

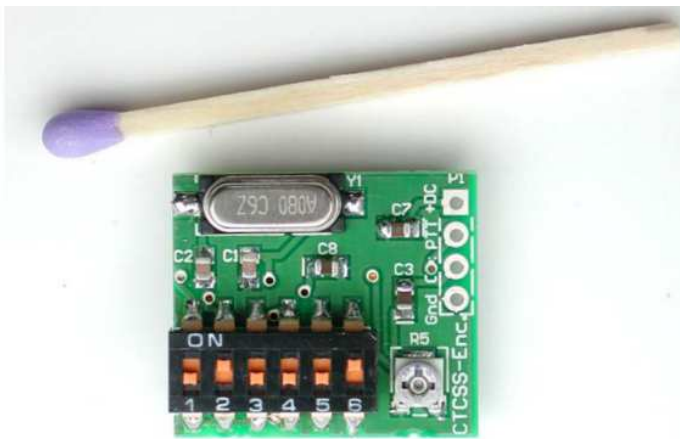
**OM: Kurt**  
**Datum: 31.8.2021**  
**Gerät: Kenwood TR-9130**

## Inhalt

1. Auftrag.....	1
2. Hintergrundinformation CTCSS.....	2
3. Analyse.....	2
4. Umbau.....	4
5. Abstimmung und Schluss-Test.....	5
6. Schlusswort.....	6

## 1. Auftrag

Diesen glorreichen 2m-Transceiver bekam ich mit der Bitte, ihn mit einem CTCSS-Encoder-Modul (EL-5) von der Schweizer Firma Elcon Consultin&Engineering in Konolfingen zu bestücken.



**ELCON** Consulting & Engineering

# EL-5

CTCSS-Encoder

## 2. Hintergrundinformation CTCSS

Dieser Audio-Subton wird meistens dazu verwendet, dafür ausgestattete VHF/UHF-Relays zu „aktivieren“

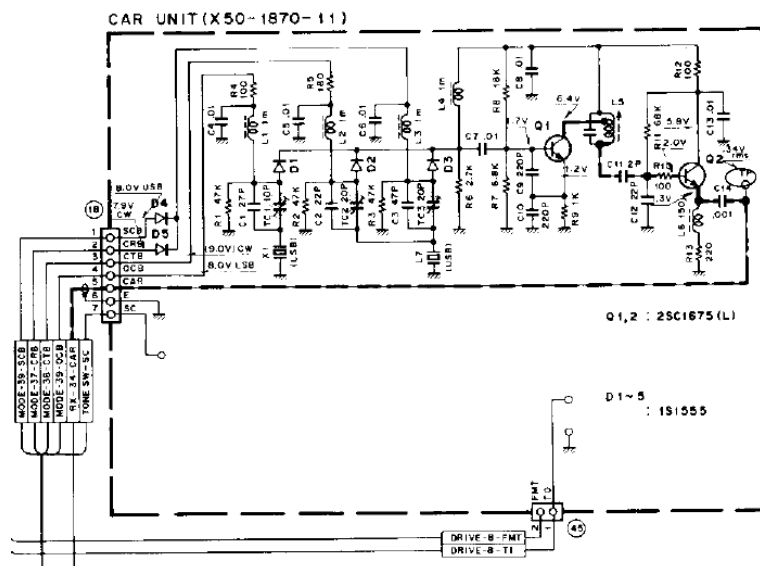
Der 1750 Hz Ton muss zuerst mindestens 600ms ausgesendet werden um das Relais zu aktivieren. Nach der Aktivierung des Relais wird jeder ankommende Träger vom Relais aufgenommen und wiederum auf der Zweitfrequenz des Relais ausgesendet. Das 1750 Hz Audio-Signal wird entweder von einem im Transceiver eingebauten Ton-Generator oder einen externen Tongenerator erzeugt. Es gibt auf dem Markt flexible Tongeneratoren, die es erlauben, ältere Geräte mit dieser Funktion nachzurüsten.

Moderne Geräte verfügen über einen flexiblen einsetzbaren Audio-Ton-Generator, das sogenannte CTCSS (Continuos Tone Coded Squelch System), welches Töne im tieferen Audio-Frequenzbereich von 33Hz - 254Hz erzeugen kann. Diese Funktion ermöglicht sogenannte Selektivrufe/QSOs zu fahren. Falls die Geräte der Gesprächspartner auf derselben CTCSS-Frequenz eingestellt sind und die entsprechende Funktion aktiviert ist, kann man in Absprache mit der Gegenstation eine relativ private Verbindung erstellen.

Auch nutzen heutzutage viele Relais-Stationen Das CTCSS-System anstelle des 1.75kHz Signals, um aktiviert und angesprochen zu werden.

## 3. Analyse

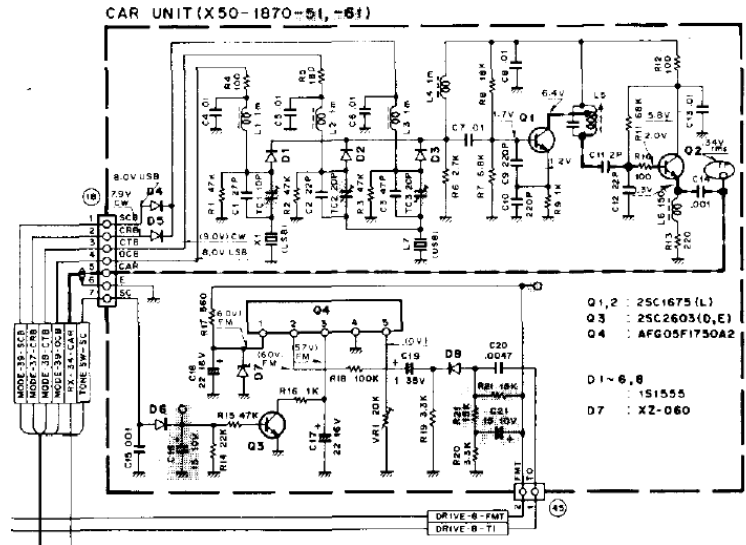
Der Kenwood TR-9130 gibt es, bezogen auf die Subton-Funktion, in zwei Ausführungen. Die erste Ausführung besitzt auf der Frontplatte oben rechts zwar eine Ton-Taste, die Elektronik in der CAR-Unit ist jedoch nicht mit den erforderlichen Komponenten bestückt.



Bei der zweiten Ausführung ist die Subt-Ton-Schaltung auf der CAR-Einheit bestückt.

Bei dieser Ausführung löst das Drücken der Tontaste (oben rechts an der Frontplatte) einen mit einem 1.75 kHz Audiosignal modulierten HF-Träger am Antennenausgang aus. Der Modulationshub beträgt dabei  $\pm 5\text{kHz}$ .

Für die Ausstattung des TR-9130 mit der modernen CTCSS-Funktion, bietet der Markt viele Lösungen in Form von kleinen Platinen, die sich mehr oder weniger komfortabel einbauen lassen. Die Platine, die hier gewählt wurde ist das Modell EL-5 der schweizer Firma Elcom in Konolfingen.

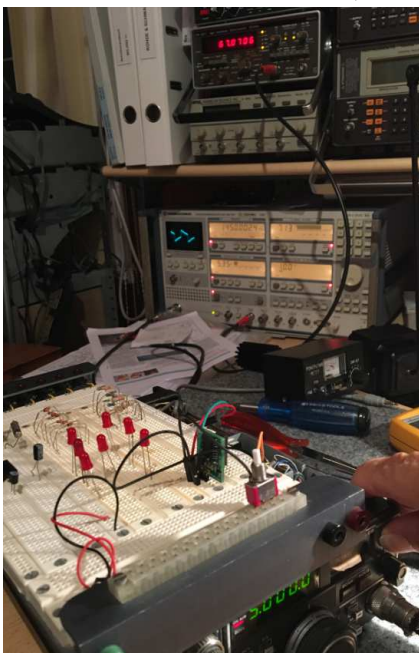


Der vorliegende TR-9130 gehört zur zweiten Ausführung mit eingebautem 1.75 kHz-Tongenerator.

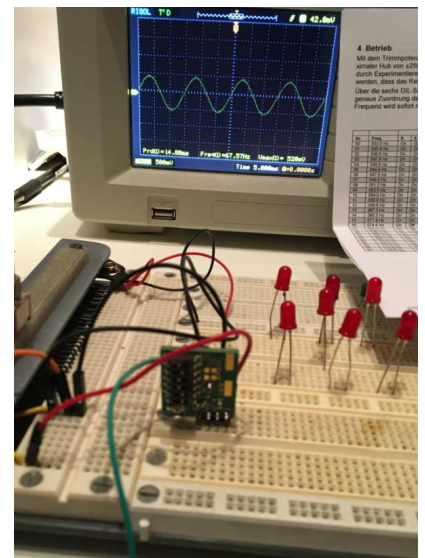
Vor dem Umbau wollte ich die Möglichkeiten des Elcom CTCSS-Moduls auf einem Experimentier-Brett ein wenig ausloten.

Mittels den 7 Mini-Schiebeschaltern (Dip Switches) lassen sich 64 verschiedene Frequenzen einstellen. Das Ausgangssignal wird gefiltert und weist eine Sinusform auf.

Über das Potentioneter (Trimmer) R5 lässt sich die Ausgangsamplitude des Signals in weiten Grenzen einstellen.

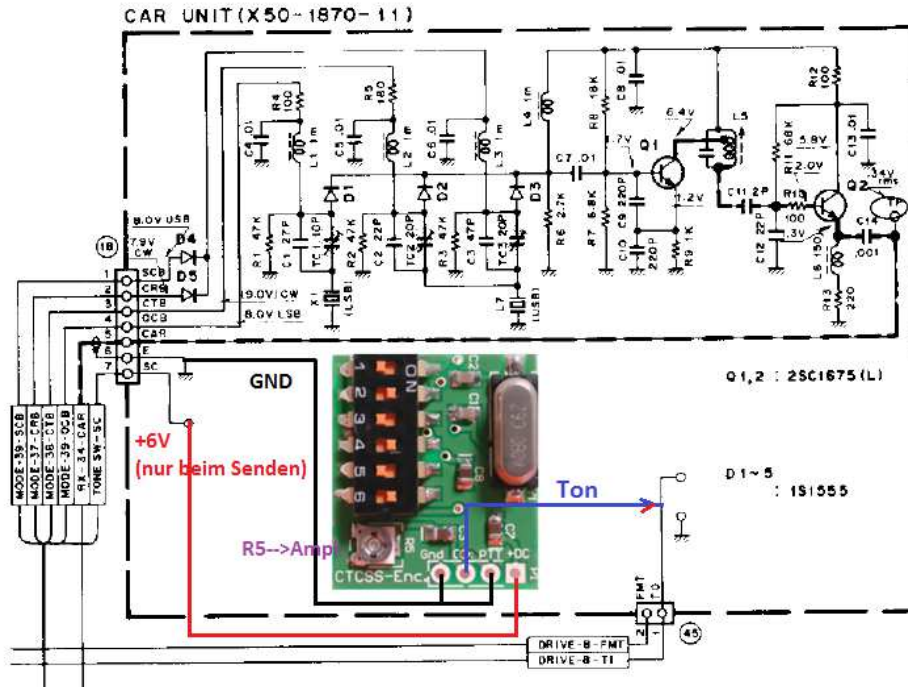


Dieses Modul ist sehr kompakt (SMD-Technik) aufgebaut und eignet sich gut für den geplanten Umbau.

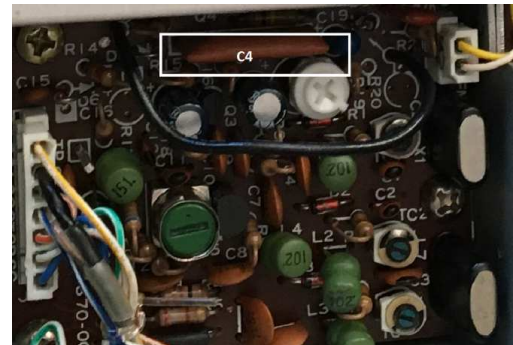


#### 4. Umbau

Zum Anschluss der CTCSS-Platine von Elcon werden 3 Signale benötigt: **V+** (7-15V), **GND** und **Tonausgang**.

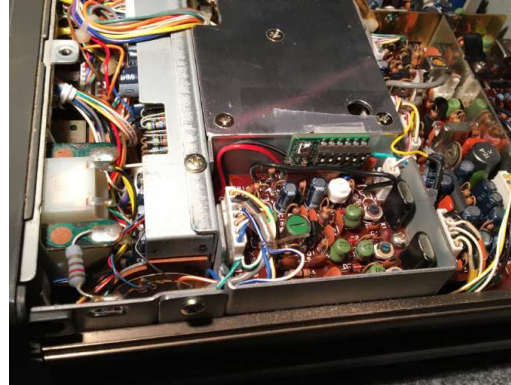


Selbstverständlich ist der bestehende 1.75kHz-Tongenerator vorher zumindest elektrisch vom Rest der Schaltung „zu isolieren“. Eigentlich müsste IC4 entfernt werden, um Platz für die Positionierung des Elcon CTCSS-Moduls im Inneren des CAR-Moduls zu schaffen.



Diese Lösung gefiel mir nicht besonders gut, denn ich wollte die Modifikation jederzeit wieder rückgängig machen können um, bei Bedarf, den originalen Zustand des Gerätes wiederherstellen zu können. Also fand löste ich das Platz-Problem indem ich einen Widerstand von der Oberseite zur Unterseite des CAR-Moduls versetzte. Dadurch konnte ich das CTCSS-Modul knapp zwischen IC4 und der Gehäusewand dazwischen schieben. Um Kurzschlüsse zu meiden, legte ein Stück Kunststoff-Folie dazwischen. Mit doppelseitigem Klebeband von 3M fixierte ich das Ganze.





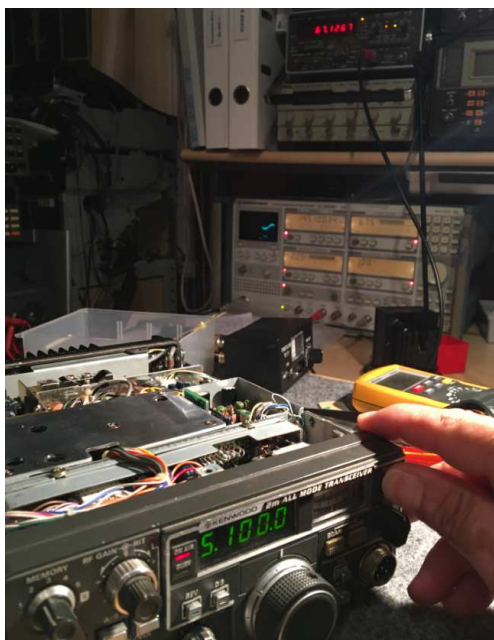
## 5. Abstimmung und Schluss-Test

Nach dem Umbau war die Abstimmung an der Reihe. Auf Wunsch hin stellte ich an den DIP-Switches die Frequenz von 67Hz ein. Mit den 7 Dip-Schaltern sind insgesamt 64 Frequenzen einstellbar. Dazu muss man aber das Gehäuse des Transceivers öffnen.

Nr.	Freq.	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	On	Off	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	094.6 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	On	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.	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	On	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	On	On
43	167.9 Hz	Off	On	Off	On	Off	Off
44	171.3 Hz	Off	On	On	Off	On	On
45	173.8 Hz	Off	On	On	Off	Off	On
46	177.3 Hz	Off	On	On	Off	Off	Off
47	179.9 Hz	Off	On	On	Off	Off	Off
48	183.5 Hz	Off	On	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	On	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	On	Off	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

Auf dem CTCSS-Modul ist ein kleiner Potentiometer (R5) vorhanden. Damit lässt sich die Amplitude des eingestellten Audio-Tons einstellen. Diese Amplitude hat einen direkten Einfluss auf den Modulationshub des erzeugten HF-Signals. Eigentlich sollte der Modulationshub gemäss Dokumentation von Elcon um  $\pm 250$  Hz liegen. Im Endeffekt, sollte der Hub so klein wie



möglich aber noch so gross wie erforderlich, um beispielsweise eine Relais-Station aktivieren zu können, eingestellt werden. Ich stellte die Amplitude so ein, dass der Modulationshub auf meinem R&S CMT-54  $\pm 2\text{kHz}$  anzeigte. Anhand der Feldversuche, wird der Geräteeigner selber die richtige Einstellung vornehmen können/müssen/dürfen ☺

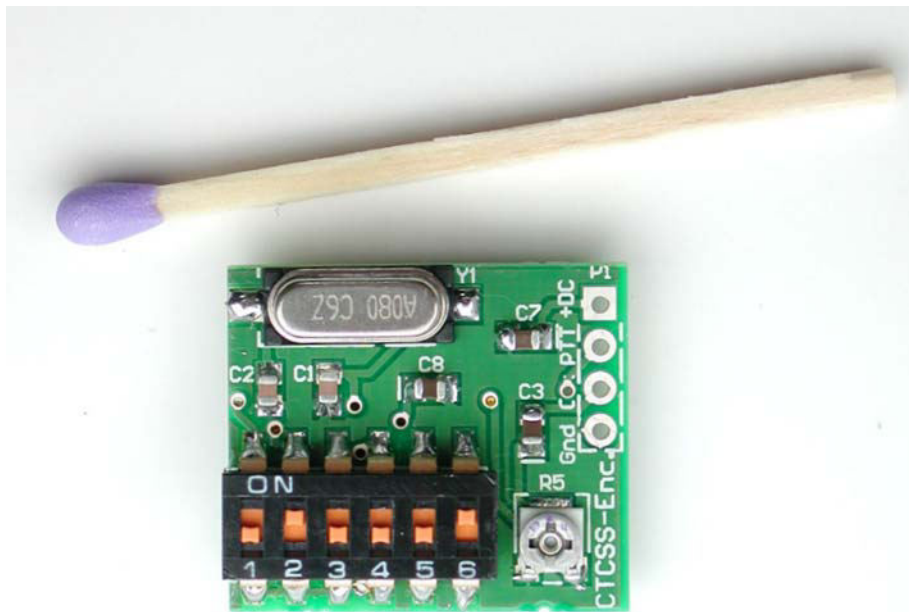
### 6. Schlusswort

Solche Arbeiten sind immer wieder sehr lehrreich, denn sie ermöglichen die Vertiefung in Techniken und Standards, die man sonst, wenn man sie nicht nutzt, nur oberflächlich wahrnimmt. Das Thema der modernisierung alter Geräte ist faszinierend. Man lernt wirklich nie aus...

31.8.2021 / HB9EKH

# EL-5

## CTCSS-Encoder



### Funktionsbeschreibung und Einbauanleitung

SMD Version 1.0a

19. Dezember 2007

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	3
2	Funktion .....	3
2.1	Pulsbreitenmodulation.....	3
2.2	Pulsbreitendemodulation.....	4
3	Einbau .....	4
4	Betrieb.....	6
5	Schema .....	7
6	Spezielle Ausführungen .....	7
6.1	Sonderprogrammierung .....	7
7	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.

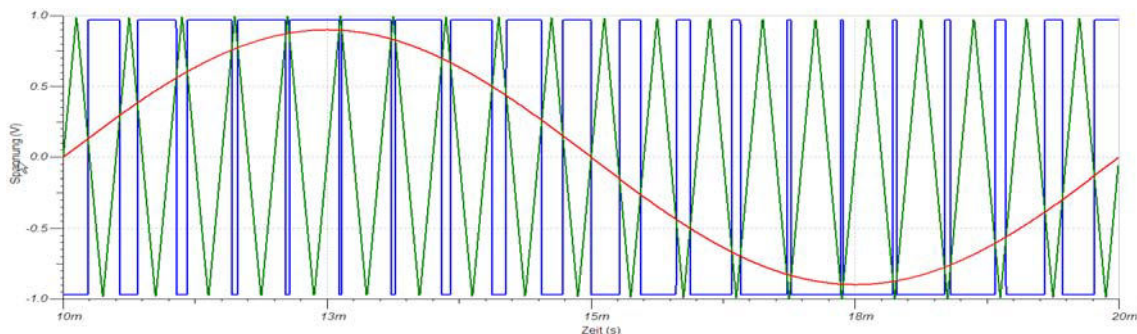


Abbildung 1

## 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.

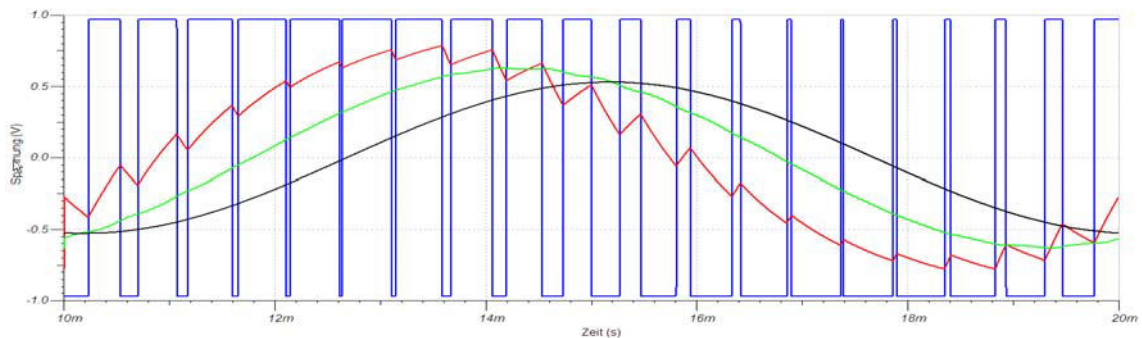


Abbildung 2

## 3 Einbau

Die Schaltung (siehe Kapitel 5) besteht aus einem Mikrocontroller (PIC), der rechteckförmige, pulsbreitenmodulierte Impulse generiert. Ein nachgeschaltetes Tiefpassfilter demoduliert das gewünschte Sinussignal. Das Modul benötigt je nach Version eine Gleichspannung von 5 V bzw. 7 bis 15 V. Meistens sind diese Spannungen im Funkgerät vorhanden. Die zusätzlich ca. 3 mA bringt in der Regel jedes Gerät ohne Probleme auf.

Die Abbildung 3 zeigt die Anschlusspunkte des Moduls.

**Achtung: Für die Speisung besteht kein Verpolungsschutz!**

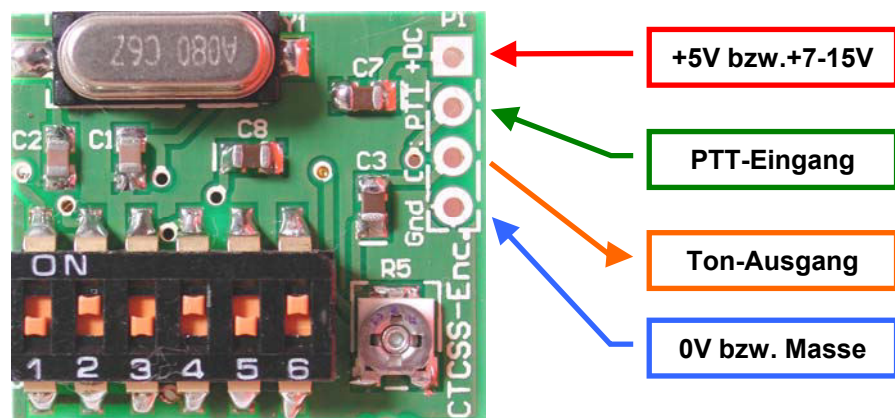


Abbildung 3

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 4 die Toneinspeisung aus einem Gerät von ICOM. Der Ton wird über einen Widerstand (R271 = 10kΩ) bei der Kapazitätsdiode eingespeist, mit welcher der Quarzoszillator FM moduliert wird.

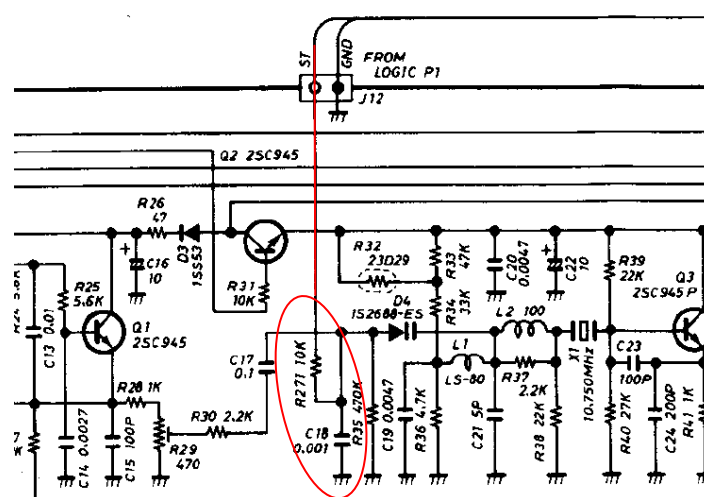


Abbildung 4

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.

## 4 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	On	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

## 5 Schema

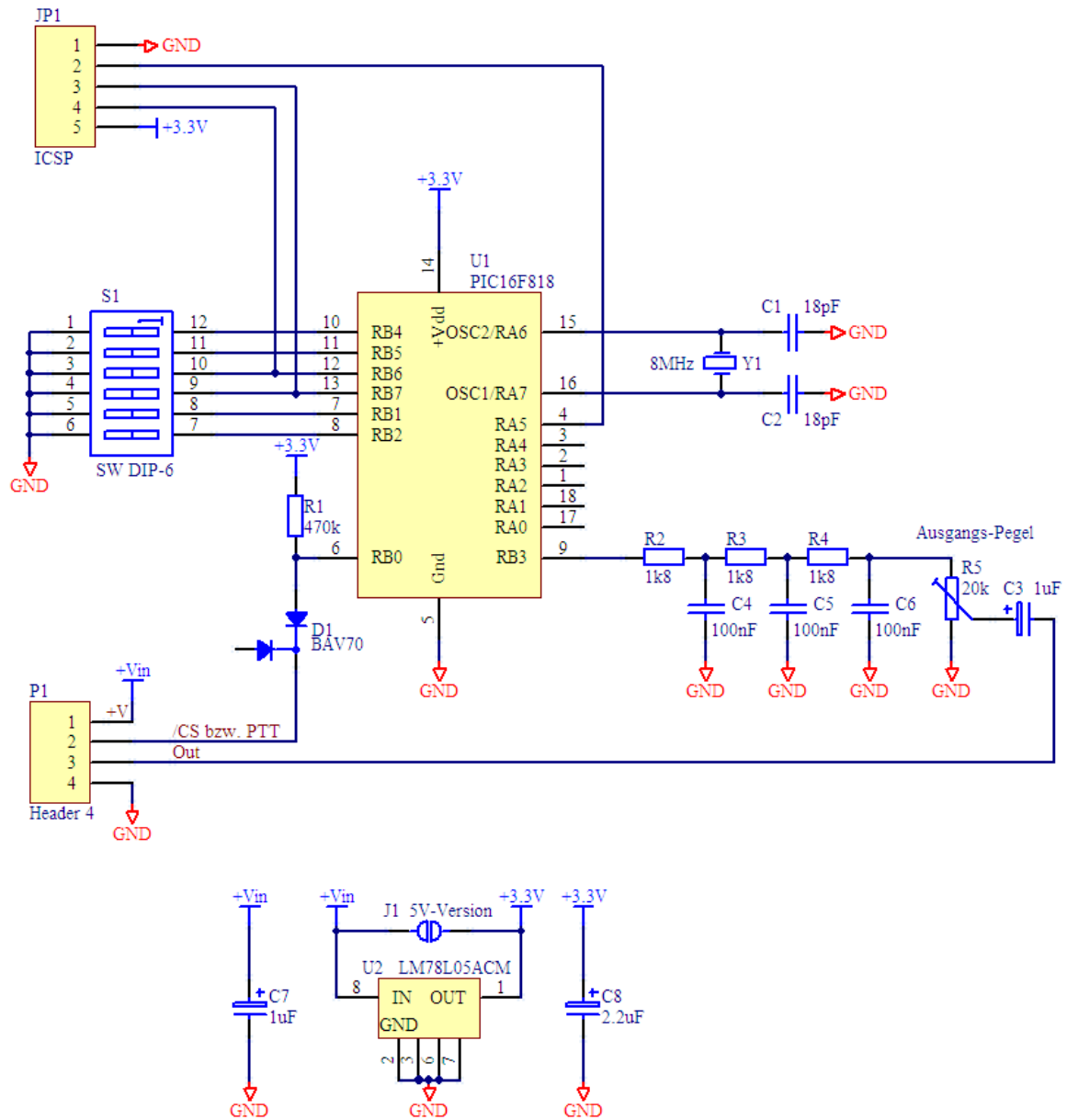


Abbildung 5

## 6 Spezielle Ausführungen

### 6.1 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.



# 7 Notizen