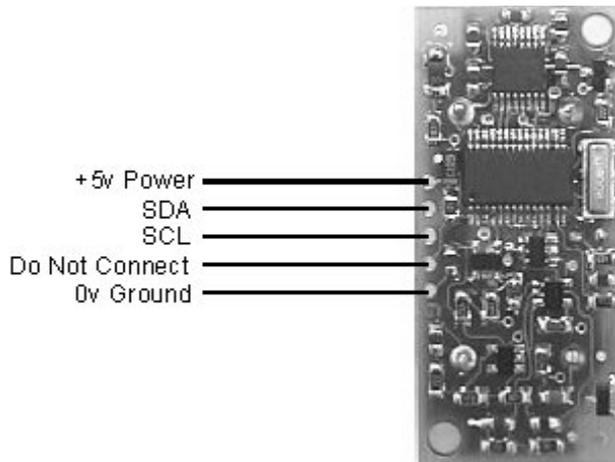


Ultraschall-Modul SRF08

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 mit dem I²C-Bus. Dieser Bus ist verfügbar auf verschiedenen Plattformen wie OOPic, Basic-Stamp BS2p und C-Control2, 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 is 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 einzeln von jeder Moduladresse geholt.

1. Anschlüsse



Der "Do Not Connect" Anschluss sollte unbeschalten bleiben. Die SCL und SDA Leitungen sollten einmal auf dem gesamten Bus durch Pull-Up Widerstände abgeschlossen werden (meistens am Bus-Master). Das SRF08 arbeitet ausschließlich im Slave-Mode. Normalerweise sind diese Widerstände 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. Kommandos

Kommando	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
165 / 0xA5	Drittes Byte in Sequenz zur Änderung Moduladresse
170 / 0xAA	Zweites Byte in Sequenz zur Änderung Moduladresse

Normale Weitenmessung:

Es gibt 3 Kommandos (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.

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

den Wert 1 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 1 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.

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.

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). Es gibt eigentlich 2 Gründe die Reichweite zu verringern:

1. Um die Entfernungsinformation schneller zu bekommen
2. 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 definitiv die Verstärkung herabgesetzt werden.

Die Einstellung der Reichweite ist aktiv bis zum nächsten Einschalten, so ist es

zweckmäßig die Sequenz als Teil der Systeminitialisierung aufzurufen.

#### 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 max. mögliche Maximalwert (1025) wird erreicht nach einer Signallaufzeit entsprechend einer Entfernung von 390mm.

Der Zweck der Begrenzung der max. Verstärkung ist die Möglichkeit öfters als alle 65ms eine Messung durchzuführen.

Weil die Reichweite stark eingegrenzt werden kann und damit eine hohe Messfolge möglich ist (siehe oben Einstellung max. Reichweite), kann eine neue Messung 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.

Sofern man nicht öfters als 65ms messen möchte, kann man den Wert ignorieren.

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

<b>Verstärkungs Register</b>	<b>Maximale Analog-Verstärkung (Eingangsempfindlichkeit)</b>
0 / 0x00	Setze maximale Verstärkung auf 94
1 / 0x01	Setze maximale Verstärkung auf 97
2 / 0x02	Setze maximale Verstärkung auf 100
3 / 0x03	Setze maximale Verstärkung auf 103
4 / 0x04	Setze maximale Verstärkung auf 107
5 / 0x05	Setze maximale Verstärkung auf 110
6 / 0x06	Setze maximale Verstärkung auf 114
7 / 0x07	Setze maximale Verstärkung auf 118
8 / 0x08	Setze maximale Verstärkung auf 123
9 / 0x09	Setze maximale Verstärkung auf 128
10 / 0x0A	Setze maximale Verstärkung auf 133
11 / 0x0B	Setze maximale Verstärkung auf 139
12 / 0x0C	Setze maximale Verstärkung auf 145
13 / 0x0D	Setze maximale Verstärkung auf 152
14 / 0x0E	Setze maximale Verstärkung auf 159
15 / 0x0F	Setze maximale Verstärkung auf 168
16 / 0x10	Setze maximale Verstärkung auf 177
17 / 0x11	Setze maximale Verstärkung auf 187
18 / 0x12	Setze maximale Verstärkung auf 199

<b>Verstärkungs Register</b>	<b>Maximale Analog-Verstärkung (Eingangsempfindlichkeit)</b>
19 / 0x13	Setze maximale Verstärkung auf 212
20 / 0x14	Setze maximale Verstärkung auf 227
21 / 0x15	Setze maximale Verstärkung auf 245
22 / 0x16	Setze maximale Verstärkung auf 265
23 / 0x17	Setze maximale Verstärkung auf 288
24 / 0x18	Setze maximale Verstärkung auf 317
25 / 0x18	Setze maximale Verstärkung auf 352
26 / 0x20	Setze maximale Verstärkung auf 395
27 / 0x21	Setze maximale Verstärkung auf 450
28 / 0x22	Setze maximale Verstärkung auf 524
29 / 0x23	Setze maximale Verstärkung auf 626
30 / 0x24	Setze maximale Verstärkung auf 777
31 / 0x25	Setze maximale Verstärkung auf 1025

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.

#### Lichtsensord

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 höher die Helligkeit, desto höher wird auch der ausgelesene Wert sein. Der Wert sollte zurückgehen auf ca. 2-3 in absoluter Dunkelheit und in hellem Licht auf 248 (0xF8) steigen.

#### LED

Die rote LED wird benutzt um nach dem Einschalten einen Code für die I²C Adresse anzuzeigen (siehe unten). Weiterhin gibt es einen kurzen Blitz bei jedem Ultraschall-Burst.

#### Wechseln der I²C Bus Adresse

Um die I²C Adresse des Moduls zu wechseln, darf nur ein SRF08 Modul am Bus angeschlossen sein. Es muss die 3Byte Sequenz 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. 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, dass nicht mehrere Module gleichzeitig die gleiche I²C-Adresse nutzen, die Ergebnisse wären unbestimmt und nicht vorhersagbar.

Stromverbrauch:

Der durchschnittliche Stromverbrauch beträgt ca. 12mA 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