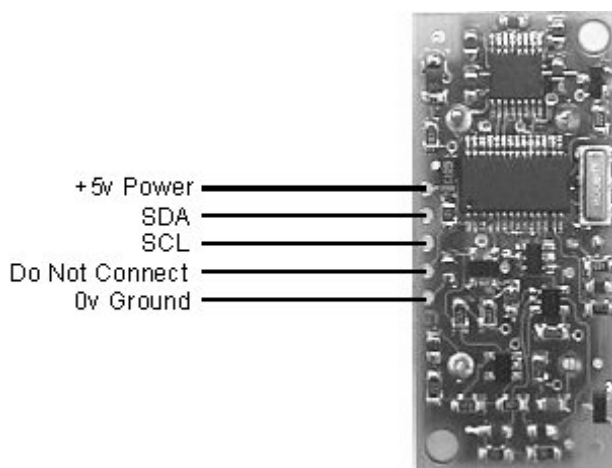


Ultraschall-Modul SRF08

Das Ultraschallmodul SRF08 eignet sich besonders gut für den Einsatz in der Robotertechnik und ist die Weiterentwicklung des erfolgreichen Ultraschallmoduls SRF04. Die Kommunikation mit dem SRF08 Ultraschallsensor erfolgt ausschließlich über den I²C-Bus. Dieser Bus ist verfügbar auf verschiedenen Plattformen wie PICAXE, Basic-Stamp BS2p, C-Control2 und OOPic, sowie auf einem breiten Spektrum von MC's.

Am I²C-Bus verhält sich das Modul ähnlich wie die bekannten 24xx EEPROM's, nur mit anderer Adresse. Die Standardadresse (Lieferzustand) des SRF08 ist 0xE0. Vom Benutzer kann die Adresse auf eine der folgenden 16 Adressen eingestellt werden: E0, E2, E4, E6, E8, EA, EC, EE, F0, F2, F4, F6, F8, FA, FC und FE. Bis zu 16 Ultraschallmodule SRF08 können gleichzeitig an einem I²C-Bus betrieben werden. Zusätzlich zu der eingestellten Adresse antworten alle Module auf die Adresse 0 (Broadcast-Adresse). Das heißt, das ein Messkommando auf die I²C-Adresse 0 (0x00) einen gleichzeitigen Messvorgang an allen angeschlossenen Modulen auslöst. Das ist z.B. sinnvoll für den ANN-Mode (Artificial Neural Network - Neuronales Netz), der weiter unten beschrieben wird. Die Resultate werden dann anschließend einzeln von jeder Moduladresse geholt.

1. Anschlüsse



Der "Do Not Connect" Anschluss dient der werkseitigen Programmierung und sollte unbeschalten bleiben. Die SCL und SDA Leitungen werden einmal auf dem gesamten Bus durch Pull-Up Widerstände abgeschlossen (gewöhnlich am Bus-Master). Das SRF08 arbeitet ausschließlich im Slave-Mode. Normalerweise sind diese Widerstände im System bereits vorhanden.

2. Register

Das SRF08 enthält einen Satz von 36 Registern.

Register	Lesen	Schreiben
0	Software Revision	Befehls-Register
1	Licht Sensor	Verstärkungs-Register
2	1. Echo High Byte	Reichweiten-Register
3	1. Echo Low Byte	-
~~~	~~~	~~~
34	17. Echo High Byte	-
35	17. Echo Low Byte	-

Nur die Register 0, 1 und 2 können beschrieben werden. Register 0 ist das Befehls-Register und wird benutzt um eine Messung zu starten. Wird Register 0 gelesen, so wird die SRF08 Software Version zurückgegeben.

Normalerweise dauert ein Messzyklus 65ms. Durch Schreiben auf das Register 2 (Reichweiten-Register) kann dieser Wert verkürzt werden. Dabei muss meistens auch das Register 3 (Verstärkungs-Register) angepasst werden (siehe unten).

Register 1 (Lesen) enthält den Wert für den Lichtsensor. Dieser Wert wird jedes mal erneuert, wenn eine Weitenmessung durchgeführt wurde. Die Register 2 und 3 enthalten den vorzeichenlosen 16bit Wert der letzten Messung. Dabei steht in Register 2 das höherwertige byte und in Register 3 das niederwertige Byte. Die Bedeutung des Wertes hängt vom Kommando ab (Entfernung in Zoll, cm Schalllaufzeit in  $\mu$ s). Ein Wert Null bedeutet keine Objekte gefunden. Es existieren bis zu 16 weitere Messwerte von entfernteren Objekten (Mehrfachechos).

### 3. Befehle

Befehl (dez/hex)	Aktion
80 / 0x50	Messung auslösen - Ergebnis in Zoll
81 / 0x51	Messung auslösen - Ergebnis in Zentimeter
82 / 0x52	Messung auslösen - Ergebnis in Mikrosekunden
83 / 0x53	ANN Mode - Ergebnis in Zoll
84 / 0x54	ANN Mode - Ergebnis in Zentimeter
85 / 0x55	ANN Mode - Ergebnis in Mikrosekunden
160 / 0xA0	Erstes Byte in Sequenz zur Änderung Moduladresse
170 / 0xAA	Drittes Byte in Sequenz zur Änderung Moduladresse
165 / 0xA5	Zweites Byte in Sequenz zur Änderung Moduladresse

### 4. Normale Weitenmessung:

Es gibt 3 Befehle (80 to 82) um eine Messung zu starten und den Messwert in Zoll, cm oder  $\mu$ s zu bekommen. Nach einer Wartezeit von normalerweise 65ms können die Messwerte aus den Registern ausgelesen werden. Die Messwert-Register werden mit Beginn einer jeden Messung zurückgesetzt. Der erste Messwert steht in Register 2,3 der zweite in Register 4,5, usw. Wenn ein Messwertregister den Wert 0 hat (beide Bytes), dann gibt es keine nachfolgenden Werte mehr. Die Lichtsensor Daten in Register 1 werden ebenfalls nach einer Weitenmessung erneuert.

### 5. ANN Modus:

Der ANN Modus (Artificial Neural Network) wurde implementiert, um die Multi-Echodaten in einer Form aufbereitet zu bekommen, die sich gut für die Auswertung durch künstliche neuronale Netzwerke eignet. Der ANN Modus liefert einen 32 byte Speicherbereich (Register 4 bis einschließlich Register 35) wobei jedes Byte einen Bereich von 2048 $\mu$ s (von insgesamt 65536 $\mu$ s) repräsentiert. Jeder der 32 Bereiche von je 2048 $\mu$ s entsprechen dabei einem Äquivalent von 352mm.

Wenn ein Echo in dem jeweiligen Zeitbereich eintrifft, dann wird das zugeordnete Byte auf

einen Wert ungleich 0 gesetzt, anderenfalls bleibt es 0. Wenn z.B. ein Echo von einem Objekt in einer Entfernung innerhalb der ersten 352mm empfangen wird, so wird Register 4 auf ungleich 0 gesetzt. Wird ein 3m entferntes Objekt erkannt, so wird Register 12 gesetzt ( $3000/352 = 8$ ) ( $8+4=12$ ).

Diese Form der Datenpräsentation soll die Weiterverarbeitung in einem neuronalen Netz vereinfachen.

Register 4	Register 5	Register 6	Register 7	Register 8 - 35
0 - 352mm	353 - 705mm	706 - 1057mm	1058 - 1410mm	usw.

Register 2,3 enthalten die Entfernung zum ersten erkannten Objekt in Zoll, cm or  $\mu$ s entsprechend dem geschriebenen Kommando.

## 6. Überprüfung auf Beendigung der Messung:

Es ist nicht unbedingt notwendig, im Controller der Applikation einen Timer vorzusehen, um auf die Beendigung des Messvorganges zu warten.

Das SRF08 Modul wartet mit einer I²C Aktivität generell bis zum Ende der Messung. Ist der Messvorgang noch aktiv, erhält man (wenn man z.B. die Software Version in Register 0 liest) den Wert 255 (0xFF). Das resultiert aus dem Pull-Up Widerstand auf der I2C Datenleitung (SDA) sofern kein Treiber aktiv ist. Sobald die Messung beendet ist, antwortet das SRF08 auf dem I²C-Bus wieder, so dass der Wert im Register 0 auf jeden Fall nicht mehr 255 (0xFF) beträgt. Dann sind alle Werte gültig und der Controller kann mit dem Auslesen beginnen. Damit ist der Controller in der Lage, während einer Messung mit dem SRF08 auch andere Aufgaben zu erledigen.

## 7. Einstellung der Reichweite:

Die maximale Reichweite des SRF08 wird durch einen internen Timer bestimmt.

Standardmäßig ist dieser Timer auf einen Wert von 65ms eingestellt, das entspricht einer Reichweite von 11m. Das ist viel mehr, als das Modul durch seine Hardware aktuell erreichen kann (6m). Es besteht die Möglichkeit die Zeit zu verringern, die das Modul auf ein Echo wartet und damit die maximale Reichweite einzugrenzen.

Die Reichweite wird durch den Wert in Register 2 in Schritten von 43mm (0.043m oder 1.68 Zoll) bis (theoretisch) 11 Meter festgelegt.

Die Reichweite ergibt sich aus  $((\text{Reichweiten Register} \times 43\text{mm}) + 43\text{mm})$  somit bewirkt der Wert 0 (0x00) im Reichweiten Register eine max. Reichweite von 43mm. Ein Wert von 1 (0x01) ergibt eine max. Reichweite von 86mm. Etwas praktischer, 24 (0x18) ergibt eine Reichweite von max. 1m und 140 (0x8C) max. 6m. Ein Wert von 255 (0xFF) im Register 2 ergibt den Standardwert von 11m ( $255 \times 43 + 43$  is 11008mm). Eine Reduzierung der Reichweite ist sinnvoll um die Messfrequenz (Anzahl der Messungen / Sekunde) des SRF08 zu erhöhen.

Wenn es darum geht, die Messwerte etwas eher zu bekommen und die Messfrequenz nicht zu erhöhen (Messung alle 65ms oder länger), dann reicht es diesen Wert zu verändern.

Soll jedoch mit einer höheren Messfrequenz gearbeitet werden, so muss zusätzlich noch die Verstärkung herabgesetzt werden (siehe nächstes Kapitel).

Die Reichweite wird beim nächsten Einschalten auf das Maximum gesetzt (255), so das es zweckmäßig ist, die Sequenz als Teil der Systeminitialisierung aufzurufen.

## 8. Analog-Verstärkung (Eingangsempfindlichkeit)

Das Register 1 (Verstärkungs Register) bestimmt die maximale Verstärkung der analogen Eingangsstufen des Moduls. Während einer Messung startet die Analogverstärkung mit einem Minimalwert von 94. Dieser Wert wird ca. alle 70µs erhöht bis zum eingestellten Maximalwert. Der mögliche Maximalwert (1025) wird nach einer Signallaufzeit entsprechend einer Entfernung von 390mm erreicht.

Die max. Verstärkung sollte begrenzt werden, wenn sich diese nachteilig auf das Messergebnis auswirkt. Das kann in geschlossenen Räumen sein, wo durch vagabundierende Echos Fehlmessungen entstehen können. Auch wenn öfters als alle 65ms eine Messung durchgeführt werden soll, muss die Empfindlichkeit herabgesetzt werden. Eine neue Messung kann hier schon aktiv sein während von einer älteren Messung noch Echos empfangen werden. Um diese Fehldeutung zu vermeiden, muss die Verstärkung soweit reduziert werden bis nur noch die interessanten (kurzen) Echos empfangen werden. Der Wert für die maximale Verstärkung wird im RAM des Moduls abgelegt, so dass ein Neueinschalten des Moduls wieder den max. Wert einstellt. Auch hier ist es sinnvoll den Code für die Einstellung in einer Initialisierungsroutine abzulegen.

Anmerkung: Im ANN Modus, wird der Wert für die max. Verstärkung automatisch gesetzt.

Verstärkungs-Register (1)	Max. Verstärkung	Verstärkungs-Register (1)	Max. Verstärkung	Verstärkungs-Register (1)	Max. Verstärkung
0 / 0x00	94	11 / 0x0B	139	22 / 0x16	265
1 / 0x01	97	12 / 0x0C	145	23 / 0x17	288
2 / 0x02	100	13 / 0x0D	152	24 / 0x18	317
3 / 0x03	103	14 / 0x0E	159	25 / 0x18	352
4 / 0x04	107	15 / 0x0F	168	26 / 0x20	395
5 / 0x05	110	16 / 0x10	177	27 / 0x21	450
6 / 0x06	114	17 / 0x11	187	28 / 0x22	524
7 / 0x07	118	18 / 0x12	199	29 / 0x23	626
8 / 0x08	123	19 / 0x13	212	30 / 0x24	777
9 / 0x09	128	20 / 0x14	227	31 / 0x25	1025
10 / 0x0A	133	21 / 0x15	245		

Der Zusammenhang zwischen Verstärkungs Register und eingestelltem Wert ist nicht linear. Auch gibt es keine „magische Formel“ um den zu einer Reichweite gehörenden max. Verstärkungswert zu bekommen. Es hängt von der Größe, Form und Materialbeschaffenheit der Objekte und der sonstigen Gegenstände im Raum ab. Durch Probieren lässt sich aber in kurzer Zeit ein brauchbarer Wert finden. Die Verstärkung muss solange reduziert werden, bis man nur noch die interessierenden Objekte misst.

## 9. Lichtsensor

Das SRF08 Modul hat einen eingebauten Lichtsensor (LDR). Der Wert im Register 1 wird immer nach einer Entfernungsmessung aktualisiert. (Die A/D Wandlung wird kurz vor dem Aussenden des Ultraschall-Bursts vorgenommen, während sich der +/-10V Wandler

stabilisiert). Je größer die Helligkeit, desto höher wird auch der ausgelesene Wert sein. Bei absoluter Dunkelheit geht der Messwert auf ca. 2-3 zurück und in hellem Licht steigt er auf 248 (0xF8) an.

## 10.LED

Die rote LED wird benutzt um nach dem Einschalten einen Code für die I²C Adresse anzuzeigen (siehe unten). Weiterhin blitzt die LED bei jedem Ultraschall-Burst kurz auf.

## 11.Wechseln der I²C Bus Adresse

Um die I²C Adresse des Moduls zu wechseln, darf nur ein SRF08 Modul am Bus angeschlossen sein. Es muss eine 3Byte Sequenz (0xA0, 0xAA, 0xA5) in der richtigen Reihenfolge, gefolgt von der neuen Adresse gesendet werden.

Beispiel: Um die Adresse eines Moduls mit der Standard-Lieferadresse 0xE0 auf 0xF2 zu ändern muss die Sequenz 0xA0, 0xAA, 0xA5, 0xF2 an die Adresse 0xE0 gesendet werden. Die Sequenz muss an das Register 0 geschickt werden, das bedeutet 4 separate Schreibaktionen auf dem I²C Bus. Eine Pause von 50ms zwischen jedem Byte muss eingehalten werden. Anschließend sollte das Modul mit der neuen Adresse durch einen Aufkleber o.ä. gekennzeichnet werden.

Falls die Adresse doch einmal verloren gehen sollte, bei jedem Einschalten wird diese durch eine Blinkkombination auf der roten LED ausgegeben.

Ein langes Blinken gefolgt von kurzen Blinkimpulsen beschreibt laut Tabelle die gesetzte Adresse. Die Ausgabe der LED bricht sofort ab, wenn ein Kommando über I²C an das Modul gesendet wird.

Adresse	Langes Blinken	Kurzes Blinken	Adresse	Langes Blinken	Kurzes Blinken
224 / E0	1	0	240 / F0	1	8
226 / E2	1	1	242 / F2	1	9
228 / E4	1	2	244 / F4	1	10
230 / E6	1	3	246 / F6	1	11
232 / E8	1	4	248 / F8	1	12
234 / EA	1	5	250 / FA	1	13
236 / EC	1	6	252 / FC	1	14
238 / EE	1	7	254 / FE	1	15

Es ist sehr wichtig, das nicht mehrere Module an einem Bus die gleiche I²C-Adresse nutzen, die Ergebnisse wären unbestimmt und nicht vorhersagbar.

## 12.Stromverbrauch:

Der durchschnittliche Stromverbrauch beträgt ca. 15mA während des Messens, und 3mA in Bereitschaft. Die Module gehen automatisch nach einer Messung in Bereitschaft und warten auf ein neues Kommando auf dem I²C bus.

Funktion	Strom	Dauer
Mess-Kommando empfangen - Power on	275mA	3µs
+/-10V Wandler Stabilisierung	25mA	600µs
8 Zyklen einer 40kHz US-Schwingung	40mA	200µs
Messen - warten auf Echos	11mA	65ms max
Bereitschaft	3mA	unbestimmt

### 13. Technische Daten:

Betriebsspannung	5V (stabilisiert)
Stromaufnahme	3mA Standby, ca. 15mA Messvorgang, kurze Spitze bis 275mA
Frequenz	40KHz
Reichweite	3cm - 6 m
Auflösung	1 cm (bei manueller Umrechnung auch höher)
Empfindlichkeit	Erkennt 3cm Besenstiel in 2,4 m Entfernung
Interface	I ² C
Abmessungen	43mm x 20mm x 17mm

### **14. Hinweise zur beschränkten Garantie und Haftung sowie zur bestimmungsgemäßen Verwendung**

roboter-teile.de übernimmt keine Garantie dafür, dass die Leistungsmerkmale individuellen Ansprüchen genügen.

Die Gewährleistung von roboter-teile.de beschränkt sich ausschließlich auf den Austausch des Moduls/Bauteils innerhalb der Garantiezeit bei offensichtlichen Defekten an dem Modul/Bauteil.

Auf Fehler, die am Modul/Bauteil durch Betrieb außerhalb der technischen Spezifikationen (z.B. Fehlanschluss, falsche Betriebsspannung, Spannungsspitzen) entstehen, kann keine Gewährleistung übernommen werden.

Es besteht keine Haftung für Schäden, die unmittelbar durch oder in Folge der Anwendung des Moduls entstehen. Unberührt davon bleiben Ansprüche, die auf den gesetzlichen Vorschriften zur Produkthaftung beruhen.

Das Modul/Bauteil kann in beliebige technische Systeme integriert werden, die nicht direkt oder indirekt medizinischen, gesundheits- oder lebenssichernden Zwecken dienen oder durch deren Betrieb Gefahr für Personen oder Sachwerte entstehen können. Sollen diese Geräte in einem derartigen System eingesetzt werden, muss der Kunde für die notwendigen Tests und Zulassungen selbst aufkommen. roboter-teile.de übernimmt in diesem Fall keinerlei Haftung für Personen- oder Sachschäden.

roboter-teile.de  
Jörg Pohl  
Baluschkstr. 9  
01159 Dresden

<http://www.robote-teile.de>  
[joerg@robote-teile.de](mailto:joerg@robote-teile.de)