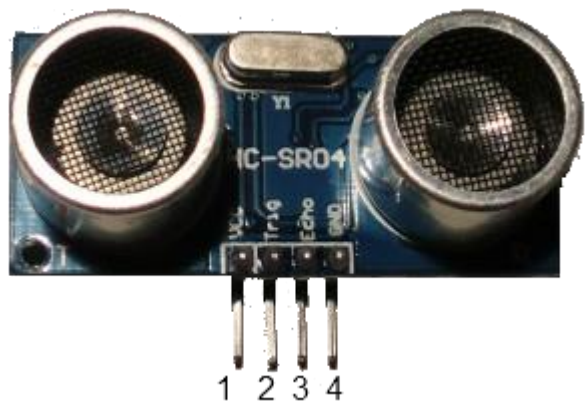


Beschreibung:

Das Ultraschall Modul HC-SR04 eignet sich zur Entfernungsmessung im Bereich zwischen 2cm und ca. 3m mit einer Auflösung von 3mm. Es benötigt nur eine einfache Versorgungsspannung von 5V bei einer Stromaufnahme von <2mA. Nach Triggerung mit einer fallenden Flanke (TTL - Pegel) misst das Modul selbstständig die Entfernung und wandelt diese in ein PWM Signal welches am Ausgang zur Verfügung steht. Ein Messintervall hat eine Dauer von 20ms. Es können also 50 Messungen pro Sekunde durchgeführt werden.

Anwendungsbereiche: Hinderniserkennung, Entfernungsmessung, Füllstandanzeiger, Industrieanwendungen.



Pinbeschreibung:

- 1: VCC, Versorgungsspannung 5V
- 2: Triggereingang, TTL-Pegel
- 3: Echo, Ausgang Messergebnis, TTL-Pegel
- 4: GND, 0V

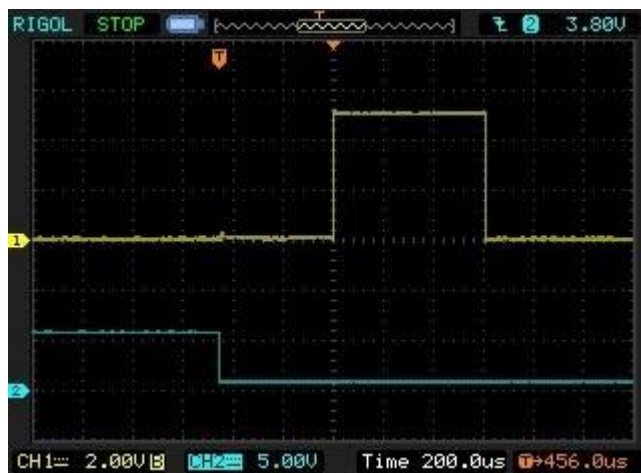
Power Supply	VCC +5V +-10%, GND 0V
Signal Level (Trigger, Echo)	TTL Pegel (L < 1,0V)
messbare Distanz	2 cm - ca. 300 cm
Messintervall	0,3 cm
Messungen pro Sekunde	maximal 50
Abmessungen (l, b, t) mm	45 x 21 x 18

Anwendung:

Das Auslösen eines Messzyklus geschieht durch eine fallende Flanke am Triggereingang (Pin 2) für mindestens 10µs. Das Modul sendet darauf nach ca. 250µs ein 40 kHz Burst-Signal für die Dauer von 200µs. Danach geht der Ausgang (Echo, Pin 3) sofort auf H-Pegel und das Modul wartet auf den Empfang des Echos. Wird dieses detektiert fällt der Ausgang auf L-Pegel. 20ms nach Triggerung kann eine weitere Messung stattfinden. Wird kein Echo detektiert verweilt der Ausgang für insgesamt 200ms auf H-Pegel und zeigt so die erfolglose Messung an. Danach wartet das Modul auf die nächste fallende Flanke am Triggereingang und die Messung beginnt neu. Die besten Messergebnisse ergeben sich bei Reflektion an glatten, ebenen Flächen. Bei Distanzen bis 1m ist das Material der Fläche recht unkritisch. Der Winkel zum Objekt kann bei kurzen Distanzen von unter 1m bis etwa 45° betragen. Auch recht dünne Objekte werden zuverlässig erkannt. Ein normaler Kugelschreiber z.B. lässt sich bis auf eine Distanz von ca. 30cm sicher erfassen. Bei der maximalen Distanz von 3m muss schon genau gezielt werden und es sollten keine anderen Gegenstände in ähnlicher Entfernung im Sendekegel von 15° vorhanden sein.

Single Shot Modus:

Im folgenden ist eine einzelne Messung zu sehen. Kanal 2 ist das Triggersignal, Kanal 1 der Ausgang. Die Laufzeit des Ultraschall-Burst beträgt bei dieser Messung etwa 600µs (200µs/Div). Die angezeigte Zeit von 456µs setzt sich aus dem 250µs Delay nach Triggerung und dem anschließenden 200µs Burst zusammen.



Auswertung der Messung:

Für die Berechnung der Entfernung zum Messobjekt wird nun die Schallgeschwindigkeit in Luft von 343m/S (bei 20°C) herangezogen. 343m/S entsprechen 34,3cm pro Millisekunde (ms). Daraus ergibt sich für dieses Beispiel bei 600µs (0,6ms):

$34,3\text{cm} \times 0,6\text{ms}$ eine Laufstrecke von 20,6cm die das Signal zurückgelegt hat.

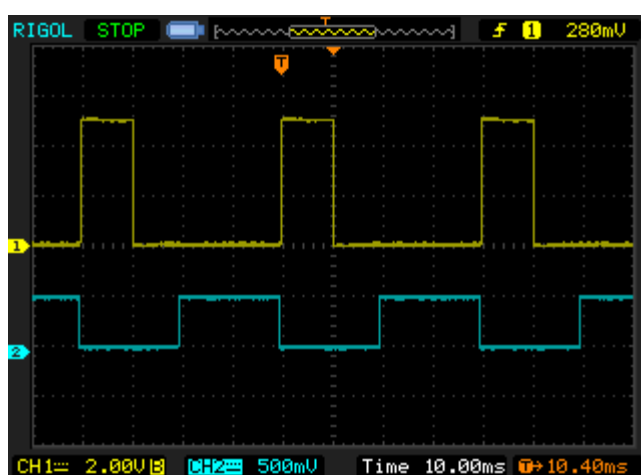
Da es sich um ein Echo handelt wird die Strecke zwei mal durchlaufen, weshalb wir den Wert halbieren müssen.

$20,6\text{cm} / 2 = 10,3\text{cm}$ Abstand zum Messobjekt.

Kontinuierliche Messung:

Es besteht die Möglichkeit eine permanente Messung durchzuführen. Da das Modul auf die fallende Flanke des Triggereingangs reagiert ist es nicht nötig ein kurzes Triggersignal zu erzeugen. Es genügt ein Rechtecksignal mit einer Frequenz kleiner 50Hz (20mS Intervall) an den Triggereingang anzulegen um eine dauernde Messung durchzuführen.

Auf Kanal 2 liegt wieder der Triggereingang, das Rechtecksignal hat eine Frequenz von 25Hz die Amplitude beträgt 5V (Tastkopf 1:10).



Auswertung der Messung:

Bei dieser Messung beträgt das Intervall 40ms was 25 Messungen in der Sekunde entspricht. Das Messobjekt ist ca.180cm entfernt. Das Oszilloskop triggert diesmal auf die steigende Flanke von Kanal 1 und misst die Zeit bis zur Mittellinie. Die gemessene Laufzeit beträgt 10,4ms. Daraus ergibt sich eine Entfernung von:

$10,4\text{ms} \times 34,3\text{cm} / 2 = 178,3\text{cm}$

Eine weitere Messung mit einer Zeitbasis von 1ms/Div um die Messgenauigkeit zu erhöhen (ohne Bild) ergab eine Zeit von 10,56ms was einer Entfernung von 181cm entspricht. Die tatsächliche Entfernung betrug bei dieser Messung 182,5cm was eine Genauigkeit von besser 1% ergibt.

Messgenauigkeit:

Die systembedingte Messgenauigkeit beträgt ca. 3mm und hängt mit der internen Abtastrate des Moduls zusammen. Ein weiterer Faktor ist die Temperaturabhängigkeit der Schallgeschwindigkeit in Luft. Näherungsweise kann man die Schallgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Temperatur im Bereich von -20°C bis +40°C mit folgender Formel berechnen:

$$c_{\text{Luft}} \approx (331,5 + 0,6 \vartheta / ^\circ\text{C}) \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Theta = Umgebungstemperatur in °C

Für 20°C Raumtemperatur ergibt sich also: $c = 331,5 + (0,6 \times 20) = 343,5 \text{ m/s}$.

Die folgende Tabelle enthält einige Werte die rechnerisch für die Laufzeit zu erwarten sind:

Entfernung zum Objekt [cm]	Laufzeit [ms] bei 20°C	Laufzeit [ms] bei 0°C
2	0,117	0,121
10	0,583	0,603
50	2,915	3,017
100	5,831	6,033
200	11,662	12,066
300 (max. Dist.)	17,492	18,100

Es zeigt sich das bei 20°C Temperaturdifferenz ein Fehler von 3,4% entsteht. Bei der Verwendung im Freien und Messung von größeren Distanzen wäre also zu überlegen ob eine Temperaturkompensation sinnvoll ist.