

Sectie WLD

Auteur : Eddy ON5JK

## DTMF Encoder

### Inhoud

<b>1 INLEIDING.....</b>	<b>2</b>
<b>2 OPZET VAN HET PROJECT.....</b>	<b>2</b>
2.1 WAT IS DTMF .....	2
2.2 WAAROM IS DTMF NODIG?.....	3
2.3 WAT HEBBEN WIJ NODIG?.....	3
2.4 DE SCHAKELING .....	7
2.5 DE TIMER .....	9
2.6 DE CONSTRUCTIE .....	11
2.7 DE AFWERKING.....	12
<b>3 STROOMVERBRUIK.....</b>	<b>13</b>
<b>4 BILL OF MATERIAL (BOM).....</b>	<b>14</b>
<b>5 BIBLIO 15</b>	
<b>6 WLD WORKSHOPBLOG.....</b>	<b>15</b>
<b>7 DEELNEMERS AAN HET BOUWPROJECT.....</b>	<b>15</b>
<b>8 LOGBOOK VAN DE ACTIVITEITEN.....</b>	<b>15</b>

## 1 INLEIDING

In de shack heb ik een Icom IC-910 .

Prachtig dual-bandertje, MAAAAR.....

Er is nergens een DTMF- micro voor te krijgen.

Gecomplieerde constructies laten misschien toe om een DTMF-micro van een ander merk om te bouwen en aan te passen. Met alle risico eraan verbonden.

Er is een andere oplossing echter: de IC-910 heeft een "AUX"- connector achteraan, waar de PTT en AUDIO-IN en OUT te vinden zijn.

Dus besloot ik om een klein klavier in een doosje te bouwen en de tonen extern toe te voegen.

Als men géén AUX of PATCH ingang heeft op zijn toestel, kan men ook de audio inkoppelen via de micro-ingang.

## 2 OPZET VAN HET PROJECT

### 2.1 WAT IS DTMF

DTMF (Dual Tone Multiple Frequency) tonen worden gebruikt om bepaalde data te verzenden, op een manier die quasi ongevoelig is voor stoorpulsen.

Vooraf cijferstoetsen worden op die manier doorgestuurd. In telefonie worden de cijfers en het haakje en sterretje op die wijze gecodeerd bij "Toonkiezen".

Oudere telefoons gebruikten het "impulskiezen".

Voor een klavier met vier rijen en vier kolommen gebruikt men 8 tonen.

Voor wat wij normaal gebruiken, vier rijen en drie kolommen, gebruikt men 7 tonen.

Het gaat dus om twee audio-frequenties die tegelijkertijd worden doorgestuurd.

Er is een "lage" en een "hoge" toon.

De tabel maakt een en ander duidelijk.

	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz
697 Hz	1	2	3	A
770 Hz	4	5	6	B
852 Hz	7	8	9	C
941 Hz	*	0	#	D

Links staan de "lage" tonen. Bovenaan staan de "hoge" tonen.

De "hoge" zijn in muziektermen <EEN toon hoger> dan de "lage".

De tonen staan in een verhouding van 21/19.

De tweede lage toon (770) is dus 21/19 maal hoger dan de eerste (697).enz.

Idem voor de "hoge" tonen.

Als men dus een toets indrukt, bvb <5>,hoort men 770 Hz en 1336 Hz.  
 Plus de som- en verschilfrequenties.  
 De tonen zijn zo gekozen dat de verschil - en de somfrequenties nooit elkaar overlappen.  
 Om goed gedecodeerd te kunnen worden, mogen de frequenties niet meer dan +/- 1,8% afwijken. Het niveau mag drie dB verschillen.  
 De tijdsduur is minimaal 70 msec en mag gerust langer zijn.  
 Op de plaats van bestemming worden deze twee tonen gediscrimineerd en gedecodeerd.

## 2.2 WAAROM IS DTMF NODIG?

Sinds de meeste relaiszenders via internet zijn gekoppeld, kan men via "echolink" dat ene relais dat bvb vanuit de shack of mobiel goed is te bereiken, koppelen met een ander relais in een andere provincie of land. Op die manier worden de grenzen van het VHF/UHF gebruik danig verlegd.

Vooraf op UHF (70 cm) is het zeer nuttig.

We hoeven dus alleen een <DTMF- microfoon> te hebben, die toelaat de nodige tonen te produceren.

De nieuwere toestellen voor vast of mobiel gebruik hebben die voorziening.

Hetzij als inbegrepen, hetzij als "optie".

Mijn eigen mobieltje, een FT 8800 heeft dat aldus. Mobiel ben ik dus "up to date".

Vele oudere toestellen hebben die optie niet. Dus gaan we op zoek naar een andere oplossing.

## 2.3 WAT HEBBEN WIJ NODIG?

### Figuur 1:klavieren in allerlei vormen

Vooreerst een klavier.

Er zijn verschillende soorten in omloop.

Eigenlijk moeten we een "matrix" kunnen vormen.

Wij hebben 3 kolommen en 4 rijen nodig. Het ideale klavier daarvoor heeft dus 7 draden.

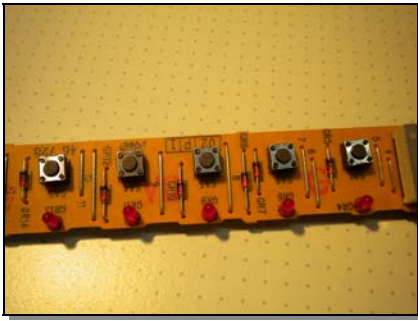
Een klavier met 12 toetsen en 13 draden is meestal onbruikbaar.

Er is dan 1 "moederdraad" en 12 uitgaande (Eén per toets).

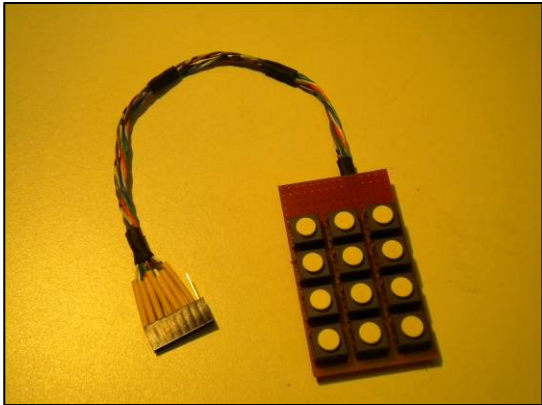
Vind ge niets bruikbaar, dan kan je steeds iets zelf maken.

In afgedankte videorecorders staat het front (bediening) vol met bubbelschakelaartjes.





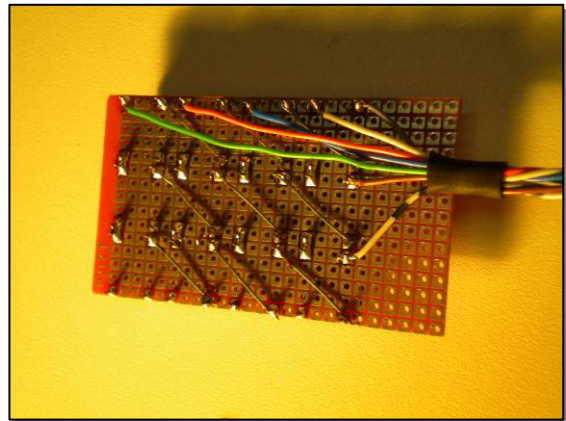
**Figuur 2: bediening videorecorder**



Op de tekening van de bedrading kan men zien, dat er een perfecte 7-dradige matrix gemaakt werd.

**Figuur 3: toetsen op een printbordje**

Die kan je mooi ordenen op een stuk printplaat, al dan niet met voorgeboorde gaatjes.  
Je bedraad die om een matrix te vormen.  
toetsen op een printbordje



**Figuur 4: onderzijde printplaatje**



**Figuur 5: Klavier oude telefoon**

Zelf gebruikte ik nadien een middenstuk dat ik uitzaagde van een oude draagbare telefoon. Het klavier was volledig demonteerbaar. Zo kon ik de configuratie ervan zien.  
Dit klavier bevatte wel 18 toetsen, waarvan 6 hiervoor niet bruikbaar waren.  
(Mute/Redial/reset/function/programm/F-P)  
Ondanks zijn 13 draden, was dit wel bruikbaar.  
Drie ervan vielen reeds weg, daar die alleen gebruikt werden voor de mute en reset toetsen.  
Voor de tweede en de derde rij, moest ik dan wel twee draden samen nemen.  
Idem voor de derde kolom. Resultaat:7 draden, perfecte matrix.

Eventueel kan men de mute of reset toets gebruiken als afzonderlijke PTT voor de TX.

Of men zet een hoger genoemd "bubbelschakelaartje of druktoetsje extra op het doosje".

Sommige klavieren zijn volledig demonteerbaar, zodat men klaar de lay-out en de bedrading kan zien.

### Figuur 6: Klavieren van telefoons

Rest ons nog de nodige schakeling en printplaat te ontwerpen.

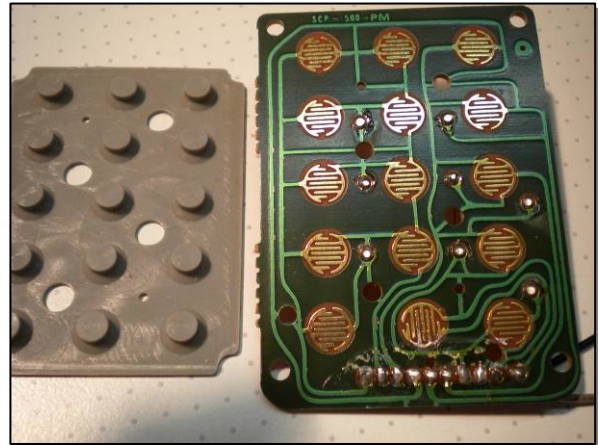
Het zal een printje worden van 6,5 x 9,15 cm. Daarop kan men "ruim" werken.

Uiteraard kan het nog veel kleiner gemaakt worden.

Men kan ook nog zelf een en ander aanpassen volgens eigen noden.

Hierna bekijken we de opbouw van de schakeling. In veel afgedankte

telefoons vind men immers het "hart" van de schakeling. Een IC dat gemaakt is om de DTMF-tonen te genereren. Ik verkoos echter een nieuw exemplaar te gebruiken gezien de lage kostprijs.



Zoals gezegd nam ik een uitgezaagd middendeel van een oude draagbare telefoon. Je weet wel, die (nu verboden) eerste draagbare telefoons die in de 48 MHz werkten. Het klavier was daarenboven volledig demonteerbaar. Door analyse van de lay-out, kon worden gezien wat er nodig was om er een echte matrix van te maken.

Na het bijleggen van een paar draadjes, werd het geheel op het gebruikte plasticdoosje bevestigd. Er dienden alleen iets langere schroefjes voorzien.

De lengte (hoogte) ervan was 78 mm.

Gezien ook de (gebogen) zijanten werden afgezaagd, werden de (lelijke) zijkantjes afgedekt met een strip. Kwestie van uitzicht.



**Figuur 7: Mijn klavier**

Daarvoor nam ik 78 mm van een zelfklevend kabelgootje, om geen merk te noemen, het begint met Le en eindigt op grand. Ze dienen om een côte à côte van 2x0,75 in te stoppen.

Dat werd overlans doorgezaagd, zodat ik twee winkelhaakprofieltjes kreeg.

Deze werden netjes naast de afgezaagde zijkanten gekleefd.

Onder en boven zie je wel nog de laagstructuur van het geheel.

De printplaat, het bubbelvel, het plastic deel van de telefoon met daarin de losse toetsen.

Dat kan je ook maskeren, of kleuren met een dikke zwarte stift (magic-marker)

Het hulpschakelaartje voor de extra PTT (onderaan) werd gewoon met zijn 4 pootjes door gaatjes van 1mm in het doosje gestoken en binnenin omgebogen ter fixatie.

**Figuur 8:bovenzijde**





## 2.4 DE SCHAKELING

Ik vertrok van een IC, UM95089 .Ook een TP5089 is bruikbaar.  
Kortom:elke <5089> is goed. Het is een 16 pin ,DIL.  
Hij is ontworpen speciaal om DTMF te genereren.  
Men vertrekt van een kwarts, 3,579545 MHz. Dit is o.a. te vinden in toestellen die NTSC-video kunnen weergeven. Het dient daar voor de Color-Burst puls.  
Natuurlijk kan je ook voor 2 euro een nieuw Xtal kopen. Wat ik ook deed.  
Uit die ene frequentie, worden al de nodige frequenties (zie tabel hoger) gemaakt door digitale Synthese.

Als men die tonen op een scoop bekijkt, is het precies of ze zijn “ge-chopt”.  
Maar ze zijn er en wel heel precies. De totale harmonische vervorming is zeer laag.  
Het “gechopte aspect” zullen we opschonen in de versterker.(Op-amp)  
De amplitude is zeer stabiel. Het stroomverbruik is uiterst laag.  
Indien geen enkele toets gedrukt wordt, is het verbruik zelfs quasi nihil. (5  $\mu$ A)

We vertrekken van een voedingsspanning van +12Vdc.  
Eerst stabiliseren we die naar 9Vdc met een 78L09. Ziet eruit als een gewone transistor.  
Men kan uiteraard ook op een 9V-batterijtje werken. Dan vervalt IC3,D1 en C7.  
De 9V voedt het IC op pin 1. De “grond” ofte 0 Volt komt aan pin 6.

De pinnen 3,4,5 zijn de ‘kolom-ingangen’.  
Pinnen 11,12,13,14 zijn de “rij-ingangen”.  
Het Xtal komt tussen 7 en 8. Pin 16 is de uitgang der tonen. We zullen deze nog versterken en opschonen..  
Pin 10 is echter een dankbare uitgang.

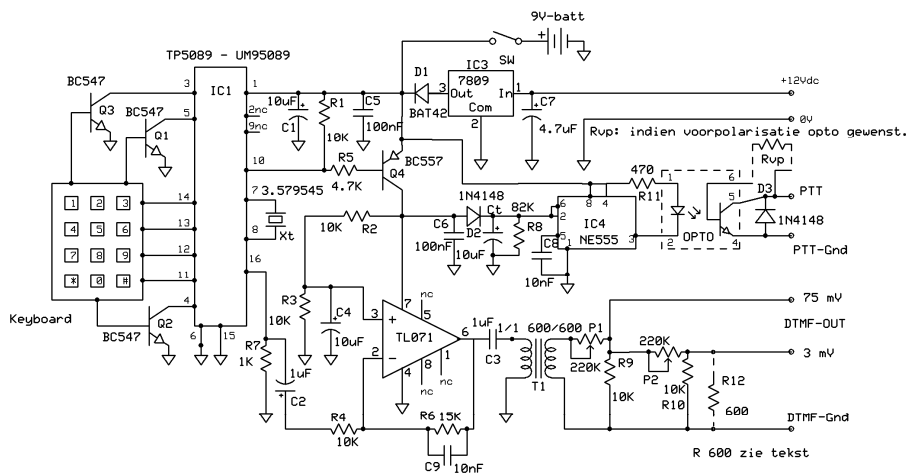
Het is zo, dat als er geen toets is gedrukt, er geen oscillatie is en er dus ook geen tonen zijn.  
Het IC voorziet, om fouten te vermijden, dat tegelijk één rij-ingang (en slechts één) plus één kolom-ingang (en slechts één) dient laag getrokken om te oscilleren.  
Normaal staan alle ingangen “H” door de ingebouwde Pull-up weerstanden.  
Zodra men een toets drukt en dus de status van één rij en één kolom gewijzigd worden Van “H”naar “L”, gaat de Xtal oscilleren.

De spanning van pin 11/12/13/14 wordt immers verlaagd tot de basisspanning van Q1/Q2/Q3. Doordat deze dan geleid, gaat ook pin 3/4/5 naar “L”.  
Pin 10 (=basis Q4) staat via R1op gelijk potentiaal als de emitter.Q4 geleid niet, dus op de collector komt geen spanning. Bij het drukken van een toets, komt (pin 10) laag.

Vb is dus ongeveer 0,6V lager dan Ve.  
Dan zal Q4 geleiden, zodat diens collector ook hoog wordt, op +/- 8,6 Volt.  
Met deze spanning voeden we dan IC2,die ons signaal versterkt en ook de timer IC4.  
De versterking is slechts 1,5 maal, doch de uitgangsweerstand wordt extra laag.  
Als er dus niets gedrukt is, zal ook dit IC2 geen stroom verbruiken.

We kunnen de Vc van Q4 ook gebruiken om via een andere transistor of een schmitt-trigger de PTT van onze zender naar grond te trekken. Mits die PTT van de zender via een inwendige "pull-up weerstand aan + ligt.

De OP-amp zijn uitgangsspanning(DC) wordt op de halve voedingsspanning gezet door de spanningsdeler R2/R3 op pin 3. Het synthesesignaal (rafelig, als gechopt uitziend) komt op de inverterende ingang 2. Door C9 (10 nF) over R6 te plaatsen, wordt het signaal mooi "opgeschoond" en ziet er dan uit als een echte "Dual Tone".



WLD Homebrew 2012	
DTMF-generator	
Eddy 0N5JK	Rev 4 17/02/2012



## 2.5 DE TIMER

Een DTMF code bestaat uit minstens twee toonpulsen.(Short-code)

Voor ON0WL is dat <93>, voor Klein Brabant <22> voor Oostende <83>

Wil men ook internationaal koppelen, moet men de volledige code ingeven.

Deze beslaat 5 tot 6 cijfers.

Wanneer men het eerste cijfer drukt, gaat de PTT er automatisch voor zorgen dat je zender actief wordt.

Stop je echter met drukken, valt ook de zender uit.

Maar je moet nog een tweede, (derde .....) cijfer ingeven.

We gaan er dus voor zorgen dat de zender niet uitvalt tijdens de pauze tussen de verschillende cijfers.

Dat kan ofwel zeer eenvoudig, met een RC-tijdsconstante of met een Schmitt-trigger.

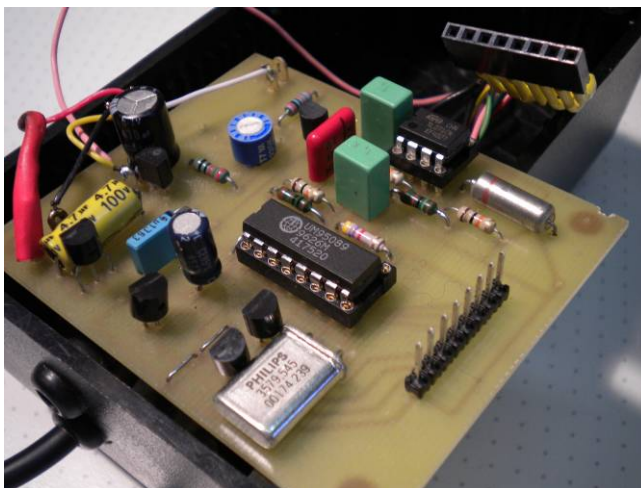
De eerste proefprint werd met de RC-kring gemaakt en werkt heel behoorlijk.

Zodra de eerste toon er is, wordt de zender gestart.(PTT laag)

Hij moet echter net lang genoeg in uitzending blijven om je tijd te geven om de tweede toon te drukken. (bij de short-code)

Dat moet zich herhalen als je de full-code moet gebruiken, voor het buitenland bvb.

Met condensator Ct te kiezen, kan je zelf bepalen hoe lang die tijd is.



**Figuur 9:proefprint**

Merk op dat over deze PTT-transistor een diode in sperzin staat. Dat is nodig als men een relais werkt in de TX, in plaats van met een Pull-up weerstand. De soms hoge spanning die ontstaat in de spoel door zelfinductie bij het uitschakelen wordt dan weggewerkt.

Op de definitieve print werd een NE555 gebruikt i.p.v. een BC548.

De 555 wordt hier niet in zijn "standaard" configuratie van mono-of astabiele oscillator gebruikt maar wel wordt er handig gebruik gemaakt van zijn inwendige Schmitt-trigger, flip-flop en comparators. Volgend op de 555 staat een opto-koppelaar welke een galvanische scheiding met de TX verzekert.

De 555 staat geschakeld als een soort flip-flop, die twee ingangsdrempels heeft.

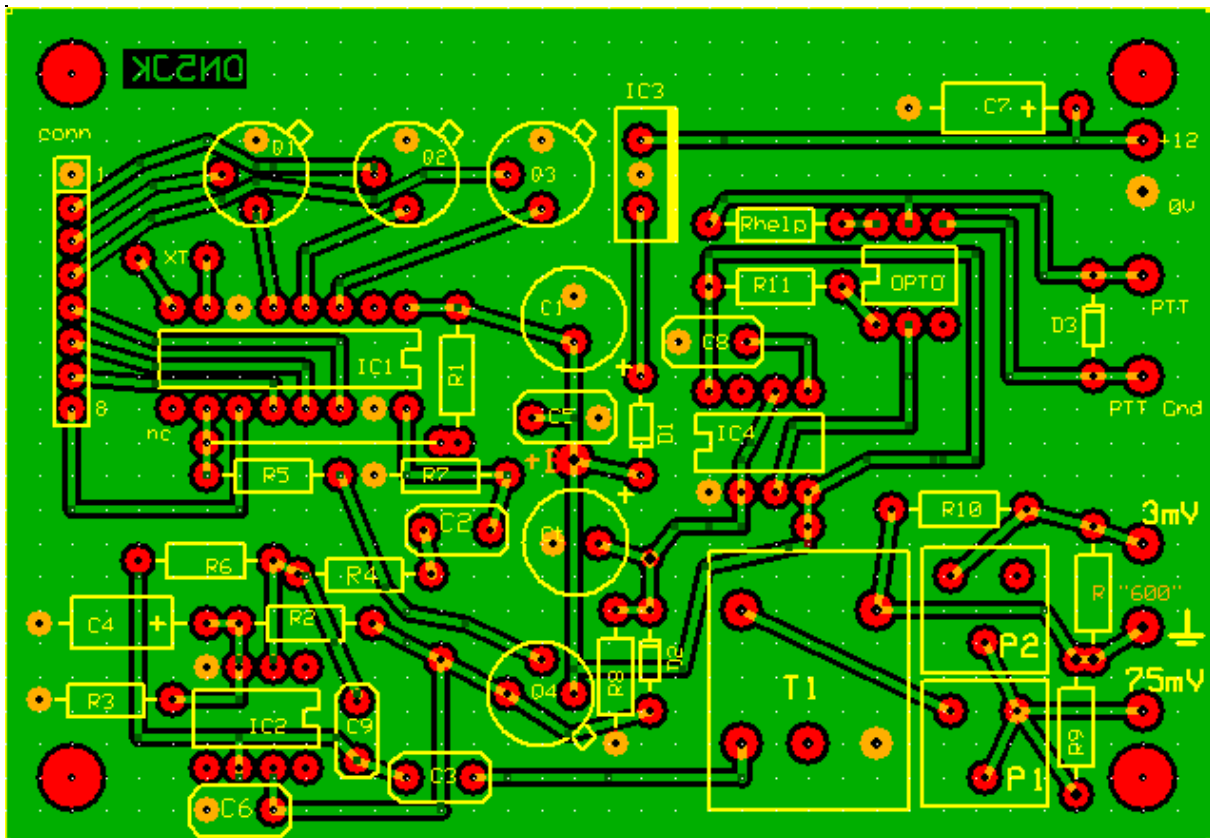
Als Ct exponentieel oplaad via D2, zal bij het bereiken van 2/3 van de voeding (Vb) de uitgang van het IC laag worden (pin3). Hierdoor kan de opto-koppelaar zijn werk doen en zal de PTT aangestuurd worden, de TX gaat in de lucht.(=PTT).

Het laden van de condensator via een geleidende diode gaat héél snel omdat deze een verwaarloosbare weerstand heeft, de zender gaat dan ook onmiddellijk in zendmode, wat ook noodzakelijk is om de toon door te sturen. Na het loslaten van de

druktoets wordt de schakeltransistor Q4 uit geleiding gebracht en kan de condensator niet verder voorzien worden van stroom . De diode komt in sperzin , wordt in feite een open schakelaar, waardoor de condensator zich zal ontladen over de parallel geschakelde weerstand R8. De PTT blijft nog altijd aangestuurd en overbrugt hiermee de dode tijd tussen twee toetsaanslagen. Wanneer echter de spanning over Ct gedaald is tot 1/3 van de voedinsspanning kipt de flip-flop terug om waardoor de uitgang hoog wordt en de PTT afvalt. De tijd die bepaald wordt door de combinatie van Ct en R8 bepaalt hoe lang men tijd heeft tussen twee toetsaanslagen zonder de zender uit zendmode te halen .

Ook hier staat een inverse diode over de uitgang van de optokoppelaar om eventuele zelfinductiespanningen te onderdrukken.

## 2.6 DE CONSTRUCTIE



Het is een eenvoudig enkelzijdig printje van ongeveer 65 mm op 91 mm. Na ontwerp, werden de proefprintjes gemaakt door Franco, ON4AUB.

Voor diegenen die het printje zelf willen maken:

- Na het etsen eerst en vooral de gaatjes boren.
- Daarna pas de fotolaag wegnemen met aceton of werkplaatsontvetter. Zowel onderzijde als koperkant.
- Daarna de koperlaag met Flux(SK10) licht bedekken, zonder overdaad.

Dat maakt het solderen gemakkelijker.

Men begint best met montage van de IC-voetjes (als men er gebruikt), de eventuele connector voor het klavier en de aansluitpinnetjes. Daarna komen de condensatoren en weerstanden aan de beurt. Uiteindelijk plaatst men alle halfgeleiders.

Wanneer het ganse ontwerp wordt vrijgegeven, kan men het schema en de print

(op ware grootte) downloaden via de link naar de workshopblog op de WLD Website.  
[www.on6wl.be](http://www.on6wl.be)

Wanneer men het FREEWARE programma >ExpressPCB > heeft geïnstalleerd, kan men direct aan de slag.

**Opgelet:** er is één draadbrug voorzien, tussen R1 en IC1, pin 10.

## 2.7 DE AFWERKING

Wanneer alle onderdelen gesoldeerd zijn, is het nuttig om de koperzijde nog even met SK10 of een andere spray af te dekken. Dat beschermt tegen corrosie en maakt vervangen gemakkelijk indien ooit nodig. Het klavier staat dus bovenop het kunststofdoosje en is verbonden met draadjes (door gaatjes) met het printje dat binnenin zit.

Als alle onderdelen correct zijn geplaatst, is geen verdere actie nodig.

Men dient alleen nog het uitgangsniveau van de DTMF-signalen te regelen met de potmeter. Met een ACmV- meter stelt men in op 50 tot 80 mV .

Dat is voldoende om een zender met lijningang of patch uit te sturen.

Nominaal lijnniveau van de meeste apparaten is 100 mV eff. Maar de zender hoeft zeker niet 100% uitgestuurd te worden.

De transformator (600/600) dient als galvanische scheiding. Zeker van belang als men op een micro-input aansluit. Er komt max. ongeveer 1,3 V<sub>eff</sub> uit.

Met een potmeter van 220k (P1) en een R9 van 10k, regelt men van 60mV tot 1,3V.

Ik regelde die op 75 mV. Dat is voor een "AUX" of LIJN-ingang.

Met een tweede potmeter (P2) van 220k is over R10 de laagste output 2mV tot 50 mV.

Ik regelde die op 3 mV. Indien men ingaat parallel met de micro, plaatst men R "600" niet!

Bij een micro met dubbele contacten, als de micro-cel over het tweede contact gaat, plaatst men die 600 Ohm wel, tenzij men de PTT van de micro zelf gebruikt!

Immers, als men de toets op het klavier gebruikt, of de timer werkt, zal de microcel(600Ohm) niet parallel staan.

Na volledige aansluiting aan de zender, kan men de spanning aanpassen volgens gewenste modulatie, door deze te meten en te regelen.

Heeft uw TX geen lijningang, kan je dus ook het signaal inkoppelen naar de microfoon-ingang. Dan neemt men de "lage" uitgang.(3mV)

De uitgangsweerstand van de schakeling is rond 10kOhm. (Zonder R"600".)

Die zal dus uw echt microsignaal weinig dempen door parallel te staan.

De micro-ingang heeft slechts enkele mV nodig. Dat gaat van 2 tot 10 mV.

Is die ingangsimpedantie bvb maar 600Ohm, dan belast die de DTMF- uitgang en plaatst men de 600 Ohm niet op de print.

En de uitgang van de print wordt praktisch niet belast. Ook uw micro wordt niet gedempt.

Het kan nodig zijn om de tweede potmeter (P2) een lagere waarde te geven, bij belasting met een lagere impedantie van de microfoon.

### **3 STROOMVERBRUIK**

Stroomverbruik:

Op 12V

:in rust,zonder IC4:2 mA (de stabilisator)

:in rust,met IC4:6,5 mA

:met tonen: 38 mA

Op 9V-batterij:

:in rust,zonder IC4:0,01 mA

:in rust,met IC4:4,5 mA

:met tonen: 36 mA

## 4 BILL OF MATERIAL (BOM)

<u>Komponent</u>	<u>Waarde</u>
C1	10uF
C2	1uF
C3	1uF
C4	10uF
C5	100nF
C6	100nF
C7	4.7uF
C8	10nF
C9	10nF
Ct	10uF
D1	BAT42
D2	1N4148
D3	1N4148
IC1	TP5089 of UM95089
IC2	TL071
IC3	78L09
IC4	NE555
P1	220K
P2	220K
Q1	BC547
Q2	BC547
Q3	BC547
Q4	BC557
R1	10K
R2	10K
R3	10K
R4	10K
R5	4.7K
R6	15K
R7	1K
R8	82K
R9	10K
R10	10K
R11	470
R12	600
Rvp	Te bepalen door bouwer, stelt de voorpolarisatie in
SW	Enkelvoudige schakelaar naar keuze
T1	1/1 600/600
Xt	3.579545 Mhz

## 5 BIBLIO

- <http://www.rfcace.com/reference/electrical/dtmf.htm>
- Alldatasheet : data UM95089 en TP5089
- Datasheets en gebruiksmodes van NE555

## 6 WLD WORKSHOPBLOG

WLD beschik over een workshopblog. Hierop zijn eventuele aanpassing van dit artikel te vinden.

Ga naar: <http://wldworkshop.blogspot.com/> WLD bouwprojecten.

Informatie aanvraag en communicatie kan via het volgende email adres:

[wld.workshop@gmail.com](mailto:wld.workshop@gmail.com)

## 7 DEELNEMERS AAN HET BOUWPROJECT

Project verantwoordelijke :ON5JK , Eddy [on5jk@uba.be](mailto:on5jk@uba.be)  
Finalisatie print ontwerp : ON4AUB, Francois [on4aub@uba.be](mailto:on4aub@uba.be)  
Bouwanalyse en bijsturing: ON4AOL, Luc [on4aol@uba.be](mailto:on4aol@uba.be)  
Eind redactie document: ON4BB, Luk [on4bb@uba.be](mailto:on4bb@uba.be)  
Scoopmetingen en begeleiding: ON6RL, Guido [on6rl@uba.be](mailto:on6rl@uba.be)

Bouwers: ON5JK, ON3JK, ON3LK, ON4BB, ON4AUB, ON6HE, ON5MDM , ON4AVZ

## 8 LOGBOOK VAN DE ACTIVITEITEN

4/11/2011: De eerste print ontworpen van generator,zonder toehoren.(V1)  
12/11/2011: Na etsen(4AUB) eerste tests: werkt.  
17/11/2012: Tweede variant gemaakt. (V2)  
18/11/2012: Toevoegen van PTT met transistor.Werkt. (V3)  
17/12/2011: Eerste kennisgeving, peil naar interesse in WLD-groep.  
17/12/2012: Idee om een <timer> bij te voegen.  
21/12/2011: Eerste model van tekstdocument.  
21/12/2011: Aanvraag als deelname aan het Homebrew project UBA  
7/01/2012: Eerste "definitief" schema en printtekening, met timer.(V4)  
7/01/2012: Invoering van de optokoppelaar.(V5)  
21/01/2012: Invoering van scheidingstransfo.(V6)  
31/01/2012: Modificatie aan schema.



- 31/01/2012: Eerste fotos voor het artikel verstuurd.  
4/02/2012: Gedachtenwisseling over ontkoppeling.  
11/02/2012: Eerste <voorlopig definitief compleet dossier>  
12/02/2012: Nazicht en goedkeuring van door 4BB opgemaakt document.  
13/02/2012: Schema en print aangepast ivm ontkoppeling.(V7)  
18/02/2012: Verbetering van "pads" en "traces" op de print.(V8)  
23/02/2012: Restafdruk van een vorige versie ontdekt op printtekening:verwijderd.(V9)  
27/02/2012: Eerste proefprint gemaakt(4AUB) met en zonder massavlak.  
1/03/2012: Biblio verstuurd naar 4BB  
4/03/2012: Aanpassing van "spacing" van enkele Elco's.(V9)  
4/03/2012: De printen allebei geboord.  
De print mat massavlak bestukt en getest. Signalen zijn goed, timer werkt niet.  
4/03/2012: Principiele fout ontdekt in de timer. Het ontwerp op prikbord werkte wel, maar daarin was één verbinding anders gelegd(en logisch).  
5/03/2012: Schema en print aangepast ivm de ontdekte grote fout.(V10)  
Op de print(V10) een baantje doorgesneden en een draadbrug gelegd.  
ALLES werkt nu prima.  
5/03/2012: Opmeten van verschillende stroomopnames.  
6/03/2012: Print en schema aangepast. Print nu zonder draadbrug,schema OK.  
6/03/2012: Afsluiten van het project en documenten klaar voor publicatie op workshopblog  
6/03/2012 :Klaar voor inzending van het homebrew project