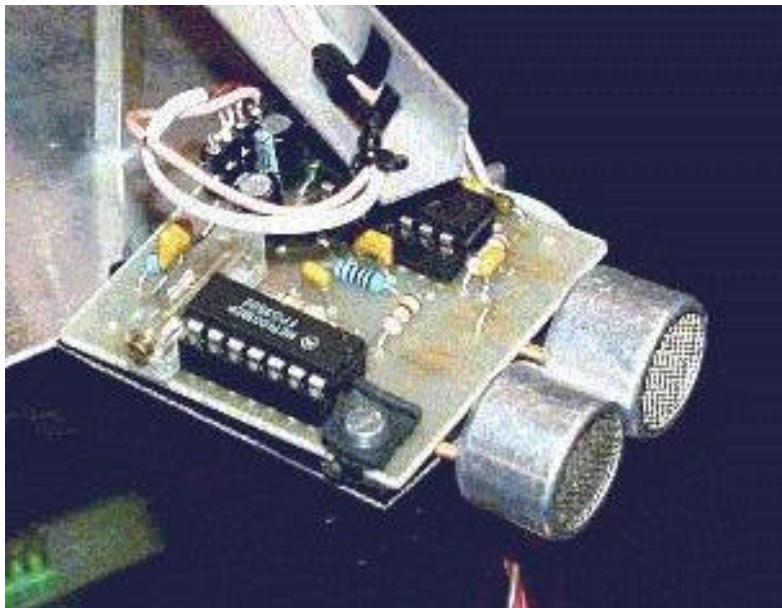


# Ultraschall-Modul

---



## 1 Beschreibung:

Die Entfernungsmessung basiert auf der Laufzeit des Ultraschallsignals vom Sender bis zum Empfänger. Dabei ist die direkte Entfernungsmessung mit zwei räumlich getrennten Wandlern von einer Reflektionsmessung zu unterscheiden. Beide Verfahren bieten ihre Vor- und Nachteile. Die direkte Messung weist eine höhere Reichweite und Zuverlässigkeit auf. Als großer Nachteil ist aber die Notwendigkeit zu sehen, daß am einen Ende der zu messenden Strecke der Sender und am anderen Ende der Empfänger installiert sein muß. Die indirekte Messung ist in ihrer Reichweite und Zuverlässigkeit vor allem vom angepeilten Objekt und dessen Reflektionseigenschaften abhängig.

Die hier vorgestellte Schaltung ist für die Reflektionsmessung ausgelegt, da diese wesentlich mehr Anwendungsmöglichkeiten bietet. Im Layout sind Sender und Empfänger auf einer Platine untergebracht. Würde man diese trennen, so ist die Schaltung natürlich auch für eine direkte Messung verwendbar.

Das Ausgangssignal der Empfängerschaltung stellt nicht direkt die zu messende Entfernung dar, sondern, die Intensität des empfangenen Ultraschallsignals. Die gemessene Entfernung muß mit Hilfe von Zeitverzögerungen zwischen Eingangs und Ausgangssignal ermittelt werden. Die Abbildung 1 soll dies anhand eines Beispiels verdeutlichen.

Für den Zeitraum  $t_1$  (ca. 2,5ms) wird der Ultraschallsender eingeschaltet, die Intensität des empfangenen Signals steigt nach kurzer Zeit an. Dies liegt darin begründet, daß der Empfänger direkt das Schallsignal des Senders detektiert. Dieser "Schmutzeffekt" muß von den Auswertungsalgorithmen beachtet werden.

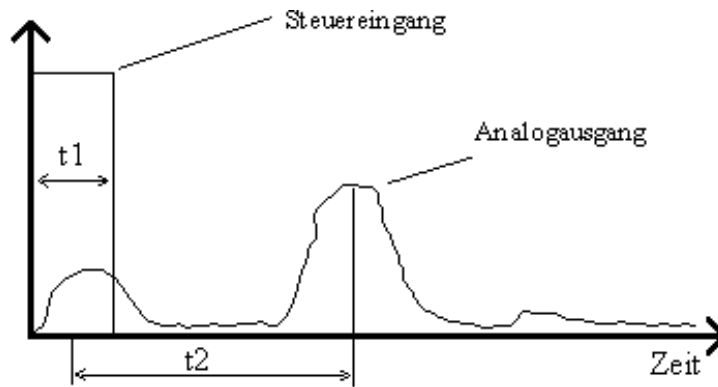


Abb1: typischer Signalverlauf.

Die Zeit  $t_2$  bestimmt sich von der halben Einschaltzeit bis zum Maximum des Intensitätssignals. Diese Zeit ist identisch mit der Laufzeit des Schalls bis zum angepeilten Objekt und zurück zum Empfänger. Nach dem Ausschalten des Senders ist das abgestrahlte Schallpaket noch unterwegs. Nach einer gewissen Zeit nimmt die empfangene Intensität dann schlagartig zu. Die Entfernung ( $S$ ) ergibt sich aus dieser Zeit ( $t_2$ ) und der Schallgeschwindigkeit ( $v_s$ ) im jeweiligen Medium (Luft : 330m/s). Da der Schall die doppelte Strecke zurücklegen muß (Hin- und Rückweg) muß das Ergebnis noch halbiert werden.

$$S \text{ [m]} = (v_s \text{ [m/s]} * t_x \text{ [s]}) / 2$$

Da die Zeiten immer im Bereich von Millisekunden liegen, bietet es sich an, die Formel weiter zu vereinfachen. Für die Luft ergibt sich:

$$S[\text{cm}] = 16 \text{ [cm/ms]} * t_x \text{ [ms]}$$

Damit kann die Berechnung völlig ohne Kommazahlen ausgeführt werden, was für Auswertungen mit einem Mikrocontroller sehr von Vorteil ist. Bei der Auswertung der empfangenen Signale sind aber zwei wichtige Störfaktoren zu beachten:

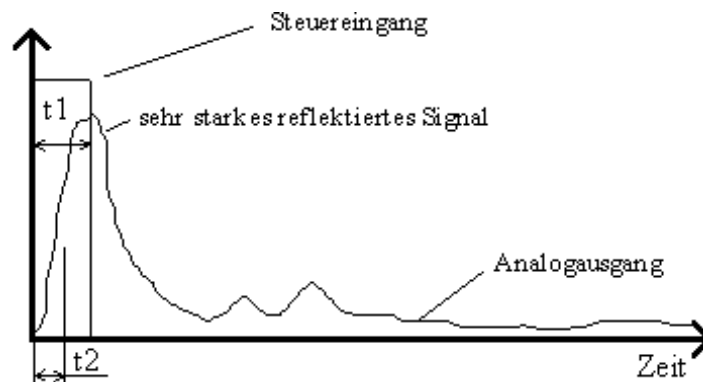


Abb2: Signalverlauf bei sehr nahen Objekten

- Wenn ein Objekt sich sehr dicht vor dem Meßsystem befindet (z.B. 35cm bei  $t_1=2,5\text{ms}$  Schallimpulsen), so kann die Auswertung nicht nach obigen Schema erfolgen (Abb.2). Diese Situation ist für das Meßsystem daran zu erkennen, dass das während den ersten 3-4ms empfangene Signal ungewöhnlich stark ist. In diesem Fall ist es das Beste, die Laufzeit des Schallsignals vom Einschalten des Senders bis zur Hälfte des Maximalpegel zu bestimmen ( $t_2$ ). Hierbei spielt das direkt gekoppelte Signal keine große Rolle mehr und kann vernachlässigt werden.

- Es ist durchaus möglich, daß mehrere Objekte den Schall reflektieren. Dadurch werden mehrere lokale Maxima empfangen (Abb.3). Die Software muß sich entscheiden, wie sie die Informationen auswertet. Sie kann sich einerseits nach dem stärksten Impuls richten, oder den ersten Impuls verwenden, oder mehrere Entfernungen angeben, um zu zeigen, daß es sich nicht um ein eindeutiges Objekt handelt.

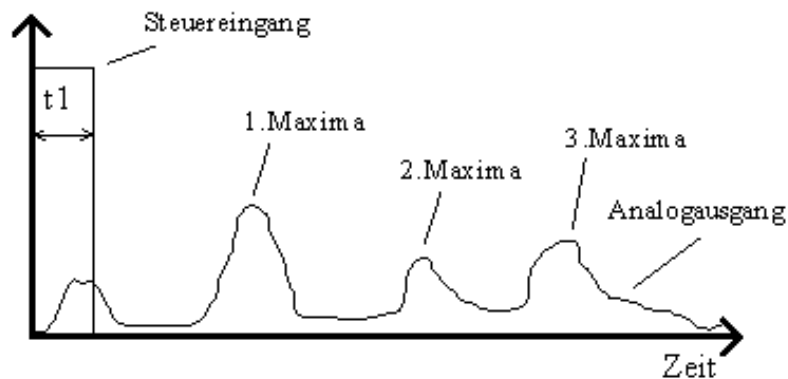


Abb3: mehrfache lokale Maxima bei mehreren Objekten

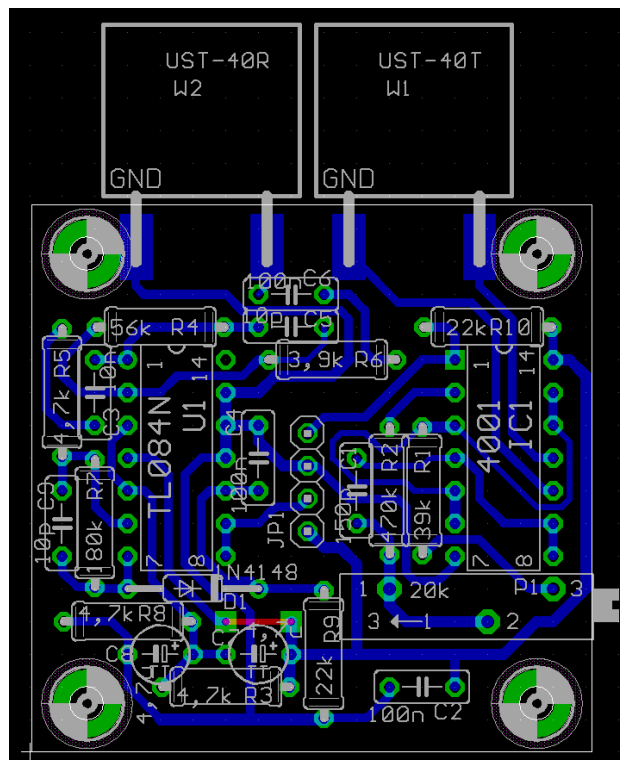
- Aufgrund der Oberfläche und Position des angepeilten Objektes kann die Intensität des angepeilten Objektes sehr stark schwanken. Weiterhin können Mehrfachreflektionen und Schallspiegelungen auftreten.

Aufgrund dieser Probleme ist es sehr zu empfehlen, eine intelligente Signalauswertung zu verwenden. Diese kann aus einem Mikrocontroller bestehen, welcher das Analogsignal mit einer festen Abtastrate digitalisiert und anschließend anhand des Signalverlaufs analysiert. Die somit errechnete Signallaufzeit kann dann sofort in die entsprechende Entfernung umgerechnet werden.

Für einfachste Anwendungen ist auch vorstellbar, daß dem Analogausgang ein Komparator nachgeschaltet wird, der z.B. Low-Pegel liefert wenn die Intensität des empfangenen Signals einen gewissen Wert überschreitet. Wird dieses Signal mit dem Steuersignal dann NOR verknüpft, dann liegen am Ausgang des NOR-Gatters dann High-Impulse mit der Länge der Signallaufzeit, die wiederum von einem Frequenzzähler in der Betriebsart Periodendauermessung gemessen werden können. Allerdings ist diese Methode nicht dazu geeignet, die oben genannten Störfaktoren aufzufangen.

## 2 Schaltung und Layout

Die Abbildung zeigt das Layout und die Bestückung des Ultraschallmoduls. Der Schaltplan kann als gif- oder Eagle-Datei heruntergeladen werden (siehe Dateien). Das Layout ist auf einer einseitigen konventionell bestückten Platine mit nur einer Brücke (rot) untergebracht.



## 2.1 Beschreibung Ultraschallsender

Der Schaltungsteil des Senders besteht aus einem kalibrierbaren Oszillator (IC1) für Frequenzen von etwa 40kHz. Die Schwingfrequenz des Oszillators wird durch den Widerstand (R2+P1) sowie C1 bestimmt. Die genaue Schwingfrequenz kann mit dem Trimmer P1 auf die genaue Resonanzfrequenz des Ultraschallwandlers abgeglichen werden. Die Resonanzfrequenz beträgt bei den angegebenen Typen ca. 40kHz.

## 2.2 Beschreibung Ultraschallempfänger

Die Empfängerschaltung stellt an seinem Ausgang ein Gleichspannungssignal zur Verfügung, daß der Intensität des empfangenen Ultraschallsignals entspricht.

Die vom Ultraschallmikrofon (W2) empfangenen Signale werden zunächst mit Hilfe des Kondensators C6 von niederfrequenten Störsignalen und Gleichspannungsanteilen befreit.

Mit den OPV's U1a und U1b wird eine selektive Verstärkung des Frequenzbereiches um etwa 40kHz realisiert.

Danach wird das 40kHz-Signal mit D1 gleichgerichtet und durch C4 geglättet. Das so gewonnene Gleichspannungssignal stellt den Pegel des empfangenen Signals da. Die Gleichspannung besitzt allerdings einen konstanten Offset von  $U_B/2$ . Dies muß bei der Weiterverarbeitung beachtet werden. Der nachgestaltete OPV IC2c dient nur als Ausgangstreiber, damit das Signal z.B. durch einen nachgeschalteten A/D-Wandler belastet werden kann.

## 2.3 Schaltungsaufbau

Der Aufbau der Schaltung ist unkritisch. Die größte Sorgfalt muß allerdings bei der Anordnung der Ultraschallwandler zueinander aufgewendet werden. Dabei sind folgende Regeln zu beachten:

- Die beiden Wandler dürfen sich nicht berühren.
- Durch eine Berührung der Wandler würde sich das Sendesignal als Körperschall direkt auf den Empfänger übertragen und das reflektierte Signal überlagern.
- Die beiden Wandler müssen nahezu parallel ausgerichtet sein, sollten aber ganz leicht aufeinander zu zeigen.
- Um das vom Hindernis reflektierte Signal möglichst gut empfangen zu können müssen die beiden Wandler leicht aufeinander zu zeigen. Diese Ausrichtung hängt von der angepeilten Entfernung ab und richtet sich allgemein nach der Reichweite. Grob läßt sich sagen, daß die Ausrichtung nicht stärker als ca.3 Grad von der Parallelen abweichen sollte. Sind die Wandler zu stark zu einander geneigt, dann wird der direkt empfangene Schall wieder stärker als das reflektierte Signal. Da die Ausrichtung auch von den verwendeten Wandlern abhängt, sollten ein paar Versuche durchgeführt werden bevor sie endgültig auf die Platine gelötet werden.
- Die Ultraschallwandler sind z.B. bei Conrad-Elektronik oder RS-Components zu erhalten.

## 2.4 Dateien

Der Schaltplan und das Layout wurde mit der Freewareversion des Layoutprogramms EAGLE Version 3.55 von Cadsoft erstellt (Siehe auch Link-Seite).

Folgende Dateien stehen zum Download bereit:

Schaltplan als EAGLE 3.55-Datei:	USMOD.SCH
Schaltplan als gif-Datei:	USMOD.GIF
Bestückungsplan als gif-Datei:	BESTUEK.GIF
Layout als EAGLE 3.55-Datei:	USMOD.BRD
Layout als gif-Datei (spiegelverkehrt; 300dpi):	LAYOUT.GIF

---

Diese Seite wurde am 29. Januar 2001 aktualisiert