überkreuzen sich nicht.



Verbindung zum Mikrofon

Der erste Test

Setzen Sie eine 9-V-Batterie ein und schalten Sie das Gerät ein. Stellen Sie zunächst eine mittlere Lautstärke ein. Sie hören ein leises Rauschen. Reiben Sie dann ganz leicht den Zeigefinger gegen den Daumen. Dabei entsteht ein leises Geräusch, das Sie nur nahe am Ohr wahrnehmen können. Das Geräusch enthält aber auch Ultraschall und eignet sich jederzeit als Test für den Ultraschalldetektor. Das Gerät setzt diese Ultraschallgeräusche in hörbaren Schall um. Testen Sie dabei verschiedene Frequenzeinstellungen. Bei einer mittleren Position des Reglers werden die Geräusche besonders laut. Die optimale Position gehört zu einer Frequenz von etwa 40 kHz. Der Ultraschall-

detektor ist bei dieser Frequenz besonders empfindlich. Auch im Abstand von einem Meter sind Geräusche reibender Finger noch deutlich zu hören.

Testen Sie das Gerät bei unterschiedlichen Einstellungen und auch bei voller Lautstärke. Wenn alles in Ordnung ist, arbeitet das Gerät stabil. Falls ein Pfeifen hörbar wird, das bei kleinerer Lautstärke ganz verschwindet, kommt es zu einer akustischen oder elektrischen Rückkopplung. Eine mögliche Ursache ist eine schwache Batterie. Eine andere mögliche Ursache ist ein schlecht befestigtes Mikrofon. Stellen Sie dann sicher, dass das Ultraschallmikrofon am Gehäuse so festgeklebt ist, sodass es nicht beweglich ist und kein Schall an dieser Stelle nach außen dringen kann.

Falls etwas nicht so funktioniert, wie es sollte, kontrollieren Sie noch einmal alle Lötstellen mit einer Lupe und suchen Sie nach möglichen Unterbrechungen oder falschen Verbindungen durch Lötzinnspritzer oder ähnliches. Falls Sie ein Messgerät zur Hand haben, überprüfen Sie auch einmal die Betriebsspannung von 9 V und die stabilisierte Spannung von 5 V.

Verwenden Sie ein blankes Drahtstückchen für weitere Tests, indem Sie unterschiedliche Anschlüsse berühren. Für einen Test des Endverstärkers berühren Sie den Anschluss P2S oder den Pin 2 des LM386. Aus dem Lautsprecher sollte ein leises Brummen zu hören sein. Tippen Sie die Anschlüsse P1A oder P1S an. Wenn rund um den Oszillator NE555 alles in Ordnung ist, entsteht dabei ein lautes Knacken und ein verändertes Rauschen. Um auch den Vorverstärker und den

Mischer zu testen, berühren Sie den Mikrofoneingang am Pin K1. Dabei sollte ein lautes Rauschen oder Summen entstehen, weil elektrische Störsignale wie über eine Antenne eingekoppelt werden. Berühren Sie auch einmal die Anschlüsse des Mikrofons und das Mikrofon-Gehäuse. Nur der Signalpin sollte ein lautes Geräusch liefern. Falls dieser Effekt auch beim Berühren des Mikrofongehäuses entsteht, ist das Mikrofon falsch angeschlossen. Drehen Sie dann die Anschlussdrähte um.

Fledermäuse beobachten

Fledermäuse sind nur in den Sommermonaten zu beobachten. Im Winter ziehen sie sich in Höhlen und verlassene Gebäude zurück, wo man sie keinesfalls stören sollte. Während der Brutzeit in den warmen Monaten jedoch findet man sie fast überall, sogar mitten in der Stadt. Einige verbreitete Arten wie z. B. die Zwergfledermäuse brauchen nur kleinste Wohnhöhlen, die sich sogar an modernen Gebäuden finden. Oder sie nisten in Baumhöhlen. Tagsüber bleiben sie so gut wie unsichtbar. Aber am Abend fliegen sie umher, auf der Suche nach Insekten.

Wenn Sie bereits wissen, dass es bei Ihnen Fledermäuse gibt, brauchen Sie nur bis zur Dämmerung warten. Schalten Sie das Gerät ein und stellen Sie es auf eine mittlere Frequenz von 40 kHz ein. Machen Sie mit Ihren Fingern ein Geräusch, um die Frequenz höchster Empfindlichkeit einzustellen. Halten Sie dann das Mikrofon in verschiedene Richtungen. Wie mit einem Suchscheinwerfer können Sie so die gesamte Umgebung absuchen. Irgendwann hören Sie die besonderen Gerä-

sche einer Fledermaus. Und wenn Sie einmal die Richtung gefunden haben, fällt es auch nicht mehr schwer, sie zu sehen. Meist fliegen die Tiere in engen Kreisen, auf der Jagd nach Insekten. Manchmal jagen sie immer um einen Baum herum oder immer wieder nahe an einem Haus entlang, manchmal auch tief über dem Boden, je nachdem, wo sich gerade die meisten Insekten aufhalten.

Wenn die Tiere nahe genug auf den Beobachter zufliegen, werden die Geräusche deutlich lauter. Der Schall wird nach vorn ausgestoßen, damit das Echo den Fledermäusen alle Hindernisse und eventuelle Beutetiere verrät. Suchen Sie nach der optimalen Frequenz. Bei der richtigen Einstellung können Sie hören, dass z. B. die Zwergfledermaus nicht mit einer konstanten Frequenz ruft, sondern die Tönhöhe während des Rufs ändert. Mit dem Fledermausdetektor hört man eine Art Zwitschern. So hat jede Art ihren besondern Klang. Erfahrene Naturbeobachter erkennen die Arten an ihren Rufen.

Es gibt Orte, die ideale Lebensbedingungen für Fledermäuse bieten. Ein typisches Beispiel ist ein kleiner Waldsee. Am Wasser leben Mücken, Libellen und andere Insekten in großer Zahl. Und die umgebenden Bäume bieten genügend Wohnraum für die Fledermäuse. Hier sollten Sie einmal auf die Suche gehen. Warten Sie bis zur Dämmerung, wenn keine Vögel mehr umherfliegen. Schalten Sie dann Ihr Gerät ein und suchen Sie in allen Richtungen. Irgendwann werden Sie die typischen Geräusche der Tiere hören. Oft ist es gar nicht so einfach, sie auch zu sehen. Mit dem Fledermausdetektor

wird es aber einfacher, die Richtung auszumachen. Vielleicht haben Sie die ganze Zeit vergeblich über dem Wasser nach den Tieren gesucht, aber das Gerät weist nach oben. Und tatsächlich, da ist eine größere Gruppe zwischen den Baumwipfeln gut gegen den Abendhimmel zu sehen. In anderen Fällen weist das Gerät nach vorn, und Sie entdecken die Tiere über dem Wasser. Es kann auch vorkommen, dass sich zwei Arten gleichzeitig in der Umgebung aufhalten, z. B. Wasserfledermäuse und Zwergfledermäuse. Versuchen Sie dann einmal, die beiden an ihrem Klang und ihrer bevorzugten Frequenz zu unterscheiden.

In vielen Städten werden geführte Fledermaus-Exkursionen angeboten. Nutzen Sie die Erfahrungen von Fachleuten, die Ihnen mehr über die Fledermäuse in Ihrer Umgebung sagen können. Welche Arten gibt es hier, wie erkennt man sie, wo sind ihre Nisthöhlen, was ist ihre bevorzugte Nahrung, und was kann man tun, um ihren Lebensraum zu erhalten? So werden Sie einen Blick für diese Tiere entwickeln und sie auch dort entdecken, wo Sie sie bislang übersehen haben.

Ultraschall-Experimente

Um Ihr Gerät und seine Bedienung besser kennenzulernen, sollten Sie möglichst viele Ultraschallquellen untersuchen. Klappern Sie einmal mit einem Schlüsselbund vor dem Mikrofon. Es entstehen dabei Geräusche, die an Glocken erinnern. Angestoßene Metallgegenstände klingen im Ultraschallbereich nach. Das gilt auch für Schrauben und Nägel. Einige Gegenstände haben eine deutliche Eigenfrequenz, die

bei einer bestimmten Einstellung des Geräts besonders gut zu hören ist. Auch das Klicken der Tasten an Ihrer Computer-Maus erzeugt Töne im Ultraschallbereich, weil die beteiligten Metallteile sehr klein sind.

Andere Geräusche sind im normalen Hörbereich sehr leise, im Ultraschallbereich dagegen sehr laut. Das gilt z. B. für platzen-
de Gasbläschen in einem Glas Sprudelwasser oder Sekt oder für fallende Sandkörnchen oder Kies. Auch alle Arten von Reibgeräuschen, z. B. das eines Fingernagels auf Papier, werden deutlicher hörbar.

Wenn Sie mit dem Gerät in Ihrer Wohnung umhergehen, werden Sie erstaunt sein, wo überall Ultraschall abgestrahlt wird. Starke Ultraschallquellen sind z. B. Energiesparlampen. Die darin eingebaute Spule des elektronischen Vorschaltgeräts erzeugt üblicherweise Ultraschall im Bereich von 30 kHz bis 50 kHz. Das Geräusch ist oft mit einem Brummen moduliert, das der Netzfrequenz entspricht.

Viele andere netzbetriebene Geräte enthalten Schaltnetzteile mit Frequenzen, die im Empfangsbereich des Ultraschall-detektors liegen. Meist erzeugen darin eingebaute Spulen oder Transformatoren Ultraschalltöne, die mit dem Gerät hörbar werden. Beim Durchstimmen hört man an einer Stelle der Skala einen tiefen Ton, der nach beiden Seiten hin höher wird. Dieser Überlagerungston entspricht der Differenzfrequenz zwischen der Signalfrequenz und der eingestellten Oszillatorfrequenz.

Schwebungstöne

Besonders stabile Ultraschalltöne werden von Röhrenmonitoren und Röhrenfernsehern abgestrahlt. Man hört dann die Zeilenfrequenz oder ihre Obertöne. Ein üblicher Röhrenfernseher arbeitet mit 15,625 kHz, ein hoch auflösender Computermonitor z. B. mit ca. 60 kHz. Mit dem Frequenzregler können Sie einen gut hörbaren Ton von z. B. 1 kHz einstellen. Der Ton ist die Differenz zwischen Eingangsfrequenz und Oszillatorfrequenz und wird auch als Überlagerungston oder Schwebungston bezeichnet.

Stellen Sie die Oszillatorfrequenz genau auf die Empfangsfrequenz ein, dann entsteht ein sehr tiefer Ton oder überhaupt kein Ton mehr, weil die Differenzfrequenz Null ist. Man spricht hier von einer Einstellung auf Schwebungsnull.

Eine andere Art der Schwebung beobachtet man, wenn zwei Tonquellen mit fast genau gleicher Frequenz gehört werden. Der Ton erscheint dann im Takt der Differenzfrequenz lauter und leiser, d.h. die Intensität ändert sich laufend. Dieser Effekt kann z. B. beobachtet werden, wenn zwei Energiesparlampen gleicher Bauart gleichzeitig betrieben werden.

Doppler-Effekt

Der Doppler-Effekt ist die Veränderung der Tonhöhe bei einer relativen Bewegung zwischen Sender und Empfänger eines Tons. Man kennt diesen Effekt von schnell vorbeifahrenden Fahrzeugen. Das Motorengeräusch, eine Hupe oder eine Sirene erscheint bei der Annäherung höher und bei größer werdender Entfernung tiefer.

Der Dopplereffekt tritt mit dem Ultraschalldetektor noch deutlicher hervor und ist auch schon bei kleinen Geschwindigkeiten gut zu hören, weil eine relative Frequenzänderung durch das Heruntermischen größer wird. Wenn sich die Tonhöhe bei 40 kHz um 1% ändert, macht das 400 Hz aus. Heruntergemischt auf 1 kHz bleibt der Unterschied von 400 Hz erhalten, macht aber nun 40 % aus und ist damit deutlicher zu hören.

Stellen Sie den Frequenzregler etwa 1 kHz unter Schwebungsnulld ein, sodass Sie einen klaren Ton hören. Bewegen Sie dann den Ultraschalldetektor auf die Schallquelle zu. Der Ton wird höher. Bewegen Sie ihn von der Schallquelle weg, dann wird der gehörte Ton tiefer. Mit einer schnellen Hin- und Herbewegung wird die Tonfrequenz moduliert.

Stehende Wellen und Wellenlänge

Jeder Schall wird an Wänden und Gegenständen reflektiert. Das gilt auch für Ultraschall, was sich die Fledermäuse zur Ortung von Hindernissen nutzbar machen. Wenn Schall reflektiert wird, dann findet man Orte, an denen sich der hinlaufende Schall und der reflektierte Schall überlagern. Dabei kommt es an einigen Stellen zu einer Verstärkung und an anderen Stellen zu einer Abschwächung oder sogar Auslöschung des Schalls. Man findet dann stehende Wellen mit lauten und leisen Orten. Mit dem Ultraschalldetektor können Sie ein solches Schallfeld genau untersuchen. Tasten Sie den Raum ab, um Orte zu finden, an denen ein Ultraschallsignal sich gerade auslöscht.

Wenn stehende Wellen zu beobachten sind, kann man sehr leicht die Wellenlänge ausmessen. Am besten gelingt dies, wenn der Schall von einer geraden Wand genau wieder auf die Schallquelle zurück reflektiert wird. Der kürzeste Abstand zwischen zwei Lautstärke-Minima ist eine halbe Wellenlänge.

Aus der Wellenlänge lässt sich die Frequenz berechnen, denn es gilt die Beziehung: $\text{Frequenz} = \text{Schallgeschwindigkeit} / \text{Wellenlänge}$. Die Schallgeschwindigkeit beträgt etwa 330 m/s. Wenn Sie eine Wellenlänge von einem Zentimeter messen, dann beträgt die Frequenz 33 kHz. Umgekehrt lässt sich aus einer Frequenz von 40 kHz die Wellenlänge 8,25 mm berechnen. Allgemein gilt: Je höher die Frequenz, desto kleiner die Wellenlänge. Das ist für die Fledermäuse bedeutend, weil sich mit Reflexionen nur Details in der Größenordnung der Wellenlänge oder größer erkennen lassen. Kleinere Fledermausarten jagen kleinere Insekten und müssen daher Töne mit höherer Frequenz ausstoßen.

Elektrische Signale

Der Ultraschalldetektor ist nicht elektrisch abgeschirmt und empfängt daher neben Schallsignalen auch elektrische Signale im gleichen Frequenzbereich, wenn die elektrische Feldstärke hoch genug ist. Nahe vor einem Röhrenmonitor empfängt man möglicherweise gleichzeitig ein Schallsignal und ein elektrisches Signal mit der Ablenkfrequenz. Sie lassen sich eindeutig mit Hilfe des Dopplereffekts unterscheiden, der nur für Schallsignale beobachtet werden kann. Prinzipiell existiert der Dopplereffekt zwar auch für elektrische Wellen, allerdings

würden dafür millionenfach höhere Geschwindigkeiten nötig. Wenn Sie also unsicher sind, ob Sie gerade ein Schallsignal oder ein elektrisches Signal empfangen, bewegen Sie das Gerät hin und her. Wenn sich dabei die gehörte Frequenz verändert, handelt es sich eindeutig um ein Schallsignal.

Der Ultraschalldetektor kann mit geringem Aufwand zu einem Detektor für elektrische Wechselfelder im Frequenzbereich 20 kHz bis 100 kHz erweitert werden. Löten Sie einen zusätzlichen Draht von 10 cm Länge an den Mikrofoneingang K1 an. Dieser Draht soll dann als Antenne aus dem Gehäuse ragen. Testen Sie damit z. B. das Umfeld elektrischer Geräte. Sie werden zahlreiche Signale finden. Ein LCD-Flachbildschirm zeigt z. B. unterschiedliche Geräusche an verschiedenen Stellen vor dem Display. Auf einigen Frequenzen hört man sogar Geräusche, die sich mit dem Bildinhalt ändern.

Untersuchen Sie auch andere Geräte wie Netzgeräte, Lampen, Uhren oder Motoren. Jedes Gerät hat seinen eigenen Klang und seine eigenen Frequenzen. Auch Kabel und Leitungen lassen sich aufspüren, teilweise sogar, wenn sie unter Putz verlegt sind. Eine der stärksten Quellen elektromagnetischer Wellen sind Gewitter. Ein Blitz strahlt Signale überwiegend im Frequenzbereich unterhalb 100 kHz aus. Deshalb kann der Detektor auch als Gewitter-Warngerät eingesetzt werden.

Erläuterungen zum Schaltbild

Die wichtigsten Bauteile des Fledermausdetektors stammen aus der Radiotechnik. Die Aufgabe ist ganz ähnlich: Signale mit hoher Frequenz müssen so verarbeitet werden, dass sie hörbar werden. Aber statt einer Antenne besitzt der Fledermausdetektor ein spezielles Mikrofon, das seine höchste Empfindlichkeit im Ultraschallbereich bei etwa 40 kHz hat. Die Signale werden dann einem Mischer zugeführt, der sie in tiefere Frequenzen umsetzt. Wie ein Radio auf ganz bestimmte Frequenzen abgestimmt werden kann, so können Sie auch den Ultraschall-detektor in einem Bereich zwischen ca. 20 kHz und 100 kHz abstimmen. Das hilft, unterschiedliche Arten von Fledermäusen zu hören und zu unterscheiden. Und es hilft, zahlreiche andere Ultraschallquellen aufzuspüren und genauer zu untersuchen.

Das Gerät arbeitet als Direktmischer, wobei das Mischprodukt aus Eingangssignal und Oszillatorfrequenz in den hörbaren Bereich fällt. Stellt man z. B. eine Oszillatorfrequenz von 39 kHz ein, wird ein Eingangssignal mit 40 kHz auf die Differenzfrequenz 1 kHz heruntergemischt. Das gleiche Eingangssignal wird auch bei einer Oszillatoreinstellung auf 41 kHz mit 1 kHz hörbar. Entscheidende Faktoren für die Qualität des Geräts sind eine hohe Verstärkung, geringes Rauschen und eine gute Unterdrückung möglicher akustischer Rückkopplung, die zu Pfeifgeräuschen führen könnte. Das verwendete Ultraschallmikrofon hat eine ausgeprägte Resonanz bei 40 kHz und nur geringe Empfindlichkeit für Frequenzen im unteren Hörbereich. Inse-

samt können jedoch Signale zwischen 20 kHz und 100 kHz verarbeitet werden.

Das Ultraschallmikrofon ist direkt mit der Basis des rauscharmen Transistors BC859 verbunden. Dieser Vorverstärker bietet eine optimale Anpassung und etwa 100-fache Spannungsverstärkung (20 dB). Ein paralleler Kondensator am Eingang schwächt eindringende HF-Signale und vermindert die Empfindlichkeit gegen elektromagnetische Störungen. Der Koppelkondensator zwischen Vorstufe und Mischer-IC CD2003 ist so klein, dass nur hohe Frequenzen ungeschwächt übertragen werden. Dieses Hochpassfilter mindert die Gefahr einer akustischen Rückkopplung.

Das zentrale IC CD2003 wurde ursprünglich für Radioempfänger entwickelt und ist der Kern eines AM/FM-Radios mit Oszillatoren, Mischstufen, Zwischenfrequenzverstärkern und Demodulatoren für die beiden Bereiche. Hier werden nur der AM-Vorverstärker und die AM-Mischstufe verwendet. Das Radio-IC bietet dabei eine Gesamtverstärkung von 40 dB und eine Unterdrückung des Eingangssignals von -20 dB. Am Ausgang des Mixers sorgt ein Tiefpassfilter für eine weitere Dämpfung des Eingangssignals.

Der Audioverstärker LM386 liegt an der vollen Betriebsspannung von 9 V und liefert eine Ausgangsleistung bis zu 500 mW an den 8- Ω -Lautsprecher. Die Verstärkung wird mit dem 470- Ω -Widerstand am Pin 1 eingestellt. Man kann den Widerstand weglassen, um die Verstärkung um etwa 10 dB zu verringern. Alternativ kann statt des Widerstands auch eine

Drahtbrücke eingebaut werden, um die Verstärkung um 10 dB zu vergrößern. Je größer die Verstärkung ist, desto eher kann es allerdings zu einer akustischen Rückkopplung mit unangenehmen Pfeifgeräuschen kommen.

Der Endverstärker erzeugt üblicherweise gewisse Spannungseinbrüche auf der Betriebsspannung, weil der Innenwiderstand der Batterie nicht beliebig klein sein kann. Ein paralleler Elko von 100 μF stützt die Versorgungsspannung und sorgt für einen stabilen Betrieb auch bei nicht mehr ganz frischer Batterie. Für die Vorstufen sind die Anforderungen an die Spannungsversorgung wesentlich höher. Deshalb wird hier ein Spannungsregler 78L05 eingesetzt, der eine stabile Spannung von 5 V liefert.

