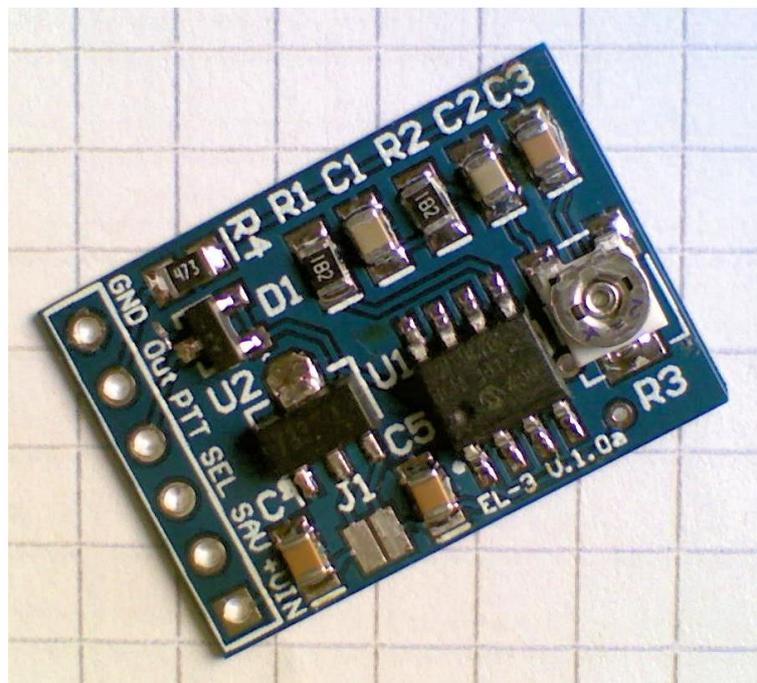


# EL-3

## Mini-CTCSS-Encoder



## Funktionsbeschreibung und Einbauanleitung

Version 1.0c

23. März 2019

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	3
2	Funktion .....	3
2.1	Pulsbreitenmodulation .....	3
2.2	Pulsbreitendemodulation .....	4
3	Einbau .....	4
4	Betrieb .....	5
5	CTCSS-Ton ändern .....	5
5.1	Hilfsschaltung .....	5
5.2	CTCSS-Ton ändern .....	6
5.3	CTCSS-Ton extern wählen .....	7
5.4	Programmierung via USB to Serial Adapter .....	8
6	Anhang .....	10
6.1	Spezifikationen .....	10
6.2	Sonderprogrammierung .....	10
6.3	Schema .....	11

# 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 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 an ihren Standorten auftreten, erzeugt z.B. durch Computerkassen oder Webcamsysteme. Die trägergetasteten Repeater wurden durch diese Störungen dauernd auf Senden gehalten. Das CTCSS-Verfahren vermeidet durch den gleichzeitig zur Sprache ausgesendenden Ton, dass Träger ohne Subtonmodulation die Repeater aufstasten 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.

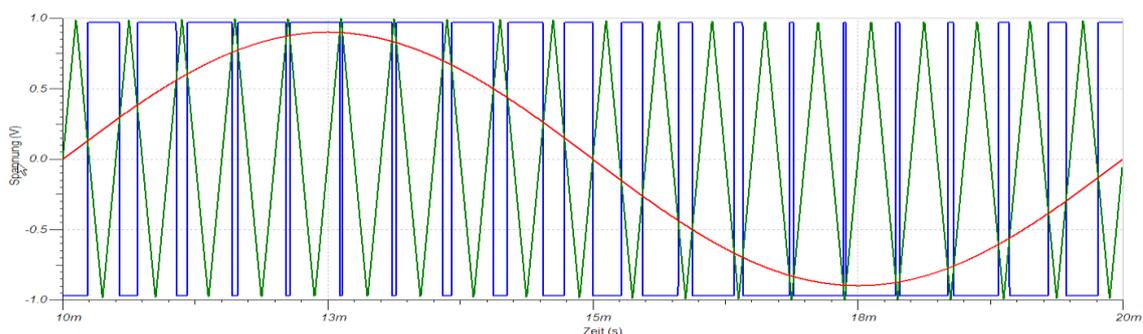


Abbildung 1

## 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.

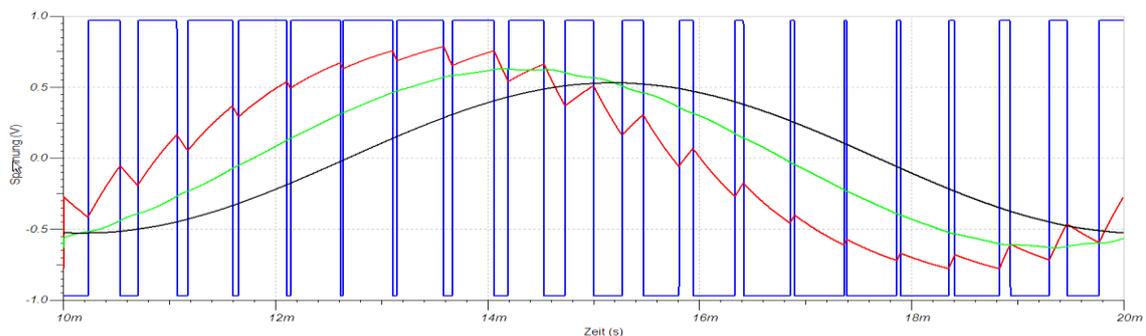


Abbildung 2

## 3 Einbau

Die Schaltung (siehe Kapitel 6.3) 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. 6 bis maximal 12 V. Meistens sind diese Spannungen im Funkgerät vorhanden. Die zusätzlichen 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!**

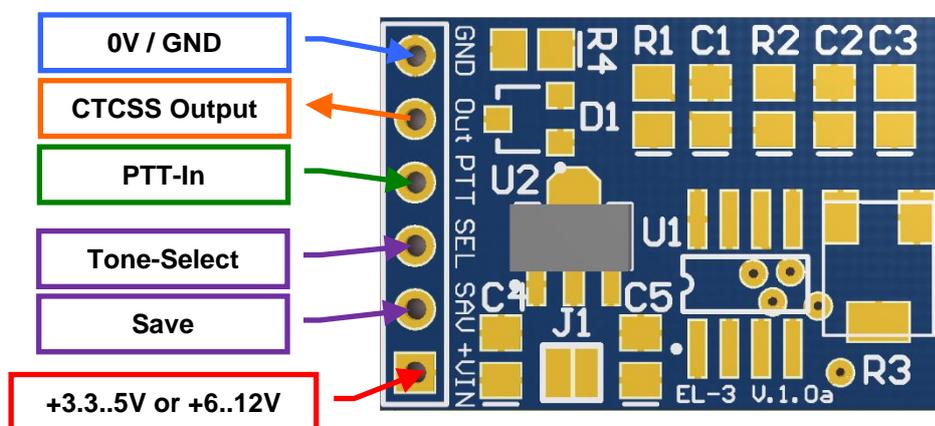


Abbildung 3

Der CTCSS-Tonausgang des Moduls wird nach dem Mikrofonverstärker mit dem FM-Modulator 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 = 10k $\Omega$ ) bei der Kapazitätsdiode eingespeist, mit welcher der Quarzoszillator FM moduliert wird.

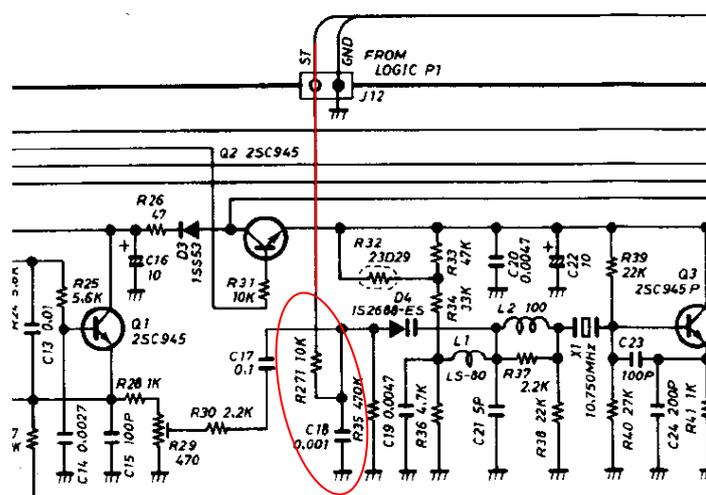


Abbildung 4

Der PTT-Eingang des CTCSS-Tongenerators ist Low-aktiv. Er ist daher so zu beschalten, dass beim Senden die PTT-Leitung 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  $\pm 300$  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!

## 5 CTCSS-Ton ändern

Der Mini-CTCSS-Encoder ist fix auf einen CTCSS-Ton programmiert, und die Frequenz kann im normalen Betrieb nicht verändert werden.

Das CTCSS-Modul EL-3 kann jedoch bei Bedarf auf einen neuen Norm-CTCSS-Ton (siehe Tabelle 1) umprogrammiert werden.

### 5.1 Hilfsschaltung

Für die Programmierung einer neuen Fest-Frequenz benötigen Sie die folgende Hilfsschaltung (siehe Abbildung 5).

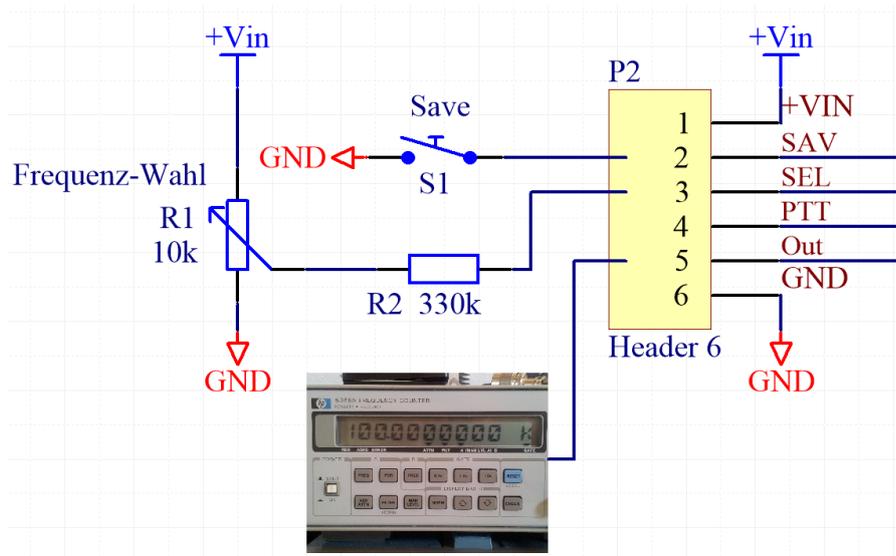


Abbildung 5

Sie benötigen dazu folgende Bauteile:

Anzahl	Bauteile Nr.	Beschreibung
1	P1	10kΩ Potenziometer
1	R1	330kΩ 1/8 W (orange-orange-gelb)
1	S1	1 pol. Drucktaste
1		Frequenzzähler (low Freq.)

Tabelle 1

## 5.2 CTCSS-Ton ändern

Speisen Sie das CTCSS-Modul mit 3.5V bis max. 12V (Achtung kein Verpolungsschutz).

Gehen Sie wie folgt vor:

1. Schalten Sie die Speisung zum CTCSS-Modul EL-3 aus.
2. Drücken und halten Sie die Taste "Save" und schalten Sie die Speisung ein.
3. Lassen Sie die Taste "Save" los, das Modul befindet sich nun im Programmiermodus.
4. Wählen Sie die neue CTCSS-Frequenz durch verändern des Potenziometers P1 (siehe Tabelle 2) Die Frequenz kontrollieren Sie mithilfe des Frequenzzählers.
5. Drücken Sie die Taste "Save" mindestens 2s, damit die neue Frequenz gespeichert wird.
6. Schalten Sie die Speisung zum CTCSS-Modul EL-3 aus, und bauen Sie das Modul in Ihren Transceiver ein.

Nr.	PL	Freq.	Eingangsspannung an SEL
00	XZ	067.0 Hz	0.042V $\pm$ 41.8mV
01	XA	071.9 Hz	0.129V $\pm$ 41.8mV
02	WA	074.4 Hz	0.215V $\pm$ 41.8mV
03	XB	077.0 Hz	0.302V $\pm$ 41.8mV
04	WB	079.7 Hz	0.389V $\pm$ 41.8mV
05	YZ	082.5 Hz	0.476V $\pm$ 41.8mV
06	YA	085.4 Hz	0.563V $\pm$ 41.8mV
07	YB	088.5 Hz	0.650V $\pm$ 41.8mV
08	ZZ	091.5 Hz	0.737V $\pm$ 41.8mV
09	ZA	094.8 Hz	0.823V $\pm$ 41.8mV
10	ZB	097.4 Hz	0.910V $\pm$ 41.8mV
11	1Z	100.0 Hz	0.997V $\pm$ 41.8mV
12	1A	103.5 Hz	1.084V $\pm$ 41.8mV
13	1B	107.2 Hz	1.171V $\pm$ 41.8mV
14	2Z	110.9 Hz	1.258V $\pm$ 41.8mV
15	2A	114.8 Hz	1.344V $\pm$ 41.8mV
16	2B	118.8 Hz	1.431V $\pm$ 41.8mV
17	3Z	123.0 Hz	1.518V $\pm$ 41.8mV
18	3A	127.3 Hz	1.605V $\pm$ 41.8mV

Nr.	PL	Freq.	Eingangsspannung an SEL
19	3B	131.8 Hz	1.692V $\pm$ 41.8mV
20	4Z	136.5 Hz	1.779V $\pm$ 41.8mV
21	4A	141.3 Hz	1.865V $\pm$ 41.8mV
22	4B	146.2 Hz	1.952V $\pm$ 41.8mV
23	5Z	151.4 Hz	2.039V $\pm$ 41.8mV
24	5A	156.7 Hz	2.126V $\pm$ 41.8mV
25	5B	162.2 Hz	2.213V $\pm$ 41.8mV
26	6Z	167.9 Hz	2.300V $\pm$ 41.8mV
27	6A	173.8 Hz	2.387V $\pm$ 41.8mV
28	6B	179.9 Hz	2.473V $\pm$ 41.8mV
29	7Z	186.2 Hz	2.560V $\pm$ 41.8mV
30	7A	192.8 Hz	2.647V $\pm$ 41.8mV
31	M1	203.5 Hz	2.734V $\pm$ 41.8mV
32	M2	210.7 Hz	2.821V $\pm$ 41.8mV
33	M3	218.1 Hz	2.908V $\pm$ 41.8mV
34	M4	225.7 Hz	2.994V $\pm$ 41.8mV
35	M5	233.6 Hz	3.081V $\pm$ 41.8mV
36	M6	241.8 Hz	3.168V $\pm$ 41.8mV
37	M7	250.3 Hz	3.257V $\pm$ 41.8mV

Tabelle 2

### 5.3 CTCSS-Ton extern wählen

Wenn der Anschluss "SAV" mit GND (0V) verbunden ist, übernimmt das CTCSS-Modul den analogen Wert am Eingang "SEL", wenn es aktiviert wird (PTT).

Anstelle eines Potenziometers kann die gewünschte Spannung (siehe Tabelle 2) auch über einen Spannungsteiler mit zwei Widerständen erzeugt werden. Mit einem hochohmigen Multi-  
meter kann die Spannung an Pin 3 gemessen werden.

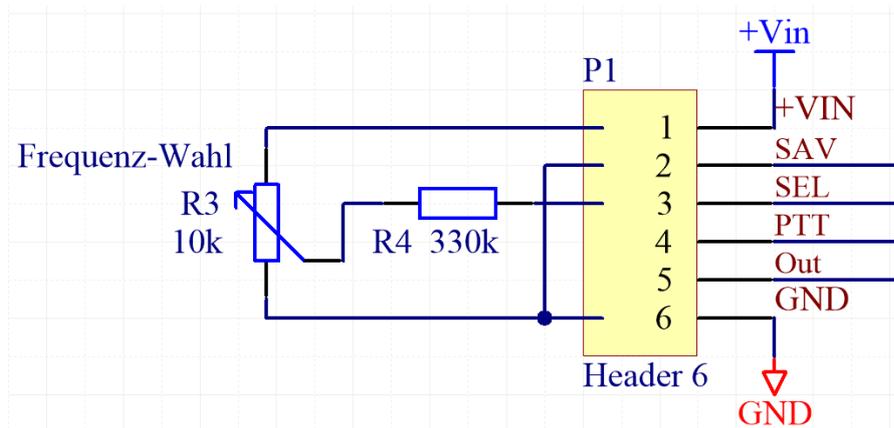


Abbildung 6

## 5.4 Programmierung via USB to Serial Adapter

Das EL-3 CTCSS-Modul verfügt über eine serielle Schnittstelle (3.3V TTL, keine RS-232 Pegel). Mit einem USB to Serial Adapter (z.B. TTL-232R-3V3 oder TTL-232R-3V3-PCB von FTDI) kann das CTCSS-Modul an den PC oder Laptop angeschlossen werden.

Der Anschluss erfolgt mit federnde "Pogo pins" über die Programmierkontakte auf der Rückseite der Platine. Ein Adapter kann einfach gebaut werden (siehe auch Abbildung 7 rechts).



Abbildung 7

Die Speisung erfolgt via USB-Adapter mit 3.3V, so dass keine weitere Stromversorgung mehr nötig ist.

Gehen Sie wie folgt vor:

1. Stecken Sie den "USB-to-TTL" Adapter am PC ein. Die Speisung erfolgt via USB-Adapter mit 3.3V, so dass keine zusätzliche Stromversorgung nötig ist.
2. Auf dem PC wird mit einem beliebigen Terminalprogramm (z.B. das HyperTerminal von Windows XP läuft auch auf Windows 10) eine Verbindung mit dem EL-3 CTCSS-Modul geöffnet (Baudrate: 9600, Flow control: none). Überprüfen Sie mit dem Gerätemanager, welche virtuelle COM-Port Nummer der Adapter erhalten hat.

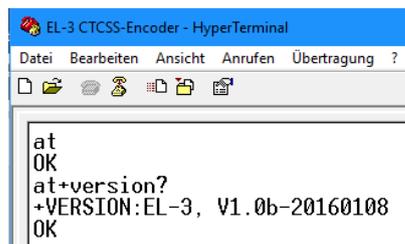


3. Verbinden Sie die PTT-Leitung mit GND. Die Programmierung ist nur möglich, wenn das Modul aktiv ist! Auf dem Terminal wird folgende Meldung ausgegeben.



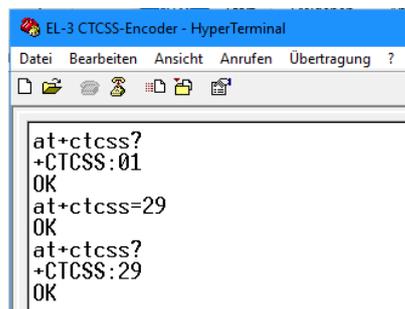
```
EL-3, CTCSS-Encoder
Elcon Consulting & Engineering
Switzerland
www.elcon.ch
```

4. Geben Sie im Terminal "AT" oder "at" ein und Sie erhalten eine Bestätigung. Damit ist gewährleistet, dass die Kommunikation mit dem Modul korrekt funktioniert. Die Modul-Version kann mit "at+version?".



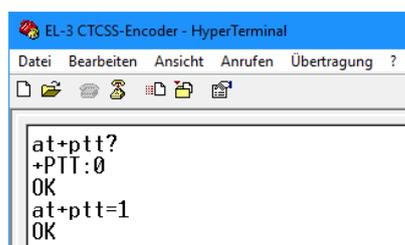
```
at
OK
at+version?
+VERSION:EL-3, V1.0b-20160108
OK
```

5. Die CTCSS-Frequenzen können mit folgenden Befehlen geprüft und neu programmiert werden. Die zweistelligen Nummern (00 bis 37) siehe Tabelle 2.



```
at+ctcss?
+CTCSS:01
OK
at+ctcss=29
OK
at+ctcss?
+CTCSS:29
OK
```

6. Die PTT-Logik ist im Auslieferungszustand "Low-Active", d.h. der Encoder ist aktiv, wenn die PTT-Leitung auf GND (0V) geschaltet wird. Wenn Ihre Anwendung eine "High Active" PTT-Logik verwendet, dann kann diese im Modul mit folgenden Befehlen geprüft und neu programmiert werden.



```
at+ptt?
+PTT:0
OK
at+ptt=1
OK
```

## 6 Anhang

### 6.1 Spezifikationen

#### Frequenzbereich:

CTCSS-Frequenz: alle 38 Normfrequenzen im Bereich 67.0 – 250.3Hz

Speisung: 3.5V bis max 12V, 3mA (30uA Modul, PTT off)

Abmessungen: 23(L) × 16(B) × 3(H) mm

Alle Spezifikationen können durch ELcon ohne weitere Mitteilung oder Verpflichtung geändert werden.

### 6.2 Sonderprogrammierung

Das Modul kann alle genormten Töne im Subtonbereich erzeugen. Sie können Ihre gewünschte Frequenz selbst programmieren.

Wir können auf Anfrage den Mikrocontroller nach Ihren Wünschen programmieren. Nehmen Sie mit uns Kontakt auf damit wir Ihre Anliegen diskutieren können.

### 6.3 Schema

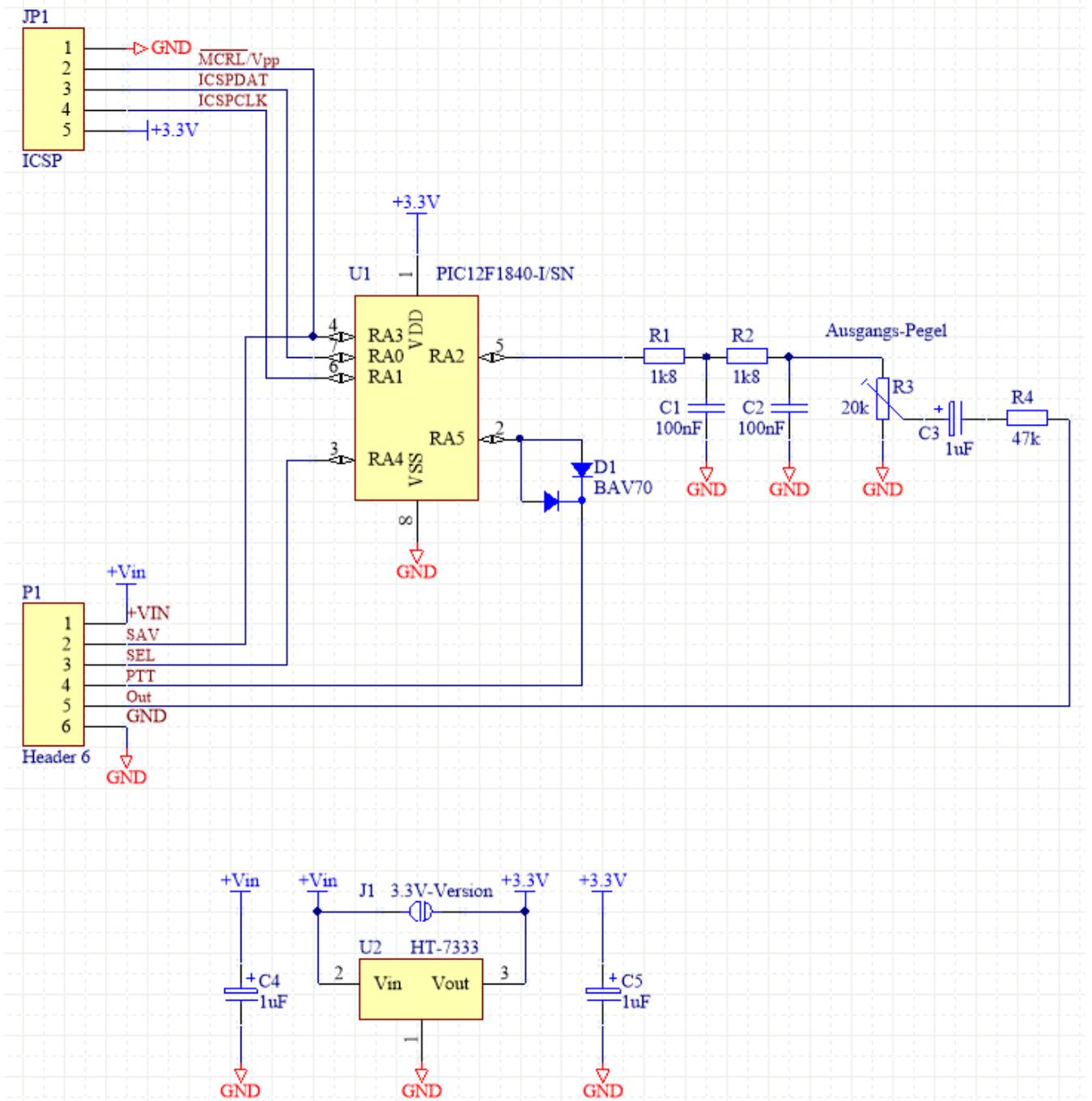


Abbildung 8