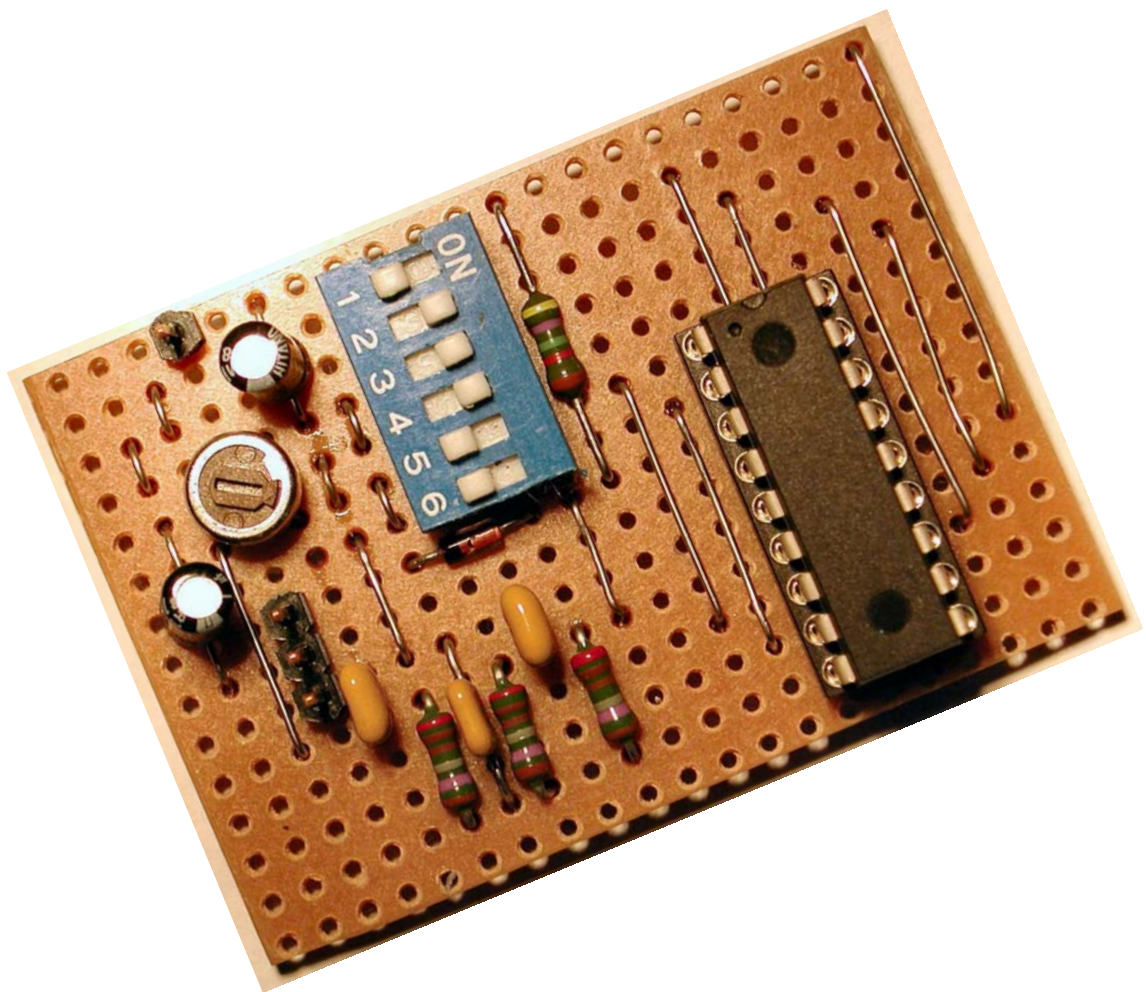


# EL-4

## CTCSS-Encoder



### Funktionsbeschreibung und Bauanleitung

Version 1.0b

16. Oktober 2008

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	3
2	Funktion .....	3
2.1	Pulsbreitenmodulation.....	3
2.2	Pulsbreitendemodulation.....	4
3	Schaltung .....	4
4	Aufbau.....	5
5	Einbau .....	6
6	Betrieb.....	7
7	Spezielle Ausführungen .....	8
7.1	Sonderprogrammierung .....	8
8	Notizen .....	8

# 1 Einleitung

Viele Funkamateure nutzen noch ältere 2-m- oder 70-cm-Funkgeräte, die zwar nicht die für den Verkehr über Relaisfunkstellen immer öfter erforderlichen Subtöne erzeugen können, von denen sie sich aber auch nicht trennen möchten. Wir zeigen eine Variante, wie Sie ihr lieb gewonnenes Gerät für die neue Betriebstechnik fit machen können und so der Subton-Squelch von Relaisfunkstellen geöffnet werden kann.

Seit einiger Zeit werden nicht nur in der Schweiz mehr und mehr Relaisfunkstellen für das Subton-Squelch-Verfahren (CTCSS, Continuous Tone Coded Squelch System) umgerüstet. Der Grund liegt darin, dass vermehrt starke Störungen, die z.B. durch Computerkassen oder Webcamsysteme erzeugt werden, an ihren Standorten auftreten. Die trägergetasteten Repeater wurden durch sie dauernd auf Senden gehalten. Das CTCSS-Verfahren vermeidet durch den gleichzeitig zur Sprache auszusendenden Ton, dass Träger ohne Subtonmodulation die Repeater auftasten können.

Viele ältere Geräte und solche, die speziell für den europäischen Markt hergestellt worden sind, besitzen lediglich die Möglichkeit, einen 1750-Hz-Rufton auszugeben. Die CTCSS-Funktion, die in Nordamerika sehr verbreitet ist, fehlt oft.

## 2 Funktion

### 2.1 Pulsbreitenmodulation

Damit sowohl die Schaltung und als auch die Abläufe des Mikrocontrollerprogramms besser zu verstehen sind, möchte ich kurz an einem Beispiel erläutern, was Pulsbreitenmodulation (Puls Width Modulation, PWM) ist. Wenn wir ein beliebiges analoges Signal in Pulsbreitenmodulierte Impulse verwandeln wollen, geht das am einfachsten mit einem Komparator. Ich will dies an dem Beispiel in Abbildung 1 zeigen: Am ersten Eingang des Komparators liegt ein Dreieckssignal (grün) mit konstanter Frequenz, hier 2 kHz, an. Das analoge Signal, hier ein Sinus (rot), wird über den zweiten Eingang des Komparators eingespeist. Ist der Pegel des analogen Signals grösser als der des Dreieckssignals, dann beträgt die Ausgangsspannung des Komparators 1 V, ansonsten  $-1$  V. Das Ausgangssignal des Komparators ist das PWM-Signal (blau). Für den CTCSS-Tongenerator wollen wir Sinussignale mit vordefinierten Frequenzen generieren. In meiner Schaltung erzeugt ein Mikrocontroller ein solches PWM-Signal, das mit einem Sinus der gewünschten CTCSS-Frequenz, z.B. 88,5 Hz, moduliert ist. Der Vorteil dieser Methode ist, dass nur ein einziger Ausgang am Controller benötigt wird und man ohne D/A Umsetzung auskommt.

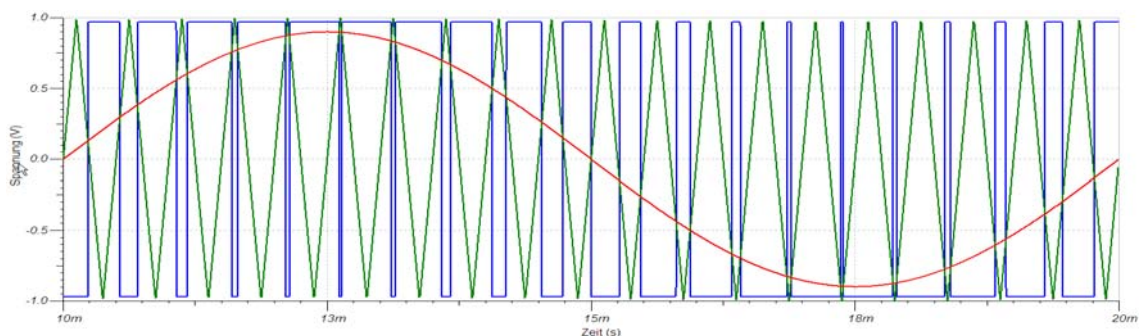


Abbildung 1

## 2.2 Pulsbreitendemodulation

Damit wir das gewünschte analoge Signal aus den PWM-Impulsen wieder zurückgewinnen können, muss das PWM-Signal demoduliert werden. Durch Mittelwertbildung mit einem Tiefpassfilter kann das analoge Nutzsignal wieder aus dem PWM-Signal gewonnen werden. Die Schaltung für unsere Anwendung enthält ein dreistufiges RC-Tiefpassfilter. Dass dies auch tatsächlich funktioniert, will ich anhand des im Abschnitt vorher generierten 2-kHz-PWM-Signals zeigen. Das Beispiel in Abbildung 2 zeigt das PWM-Signal (blau) und jeweils die Signale nach der ersten (rot), der zweiten (grün) und der dritten RC-Tiefpassfilterstufe (schwarz). Das rote dargestellte Signal zeigt noch deutlich die Lade- und Entlade-Phasen des ersten Kondensators. Bereits nach der zweiten Filterstufe sieht das Signal unserem ursprünglichen Sinus recht ähnlich.

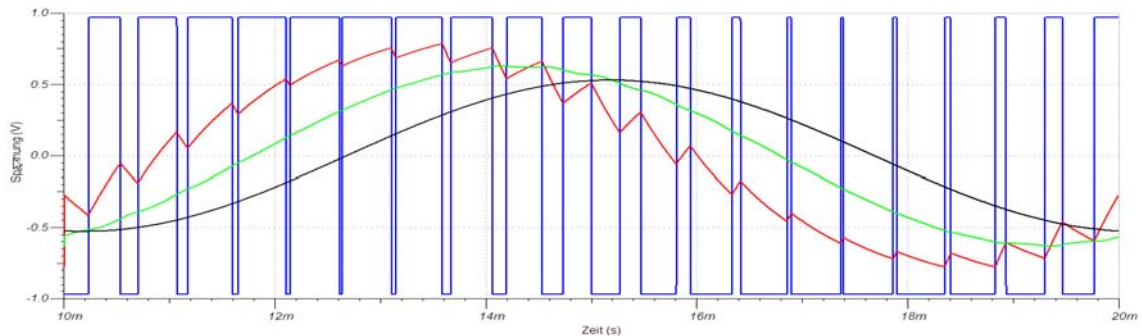


Abbildung 2

## 3 Schaltung

Die Schaltung besteht aus einem Mikrocontroller (PIC), welcher rechteckförmige, pulsbreitenmodulierte Impulse generiert. Ein Tiefpassfilter demoduliert das gewünschte Sinussignal. Mit dem Trimmerpotentiometer lässt sich der Signalpegel auf einen Hub von maximal  $\pm 250$  Hz einstellen.

Über 6 DIL-Schalter können maximal 64 verschiedene Frequenzen eingestellt werden (von 33,0 Hz bis 254,1 Hz, siehe Kapitel 6).

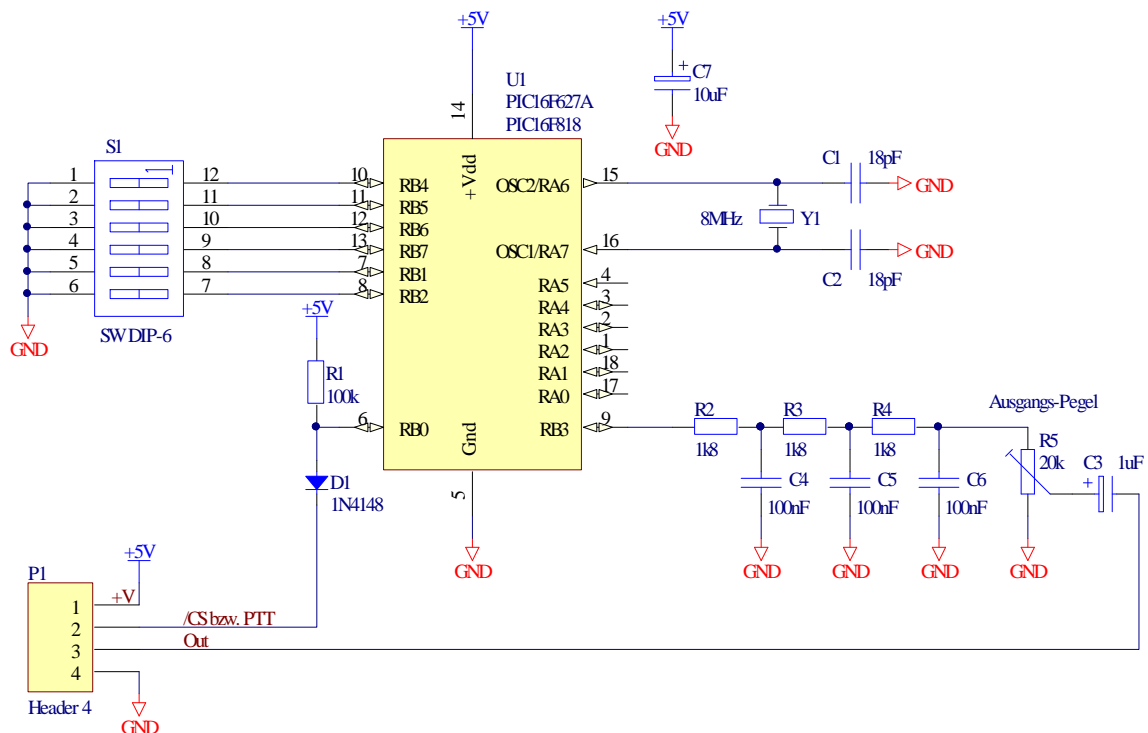


Abbildung 3

## 4 Aufbau

Zum Aufbau der Schaltung habe ich eine Methode gewählt, welche wohl bei vielen ein Lächeln hervorrufen wird. Die Streifenleiterplatte (Veroboard) ist fast in Vergessenheit geraten, und doch sind diese Lochplatten für eine einfache Schaltung wie diese genau richtig. Ein PC-Programm<sup>1</sup> erleichtert das Entwerfen und macht den Aufbau nachbausicher.

Zuerst werden auf der Lochrasterplatte die Leiterbahnen gemäss Abbildung 5 mit einem kleinen Fräser durchtrennt. Eventuell können mit einem Ohmmeter oder Durchgangsprüfer die Trennstellen getestet werden.

Anschliessend lötet man die Bauteile in der Reihenfolge der Bauhöhe; d.h. Lötbrücken, Widerstände, Diode, Kondensatoren usw. ein.

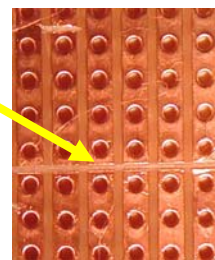


Abbildung 4

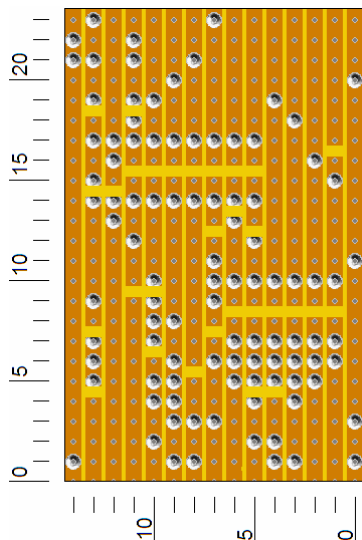


Abbildung 5

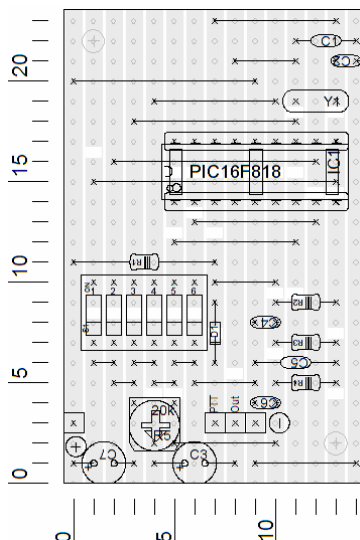


Abbildung 6

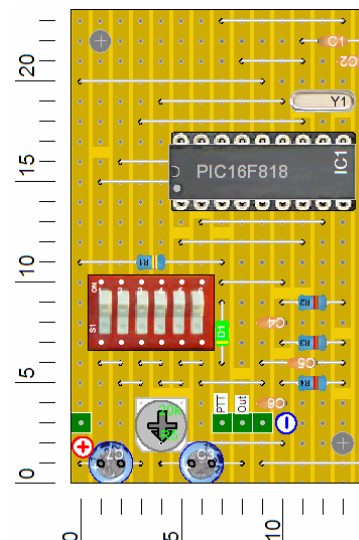


Abbildung 7

### Stückliste:

C1	Keramik RM2,5, 15pF
C2	Keramik RM2,5, 15pF
C3	Elko 5,5mm, 1uF / 50V
C4	Keramik RM2,5, 100nF
C5	Keramik RM2,5, 100nF
C6	Keramik RM2,5, 100nF
C7	Elko 5,5mm, 10uF /16V
D1	1N4148 100V/0,2A
R1	Widerstand, 100 KOhm
R2	Widerstand, 1,8 KOhm
R3	Widerstand, 1,8 KOhm
R4	Widerstand, 1,8 KOhm
R5	Trimmer, 20k
IC1	DIL18, PIC16F627A-I/P oder PIC16F818-I/P
SC1	Fassung DIL18
S1	DIL-Mehrfachschalter, 6-fach
Y1	Quarz 8MHz, HC49
P1	Stiftleiste, 3-polig
P1a	Stiftleiste, 1-polig Platine 38x60 mm <sup>2</sup>

### Drahtbrücken:

(1/9)	(1/14)	Draht Lochabstand 5; L = 12.7 mm
(2/5)	(2/10)	Draht Lochabstand 5; L = 12.7 mm
(5/3)	(5/2)	Draht Lochabstand 1; L = 2.54 mm
(5/5)	(5/4)	Draht Lochabstand 1; L = 2.54 mm
(5/9)	(5/6)	Draht Lochabstand 3; L = 7.62 mm
(6/2)	(6/1)	Draht Lochabstand 1; L = 2.54 mm
(6/4)	(6/3)	Draht Lochabstand 1; L = 2.54 mm
(6/6)	(6/5)	Draht Lochabstand 1; L = 2.54 mm
(10/7)	(10/10)	Draht Lochabstand 3; L = 7.62 mm
(12/11)	(12/5)	Draht Lochabstand 6; L = 15.24 mm
(13/12)	(13/6)	Draht Lochabstand 6; L = 15.24 mm
(15/13)	(15/1)	Draht Lochabstand 12; L = 30.48 mm
(16/2)	(16/12)	Draht Lochabstand 10; L = 25.4 mm
(18/3)	(18/11)	Draht Lochabstand 8; L = 20.32 mm
(19/4)	(19/10)	Draht Lochabstand 6; L = 15.24 mm
(20/9)	(20/0)	Draht Lochabstand 9; L = 22.86 mm
(21/8)	(21/11)	Draht Lochabstand 3; L = 7.62 mm
(23/7)	(23/13)	Draht Lochabstand 6; L = 15.24 mm

<sup>1</sup> PC-Programm "Loch Master", <http://www.abacom-online.de/html/lochmaster.html>

## 5 Einbau

Die Schaltung besteht aus einem Mikrocontroller (PIC), der rechteckförmige, pulsbreitenmodulierte Impulse generiert. Ein nachgeschaltetes Tiefpassfilter demoduliert das gewünschte Sinussignal. Das Modul benötigt eine Gleichspannung von 5 V. Meistens ist diese Spannung im Funkgerät vorhanden. Die zusätzlich ca. 3 mA bringt in der Regel jedes Gerät ohne Probleme auf.

Die Abbildung 8 zeigt die Anschlusspunkte des Moduls.

**Achtung: Für die Speisung besteht kein Verpolungsschutz, Spannung max. 5V!**

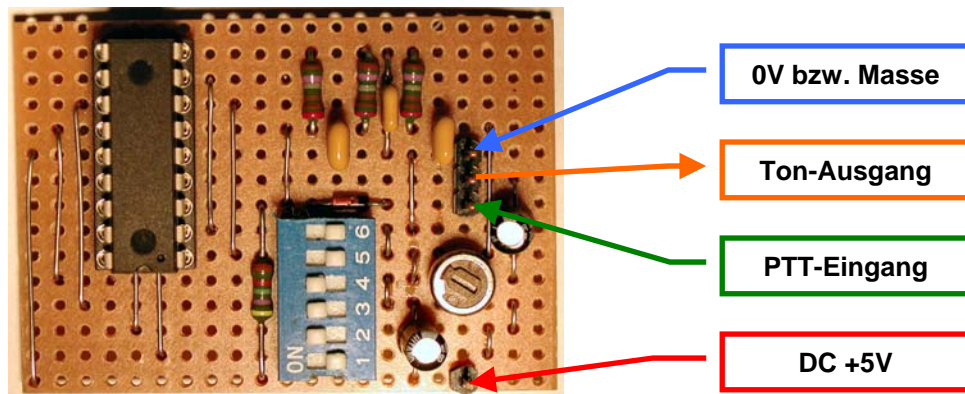


Abbildung 8

Der CTCSS-Tonausgang des Moduls wird nach dem Mikrofonverstärker mit dem FM-Modulator, eventuell über einen Widerstand, verbunden. Viele Geräte sind bereits für CTCSS vorbereitet. Dann gestaltet sich der Einbau sehr einfach. Für den Tonausgang muss ein abgeschirmtes einadriges Kabel verwendet werden.

Als Beispiel in Abbildung 9 die Toneinspeisung aus einem Gerät von ICON. Der Ton wird über einen Widerstand ( $R271 = 10k\Omega$ ) bei der Kapazitätsdiode eingespeist, mit welcher der Quarzoszillator FM moduliert wird.

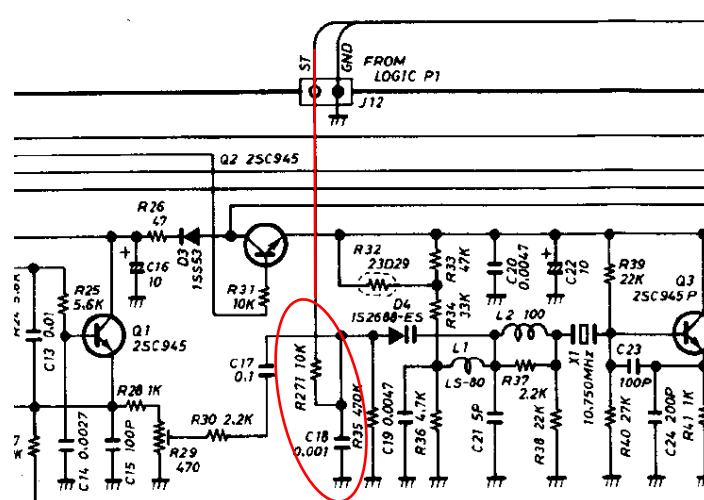


Abbildung 9

Der PTT-Eingang des CTCSS-Tongenerators ist Low-aktiv. Er ist daher so zu beschalten, dass beim Senden dieser Anschluss auf 0 V geschaltet wird. Er kann selbstverständlich auch dauerhaft mit Masse verbunden werden – dann wird der Subton immer mit ausgesendet.

## 6 Betrieb

Mit dem Trimpotenzimeter R5 ist der Ausgangs-Pegel so einzustellen, dass sich ein maximaler Hub von  $\pm 250$  Hz ergibt. Hat man kein Hubmeter zur Hand, muss die Einstellung durch Experimentieren gefunden werden. Dabei sollte der CTCSS-Pegel nur so hoch gewählt werden, dass das Relais sicher anspricht!

Über die sechs DIL-Schalter können 64 verschiedene Frequenzen eingestellt werden. Die genaue Zuordnung der Töne von 33,0 bis 254,1 Hz gibt die Tabelle 1 an. Die eingestellte Frequenz wird sofort nach dem Verändern der DIL-Schalter ausgegeben.

Nr.	Freq.	DIL-Schalter					
		6	5	4	3	2	1
00	033.0 Hz	On	On	On	On	On	On
01	035.4 Hz	On	On	On	On	On	Off
02	036.6 Hz	On	On	On	On	Off	On
03	037.9 Hz	On	On	On	On	Off	Off
04	039.6 Hz	On	On	On	Off	On	On
05	044.4 Hz	On	On	On	Off	On	Off
06	047.5 Hz	On	On	On	Off	Off	On
07	049.2 Hz	On	On	On	Off	Off	Off
08	051.2 Hz	On	On	Off	On	On	On
09	053.0 Hz	On	On	Off	On	On	Off
10	054.9 Hz	On	On	Off	On	Off	On
11	056.8 Hz	On	On	Off	On	Off	Off
12	058.8 Hz	On	On	Off	Off	On	On
13	067.0 Hz	On	On	Off	Off	On	Off
14	069.3 Hz	On	On	Off	Off	Off	On
15	071.9 Hz	On	On	Off	Off	Off	Off
16	074.4 Hz	On	Off	On	On	On	On
17	077.0 Hz	On	Off	On	On	On	Off
18	079.7 Hz	On	Off	On	On	Off	On
19	082.5 Hz	On	Off	On	On	Off	Off
20	085.4 Hz	On	Off	On	Off	On	On
21	088.5 Hz	On	Off	On	Off	On	Off
22	091.5 Hz	On	Off	On	Off	Off	On
23	094.8 Hz	On	Off	On	Off	Off	Off
24	097.4 Hz	On	Off	Off	On	On	On
25	100.0 Hz	On	Off	Off	On	On	Off
26	103.5 Hz	On	Off	Off	On	Off	On
27	107.2 Hz	On	Off	Off	On	Off	Off
28	110.9 Hz	On	Off	Off	Off	On	On
29	114.8 Hz	On	Off	Off	Off	On	Off
30	118.8 Hz	On	Off	Off	Off	Off	On
31	123.0 Hz	On	Off	Off	Off	Off	Off

Nr.	Freq.	DIL-Schalter					
		6	5	4	3	2	1
32	127.3 Hz	Off	On	On	On	On	On
33	131.8 Hz	Off	On	On	On	On	Off
34	134.4 Hz	Off	On	On	On	Off	On
35	136.5 Hz	Off	On	On	On	Off	Off
36	141.3 Hz	Off	On	On	Off	On	On
37	146.2 Hz	Off	On	On	Off	On	Off
38	151.4 Hz	Off	On	On	Off	Off	On
39	156.7 Hz	Off	On	On	Off	Off	Off
40	159.8 Hz	Off	On	Off	On	On	On
41	162.2 Hz	Off	On	Off	On	On	Off
42	165.5 Hz	Off	On	Off	On	Off	On
43	167.9 Hz	Off	On	Off	On	Off	Off
44	171.3 Hz	Off	On	Off	Off	On	On
45	173.8 Hz	Off	On	Off	Off	On	Off
46	177.3 Hz	Off	On	Off	Off	Off	On
47	179.9 Hz	Off	On	Off	Off	Off	Off
48	183.5 Hz	Off	Off	On	On	On	On
49	186.2 Hz	Off	Off	On	On	On	Off
50	189.9 Hz	Off	Off	On	On	Off	On
51	192.8 Hz	Off	Off	On	On	Off	Off
52	196.6 Hz	Off	Off	On	Off	On	On
53	199.5 Hz	Off	Off	On	Off	On	Off
54	203.5 Hz	Off	Off	On	Off	Off	On
55	206.5 Hz	Off	Off	On	Off	Off	Off
56	210.7 Hz	Off	Off	Off	On	On	On
57	218.1 Hz	Off	Off	Off	On	On	Off
58	225.7 Hz	Off	Off	Off	On	Off	On
59	229.1 Hz	Off	Off	Off	On	Off	Off
60	233.6 Hz	Off	Off	Off	Off	On	On
61	241.8 Hz	Off	Off	Off	Off	On	Off
62	250.3 Hz	Off	Off	Off	Off	Off	On
63	254.1 Hz	Off	Off	Off	Off	Off	Off

Tabelle 1

## **7 Spezielle Ausführungen**

### **7.1 Sonderprogrammierung**

Wir können auf Anfrage den Mikrocontroller nach Ihren Wünschen programmieren.

Z.B. wenn der PTT-Eingang für Ihr Gerät H-Aktiv sein sollte oder Sie die Ton - Schalterzuordnungen ändern möchten.

Das Modul kann alle Töne im Subtonbereich erzeugen und wir programmieren Ihnen ihre gewünschte Frequenz.

Nehmen Sie mit uns Kontakt auf damit wir Ihre Bedürfnisse diskutieren können.

## **8 Notizen**