

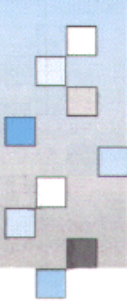
Stichwort:

Ultraschall...

■ Das passende Fertiggerät finden Sie im 6/97 **E•A•M**, und eine Einparkhilfe auf Ultraschall-Basis im Heft 3/98.

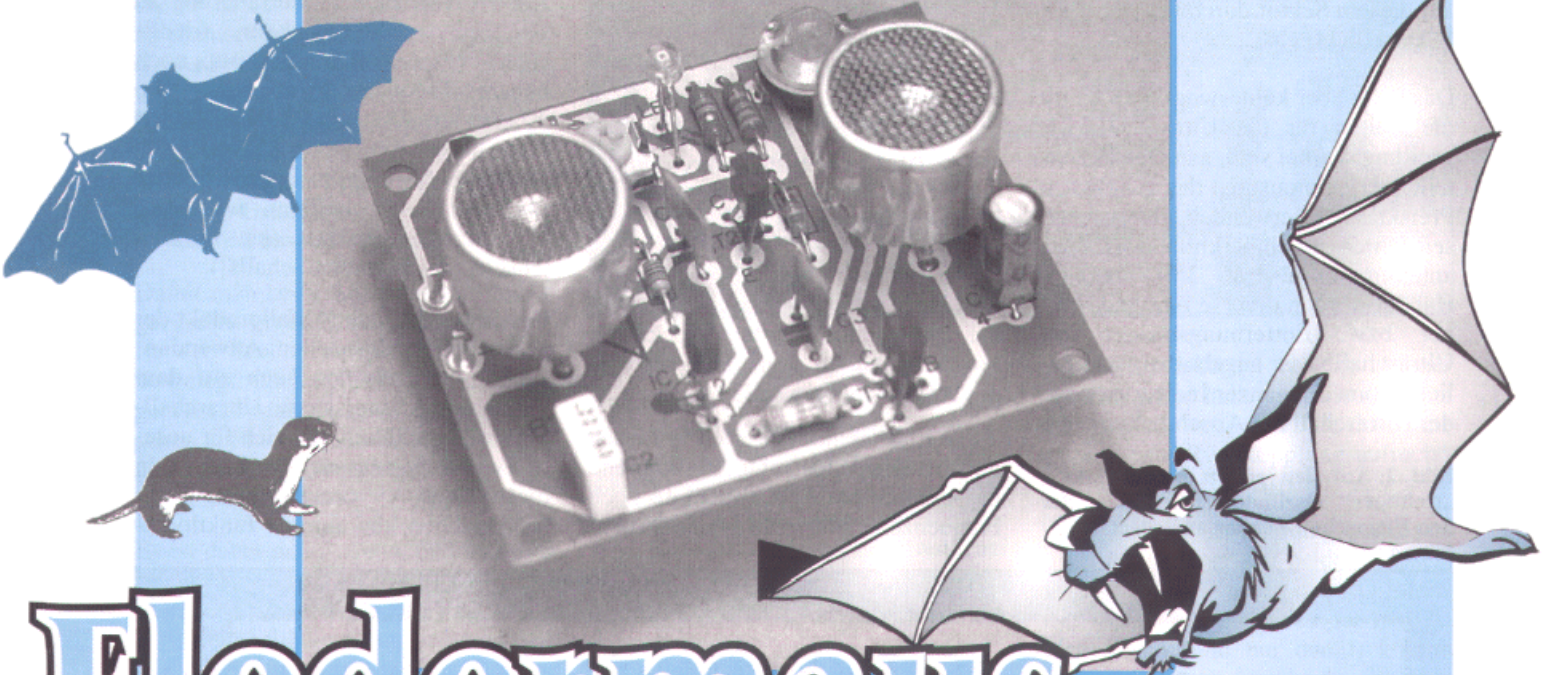
Ultraschall-Abstandswarner

Bau
Anleitung



In der Nähe eines Reflektors schaukelt er sich regelrecht auf:

Peilen wie die



Fledermaus

- Hinderniserkennung wie die Fledermaus
- Ultraschallsignale melden ein Objekt in der Nähe
- Unauffällige Einparkhilfe in der Garage
- Detektiert Gegenstände am Fließband
- Auch als Alarmmelder zu gebrauchen

Steckbrief: Für Anfänger geeignet

Funktion:	Ultraschall-Detektor zur Hinderniserkennung in einem bestimmten Erfassungsbereich; stufenlos einstellbare Ansprechschwelle
Frequenz:	ca. 45 kHz
Reichweite:	ca. 0,5...5 m
Anzeige:	Leuchtdiode beim Ansprechen
Abmessungen:	54 x 45 mm
Stromversorgung:	9...12 V
Stromaufnahme:	<2 mA (Ruhe); ca. 5 mA (beim Ansprechen)
Bausatzpreis:	ca. 19,95 DM (bei Conrad Electronic)

Schon in den ersten Schuljahren lernen die Kinder, wie sich die Fledermäuse orientieren: Sie stoßen hochfrequente Impulse aus, die für den Menschen unhörbar sind; wenn diese Impulse auf ein Objekt treffen und reflektiert werden, erkennen die fliegenden „Mäuse“ dadurch das Hindernis und weichen ihm aus. Dieser Abstandswarner arbeitet nach einem ähnlichen Verfahren und benutzt ein nicht alltägliches Schaltungskonzept.

■ Weil auch Marder hohe Frequenzen hören können, funktioniert der Marderschreck im **E•A•M** 4/98 so gut.

Ultraschall-Abstandswarner

Eigentlich ein Schmutzeffekt

Die Nutzung von Ultraschall hatte ihre erste Blütezeit, als die drahtlosen Fernbedienungen für den Fernseher aufkamen; weil die Empfänger aber trotz aufwendiger Kodierungen eine hohe Störanfälligkeit besaßen (u.a. bei Schlüsselklimmern), setzt man heute auf diesem Sektor durchweg nur noch Infrarot(licht) ein.

Das heißt aber keineswegs, daß damit die Zeiten für die Ultraschall-Verwendung vorbei sind, ganz im Gegenteil: Luxuslimousinen der gehobenen Preisklasse verwenden Ultraschall seit Jahren als Einparkhilfe (vgl. Bauanleitung im **E•A•M** 3/98), und im Handel werden diverse Abstandswarner bzw. Entfernungsmesser auf Ultraschallbasis angeboten; schließlich boomt ein ganzer Industriezweig, der Ultraschall zur Abschreckung von

Bild 2: Auf den ersten Blick ist kein „richtiger“ Oszillator erkennbar, der den Ultraschall-Sender ansteuert.

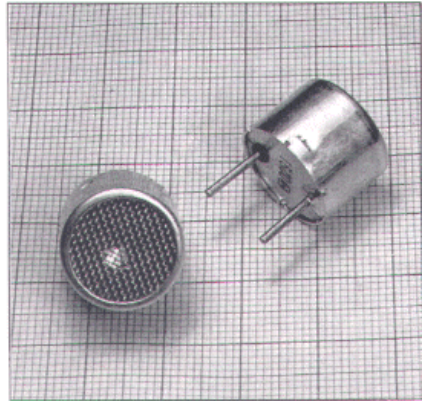


Bild 1: Die Ultraschall-Sensoren enthalten Piezo-Kristalle, deren Resonanzfrequenz aufeinander abgestimmt ist.

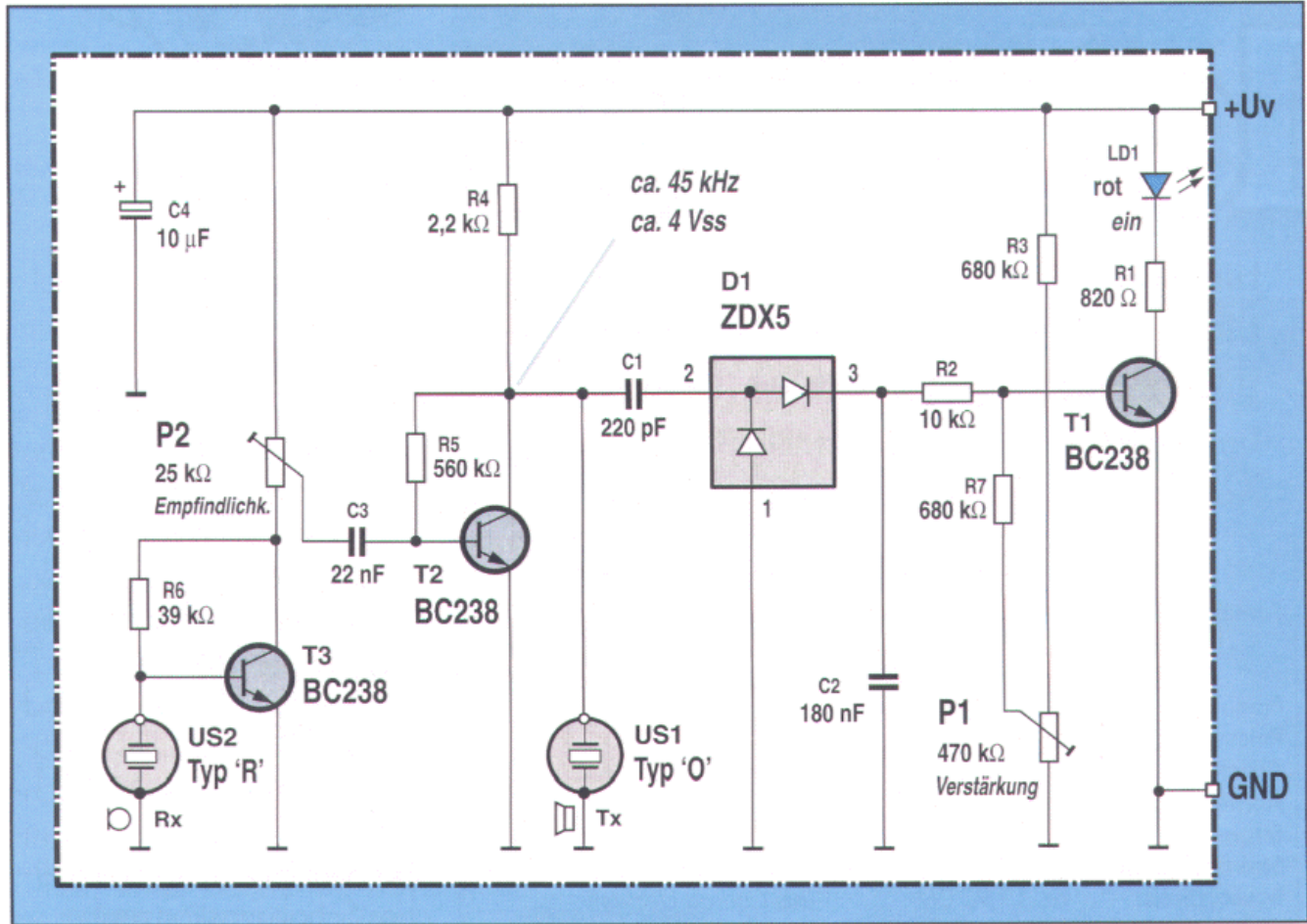
unerwünschten Nagetieren und anderem Ungeziefer benutzt, allen voran die sogenannten Marderschrecks, die vor Schäden an den „Weichteilen“ des Autos schützen sollen.

Diese Renaissance hat einen einfachen und naheliegenden Grund: Während das menschliche Gehör allenfalls noch Frequenzen um 16...18 kHz wahrneh-

men kann, haben die meisten Tiere eine weit höhere „Grenzfrequenz“; Marder empfinden die hohen, für den Menschen unhörbaren Töne im Bereich von 20...30 kHz als so unangenehm, daß ihnen der Appetit an Zündkabeln und Bremsschläuchen vergeht.

Um andere Vierbeiner, wie Hunde und Katzen, vor solcher Malträtierung zu schützen, weicht man beim „friedlichen“ Ultraschall-Einsatz auf noch höhere Frequenzen oberhalb von 40 kHz aus. Dies ist der Bereich, den man gemeinhin unter „Ultraschall“ versteht, obwohl vom Begriff her der Ultraschall dort beginnt, wo unser Hörvermögen aussetzt (lat. *ultra* = jenseits [des hörbaren Schalls]).

Gewissermaßen als Abfallprodukt der zahlreichen industriellen Anwendungen sind inzwischen auch auf dem Hobby-Markt preiswerte Ultraschall-Sensoren erhältlich, die sich für unsere Zwecke bestens eignen (**Bild 1**). In diesen Sensoren stecken kleine Keramikplättchen, die ähnlich funktionie-



■ Im E•A•M 6/88 und 1/90 haben wir Entfernungsmesser vorgestellt, die auf Ultraschall-Basis arbeiten.

Ultraschall-Abstandswarner

Bild 3: Wenn sich ein glatter Reflektor im Erfassungsbereich befindet, entsteht eine sehr stabile Schwingung.

ren wie ein Quarz: Beim Anlegen eines elektrischen Wechselfeldes entstehen mechanische Schwingungen, die sich – wie „normaler“ Schall auch – durch die Luft ausbreiten.

Dieser Effekt ist umkehrbar, d.h. bei mechanischer Verformung eines solchen Kristalls entsteht an zwei gegenüberliegenden Seiten eine elektrische Spannung derjenigen Frequenz, mit der die Anregung erfolgt. Man bezeichnet diese Erscheinung als Piezo-Elektrizität, deren Grundlagen im E•A•M 2/99 ausführlich beschrieben sind.

Damit man beim Aussenden auf einigermaßen große Reichweiten kommt, ist der Sender entsprechend robust ausgelegt; umgekehrt ist der Empfängerkrystall dahingehend „gezüchtet“, schon auf kleinste Anregungen zu reagieren, damit man eine hohe Empfindlichkeit bekommt.

Es ist daher naheliegend, daß man die beiden Kapseln niemals verwechseln darf, weil das zu Beschädigungen am Empfänger führen kann, während der Sender für ankommende Signale nahezu taub bleibt. Das hat nichts damit zu tun, daß beide eine bevorzugte Resonanzfrequenz besitzen, bei der ihr optimaler Wirkungsgrad liegt; im vorliegenden Fall liegt sie im Bereich von 40 ... 45 kHz. Deshalb soll man ein Sensor-Pärchen (Sender plus Empfänger), das zusammen geliefert wurde, auch niemals trennen.

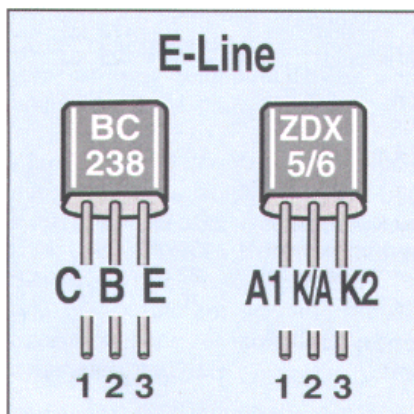
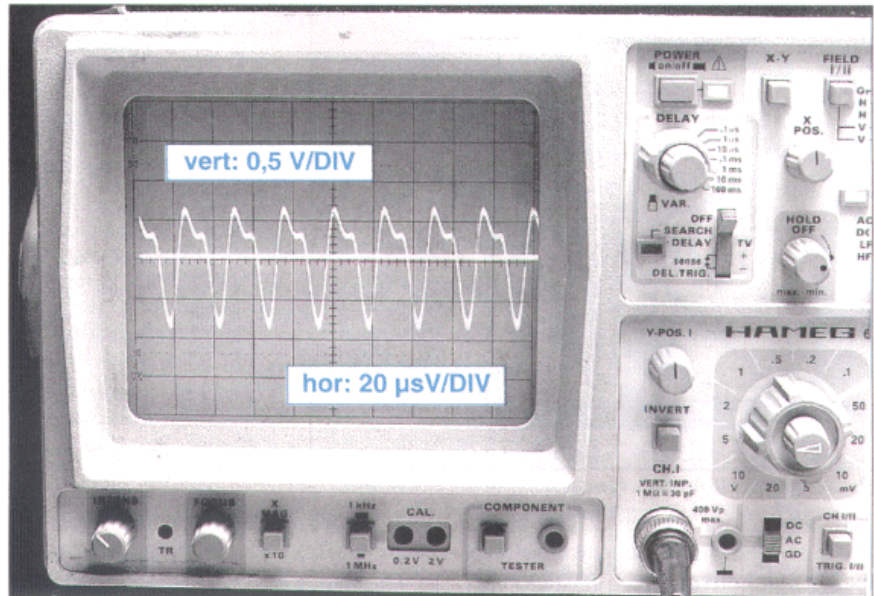


Bild 4: Beim E-Line-Flachgehäuse sind alle drei Anschlüsse in einer Ebene herausgeführt (rechts die Doppeldiode D1).



Wer in der Schaltungstechnik schon einigermaßen versiert ist, wird sich beim Blick auf **Bild 2** verwundert die Augen reiben: Dort ist die Sendekapsel US1 nämlich nicht an einen herkömmlichen Oszillator angeschlossen, der auf der Resonanzfrequenz schwingt, sondern sie liegt am Ausgang des Empfängerverstärkers!

Der Empfänger US2 liefert das Eingangssignal für den zweistufigen Transistorverstärker T3/T2, der mit automatischer Vorspannungserzeugung arbeitet; darunter ist zu verstehen, daß der Basisstrom über einen Vorwiderstand direkt vom Kollektor abgenommen wird (im Gegensatz zur Vorspannungserzeugung über einen Basis-Spannungsteiler; vgl. Schaltungsauslegung im Sonderheft Nr. 5).

Am Kollektor von T2 erscheint also das von US2 aufgenommene, verstärkte Ultraschall-Signal, aber im Augenblick ist noch gar nicht klar, wie der Sendeteil dieses Signal erzeugt!

Die Sache ist einfacher als man zunächst glaubt: Der zweistufige Verstärker wird mit dem Poti P2 auf maximale Empfindlichkeit „hochgekitzelt“. Nun genügt bereits das leiseste Umfeldgeräusch, um den Empfänger US2 anzuregen; dies geschieht natürlich auf seiner Resonanzfrequenz, weil er dort die höchste Empfindlichkeit besitzt. Das verstärkte Signal am T2-Kollektor reicht seinerseits aus,

um die Sendekapsel US1 zu aktivieren, und schon haben wir die schönste Schwingung im Gange, die durch die unmittelbare Rückkopplung aufrechterhalten wird (**Bild 3**).

Voraussetzung ist allerdings, daß sich „in Blickrichtung“ der beiden Kapseln ein Reflektor befindet, der das Signal vom Sender zum Empfänger zurückwirft. Dann (und nur dann!) kommt diese Schwingung zustande, die über C1 abgenommen und mit der Doppeldiode D1 gleichgerichtet wird (**Bild 4**).

Sobald sich also ein Reflektor im Erfassungsbereich befindet, lädt sich C2 positiv auf und steuert den bereits vorgespannten Ausgangstransistor T1 durch, was am Aufleuchten von LD1 zu erkennen ist.

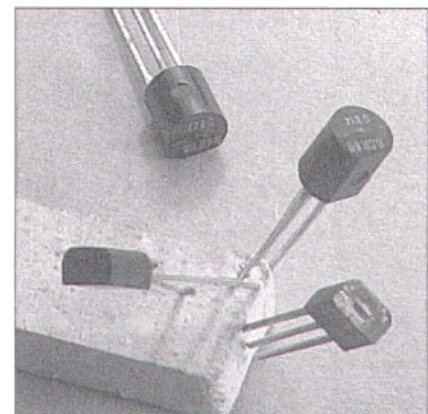


Bild 5: Zwei E-Line-Bauteile (unten) im Vergleich zum herkömmlichen TO-92-Gehäuse (oben).

■ Das oftmals verwirrende Kodierungsschema von Kondensatoren erläutert das Mini-Poster im **E•A•M** 6/97.

Ultraschall-Abstandswarner

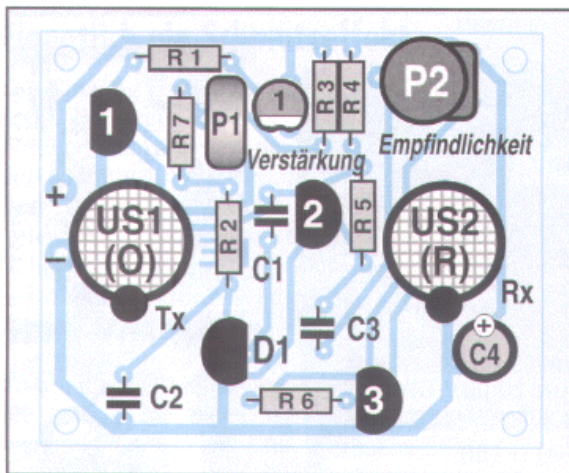


Bild 6:

Die äußerlich vollkommen gleich aussehenden Ultraschall-Sensoren dürfen auf keinen Fall verwechselt werden.

Der O-kodierte Sender (Tx) kommt auf den Platz US1, der mit einem 'R' gekennzeichnete Empfänger (Rx) auf US2.

Beachten Sie bitte auch den Abstand zur Platine (vgl. Bild 9).

Wir nutzen hier also einen Effekt aus, der ansonsten höchst unerwünscht ist, daß es nämlich infolge von Rückkopplungen zu einer Schwingung kommt. In der Akustik kennen Sie diese Erscheinung, die bei Rückwirkungen zwischen Lautsprecher und Mikrofon auftritt, und die sich dort als das lästige Rückkopplungspeifen äußert.

Nachbau

Wenn man bedenkt, daß die beiden Ultraschall-Sensoren einzeln jeweils rund 10 Mark kosten, dann bekommt man die Teile im Bausatz sozusagen geschenkt!

Der Nachbau sollte auch beim weniger geübten Hobbyisten auf Anhieb zum Erfolg führen, wenn ein paar grundlegende Dinge beachtet werden (vgl. Bestückungsplan **Bild 6** und Stückliste).

Als erstes werden grundsätzlich die dünnen Bauteile eingelötet, in diesem Fall also die Widerstände. Je nach Verfügbarkeit kann es vorkommen, daß dem Bausatz anstelle der „normalen“ Kohleschichttypen andere Bauformen beiliegen, z.B. Miniatur-Metallschichtwiderstände (**Bild 7**). Dies ist für die Schaltungsfunktion ohne Bedeutung.

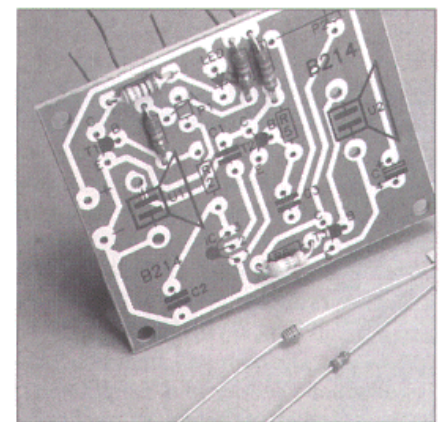
Die Kondensatoren sind relativ unkritisch, d.h. anstelle der genannten 22 nF kann man ohne weiteres auch 10 nF oder 47 nF einsetzen, und für den Glättungskondensator C2 sind Werte im Bereich von 100...470 nF möglich. Im Mustergerät bedeutet die Kennzeichnung von '22' für C2 $0,22 [\mu\text{F}] = 220 \text{ nF}$.

Bild 7: Im Bausatz können anstelle „normaler“ Kohleschichtwiderstände auch kleine Metallfilmresistoren enthalten sein.

Beachten Sie bitte die richtige Polung des Elkos C4, der die Versorgungsspannung stützt; der längere Plusanschluß zeigt in Richtung US2.

Bei den Potis ist schon von der Bauform her keine Verwechslung möglich; stören Sie sich aber nicht daran, wenn anstelle der angegebenen 25 kΩ der Aufdruck '22 kΩ' lautet oder statt 470 kΩ ein Wert von 500 kΩ aufgedruckt ist.

Ein bißchen problematisch kann es bei den Halbleitern werden, weil die Anschlüsse beim sogenannten E-Line-Gehäuse in einer Reihe nebeneinander liegen und der mittlere nicht versetzt ist, wie wir es vom Standard-TO-92-Gehäuse her kennen (vgl. Bilder 4 und 5). Sie müssen also bei *Draufsicht auf die Schriftseite* den mittleren Anschluß ein wenig nach hinten wegbiegen, damit die Bauteile in die Platinenbohrungen passen.



Stückliste Ultraschall-Abstandswarner

Platine:

--- 1 Ultraschall-Abstandswarner KE 214

Halbleiter:

T1...3 3 npn-Silizium-Transistor BC 238
D1 1 Doppeldiode (ZDX5) 41 BB/BF
LD1 1 Leuchtdiode \varnothing 3 mm

Kohleschichtwiderstände: (250 mW / 5 %)

R1	1	820 R	(grau - rot - braun - gold)
R2	1	10 k 0	(braun - schwarz - orange - gold)
R3	1	680 k	(blau - grau - gelb - gold)
R4	1	2 k 2	(rot - rot - rot - gold)
R5	1	560 k	(grün - blau - gelb - gold)
R6	1	39 k 0	(orange - weiß - orange - gold)
R7	1	680 k	(blau - grau - gelb - gold)

Potentiometer:

P1	1	Trimm-Poti, stehend	470 kΩ
P2	1	Trimm-Poti, liegend	25 kΩ

Ultraschall-Sensoren:

US1	1	Ultraschall-Sender	Kode O...
US2	1	Ultraschall-Empfänger	Kode R...

Kondensatoren:

C1	1	keramischer Kondensator	220 pF
C2	1	keramischer Kondensator	180 nF
C3	1	keramischer Kondensator	22 nF
C4	1	Elektrolytkondensator	10 μF / 20 V

Mechanisches Zubehör:

(Uv)	2	Lötstützpunkt	\varnothing 1,3 mm
------	---	---------------	----------------------

Die hier aufgeführten Bauteile sind als kompletter Bausatz für ca. 19,55 DM bei Conrad Electronic erhältlich (Platine einzeln nicht lieferbar).

■ Zur Stromversorgung eignet sich ein kleines Steckernetzteil (ca. 9...12 V / 50 mA), das nicht stabilisiert sein muß.

Ultraschall-Abstandswarner

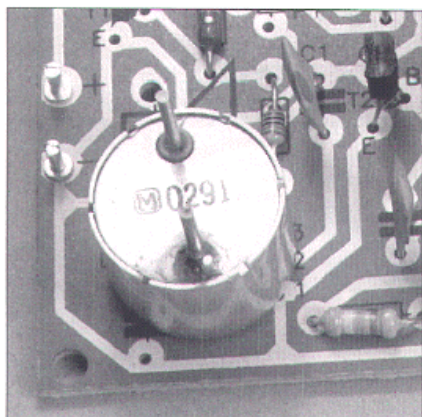


Bild 8: Einer der beiden Anschlüsse an den Ultraschall-Sensoren ist mit dem Gehäuse verbunden (an Masse legen).

Ein wenig Sorgfalt ist bei den Ultraschall-Sensoren angebracht. Bitte unterscheiden Sie strikt den Sender US1 (Tx vom engl. *Transmitter*; Kodierung 'O') und den Empfänger US2 (Rx vom engl. *Receiver*; Kodierung 'R'); außerdem müssen Sie unbedingt darauf achten, daß der mit dem Gehäuse verbundene Masse-Anschluß an Minus liegt (schwarzer Punkt im Bestückungsplan; **Bild 8**).

Beim Bestücken sollten sie zunächst von jedem Sensor erst ein Beinchen anlöten, damit Sie die Bauteile exakt planparallel zur Platine ausrichten können; wenn das geschehen ist, wird auch der zweite Anschluß verlötet. Die Gehäuse sollen zur Platine einen Abstand von 6...7 mm haben (**Bild 9**).

Zum Schluß wird die Leuchtdiode eingelötet; unabhängig von der jeweiligen Bauform ist die Katode am kürzeren Anschlußdraht zu erkennen (im Bestückungsplan weiß markiert); meistens ist diese Seite am Gehäuse auch noch abgeflacht.

Zum Anschluß der Versorgungsspannung kann man wahlweise zwei Lötstifte einsetzen, die so weit zu kürzen sind, daß sie keinen Kontakt mit dem Sender US1 haben; oder Sie löten direkt die Drähte an, über die Sie die Speisespannung zuführen (z.B. von einem Steckernetzteil).

Nach der Fertigstellung erfolgt die obligate Sichtprüfung auf richtige Bestückung und fehlerfreie Lötstellen (evtl. versteckte Drahtreste; **Bild 10**).

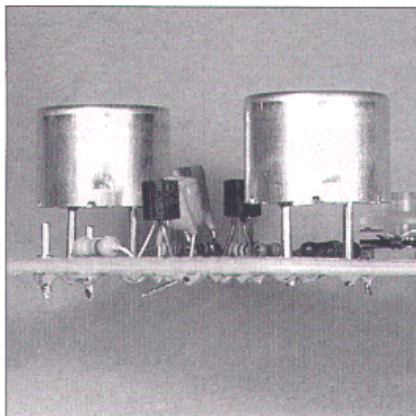


Bild 9: Sowohl der Sender als auch der Empfänger müssen mit 6...7 mm Abstand zur Platine eingelötet werden.

Abgleich

Die Grundeinstellung der Potis erfolgt in einer Umgebung, die im Abstand von mindestens 2 m zu den Sensoren keinen Reflektor aufweist.

Nach dem Anlegen der Versorgungsspannung von 9...12 V wird P2 auf Rechtsanschlag verdreht. Stellen Sie dann das Poti P1 zunächst so ein, daß die Leuchtdiode aufleuchtet; anschließend wird P1 so weit zurückgedreht, daß die LED gerade wieder ausgeht.

Richten Sie die Sensoren nun gegen eine glatte Fläche aus, z.B. eine Wand, die sich in 1...2 m Entfernung befindet. Mit P2 können Sie nun die maximale Empfindlichkeit einstellen, indem Sie sich vom Reflektor entfernen und das Poti so nachgleichen, daß die LED stets wieder zum Leuchten kommt (bei frontaler „Draufsicht“ der Sensoren auf die Wand).

Bild 10:

Um optimale Ergebnisse zu erzielen, sollten die beiden Längsachsen der Wandler genau senkrecht zur Platine ausgerichtet sein.

Beim Einbau in ein Gehäuse muß man den Körperschall von den Sensoren fernhalten, indem man zur Polsterung reichlich Schaumgummi verwendet.

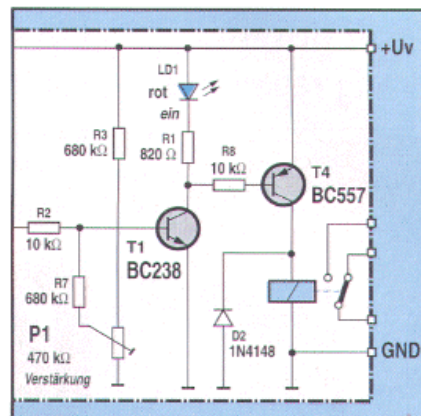
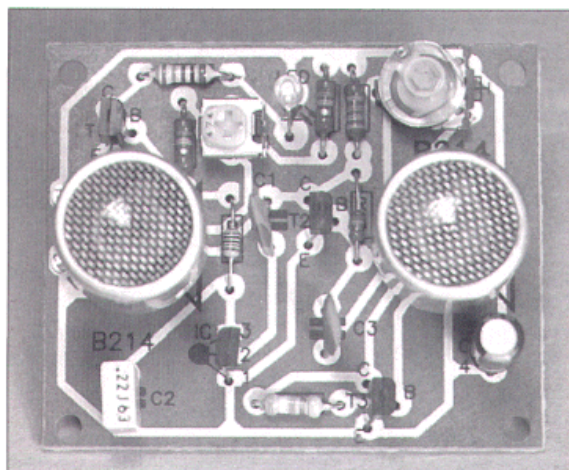


Bild 11: Wer größere Lasten schalten will (z.B. eine Hupe) muß einen zusätzlichen Treibertransistor T4 anschließen.

Bitte beachten Sie, daß unebene und kleine Objekte die Reichweite herabsetzen; die besten Ergebnisse liefern glatte und große Reflektoren.

Wenn Ihnen die Leuchtdiode als Indikator zu unscheinbar ist, können Sie auch größere Lasten schalten, z.B. eine Lampe oder einen akustischen Signalgeber. In diesem Fall müssen Sie ein Relais nachschalten, das über einen zusätzlichen Transistor T4 aktiviert wird (**Bild 11**).

Beim Einbau in ein Gehäuse müssen die Sensoren gegen Körperschall isoliert werden, indem Sie *rundherum* mit mindestens 3 mm Schaumstoff umwickelt werden; selbstverständlich müssen die „vergitterten“ Öffnungen vollkommen frei bleiben.

Bei Verwendung als Einparkhilfe in der Garage sollten die Sensoren in Stoßstangenhöhe montiert werden. ■