

Inleiding

In de shack heb ik een Icom IC-910. Prachtig duobandertje, maar nergens is er een DTMF-microfoon voor te krijgen. Gecomplieerde constructies laten misschien toe om een DTMF-microfoon van een ander merk om te bouwen en aan te passen, met alle risico's daaraan verbonden. Er is echter een andere oplossing: de IC-910 heeft achteraan een AUX-connector waar PTT, 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 voeren. Als men geen AUX- of PATCH-ingang heeft, kan men ook het audio inkoppelen via de microfooningang.

Opzet van het project

DTMF (Dual Tone Multiple Frequency) wordt gebruikt om bepaalde data te verzenden op een manier die quasi ongevoelig is voor stoorspulsen. Vooral cijferstoetsen worden op die manier doorgestuurd. In telefonie worden de cijfers, het haakje en sterretje op die wijze gecodeerd bij 'toonkiezen'. Oudere telefoons gebruikten '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 audiofrequenties 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, bovenaan de hoge tonen. De hoge tonen zijn in muziektermen 1 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, bijvoorbeeld <5>, hoort men 770 Hz en 1336 Hz. Plus de som- en verschilfrequenties. De tonen zijn zo gekozen dat de verschil- en de somfrequenties elkaar nooit 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 ms, maar mag gerust langer zijn. Op de plaats van bestemming worden deze twee tonen gediscrimineerd en gedecodeerd.

Waarom is DTMF nodig? Sinds de meeste repeaters via internet zijn gekoppeld, kan men via 'echolink' dat ene relais dat bijvoorbeeld vanuit de shack of mobiel goed te bereiken is, koppelen met een ander relais in een andere provincie of land. Op die manier worden de grenzen van het VHF/UHF-gebruik danig verlegd. Vooral op UHF (70cm) is dit zeer nuttig. We hoeven dus enkel een DTMF-microfoon te hebben die toelaat de nodige tonen te produceren.

De nieuwere toestellen voor vast of mobiel gebruik hebben die voorziening hetzij standaard ingebouwd, hetzij als optie. Mijn eigen mobieltje, een FT-8800, heeft DTMF ingebouwd. Mobiel ben ik dus up to date. Vele oudere toestellen hebben die optie niet. Dus gaan we op zoek naar een andere oplossing.

Wat hebben we nodig? Vooreerst een klavier. Er zijn verschillende soorten in omloop. Eigenlijk moeten we een 'matrix' kunnen vor-

men. 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 er zijn 12 uitgaande draden (een per toets).

Vind je niks bruikbaar, dan kan je steeds zelf iets maken. In afgedankte videorecorders staat het front (bediening) vol met bubbelschakelaartjes. Die kan je mooi ordenen op een stuk printplaat, al dan niet met voorgeboorde gaatjes. Je bedraadt die om een matrix te vormen. Op de tekening van de bedrading kan je zien dat een perfecte 7-dradige matrix werd gemaakt.

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 de 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 samennemen. Idem voor de derde kolom. Resultaat: 7 draden, perfecte matrix.

Eventueel kan je de mute- of resettoets gebruiken als afzonderlijke PTT voor de TX. Of je zet een hogergezond 'bubbelschakelaartje' of druktoetsje extra op het doosje. Sommige klavieren zijn volledig demonteerbaar, zodat men duidelijk de lay-out en de bedrading kan zien.



Fig. 1. Klavieren in allerlei vormen



Fig. 2. Bediening videorecorder



Fig. 3. Toetsen op een printbordje

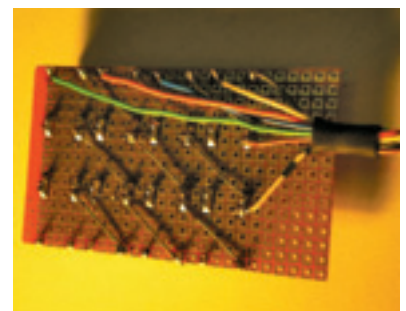


Fig. 4. Onderzijde printkaartje



Fig. 5. Klavier oude telefoon

Rest ons nog de 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. Je kan zelf een en ander aanpassen volgens eigen noden.

Hierna bekijken we de opbouw van de schakeling. In veel afgedankte telefoons vind men 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.

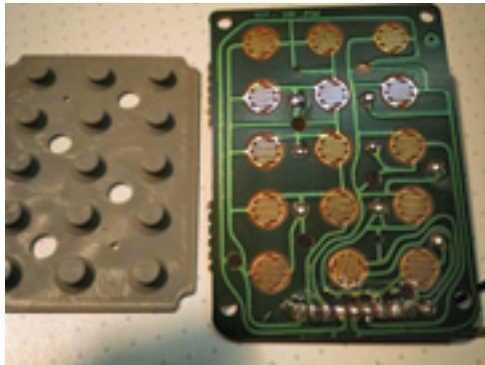


Fig. 6. Klavieren van telefoons

Zoals hiervoor vermeld, nam ik een uitgezaagd middendeel van een oude, draagbare telefoon, je weet wel, die (nu verboden) eerste draagbare telefoons die in de 48MHz werkten. Het klavier was 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 te worden. De lengte (hoogte) ervan was 78 mm. Gezien ook de (gebogen) zijkanten werden afgezaagd, werden de (lelijke) zijkantjes afgedekt met een strip, kwestie van uitzicht. 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 cote-à-cote van 2 x 0,75 in te stoppen. Dat werd overlangs doorgezaagd, zodat ik twee winkelhaakprofieltjes kreeg. Deze werden netjes



Fig. 7. Mijn klavier



Fig. 8. Bovenzijde

naast de afgezaagde zijkanten gekleefd. Onder en boven zie je wel nog de laagstructuur van het geheel: de printplaat, het bubbelvel, het plastic gedeelte 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.

De schakeling

Ik vertrok van een UM95089 IC. Ook een TP5089 is bruikbaar, kortom: elke '5089' is goed. Het is een 16-pen DIL IC, speciaal ontworpen om DTMF te genereren. Men vertrekt van een 3,579545 MHz kwartskristal. Dit is o.a. te vinden in toestellen die NTSC-video kunnen weergeven. Het dient daar voor de colorburstpuls. Natuurlijk kan je ook voor 2 euro een nieuw kristal kopen. Wat ik ook deed. Uit die ene frequentie worden al de nodige frequenties (zie de tabel hiervoor) gemaakt door digitale synthese. Als men die tonen op een scoop bekijkt, lijken ze 'gechopt'. Maar ze zijn er en wel heel precies. De totale harmonische vervorming is zeer laag. Het gechopte aspect zullen we opschonen in de versterker (opamp). De amplitude is zeer stabiel. Het stroomverbruik is uiterst laag. Indien geen enkele toets ingedrukt wordt, is het verbruik zelfs quasi nihil (5 μ A).

We vertrekken van een voedingsspanning van +12VDC. Eerst stabiliseren we die naar 9VDC met een 78L09. Ziet eruit als een gewone transistor. Je kan uiteraard ook op een 9V-batterijtje werken. Dan vallen IC3, D1 en C7 weg. De 9V voedt het IC op pin 1. De ground (0V) komt aan pen 6.

De pinnen 3,4,5 zijn de kolomingangen, pinnen 11,12,13,14 de rij-ingangen. Het kristal komt tussen 7 en 8. Pen 16 is de toonuitgang. We zullen dit signaal nog versterken en opschonen.

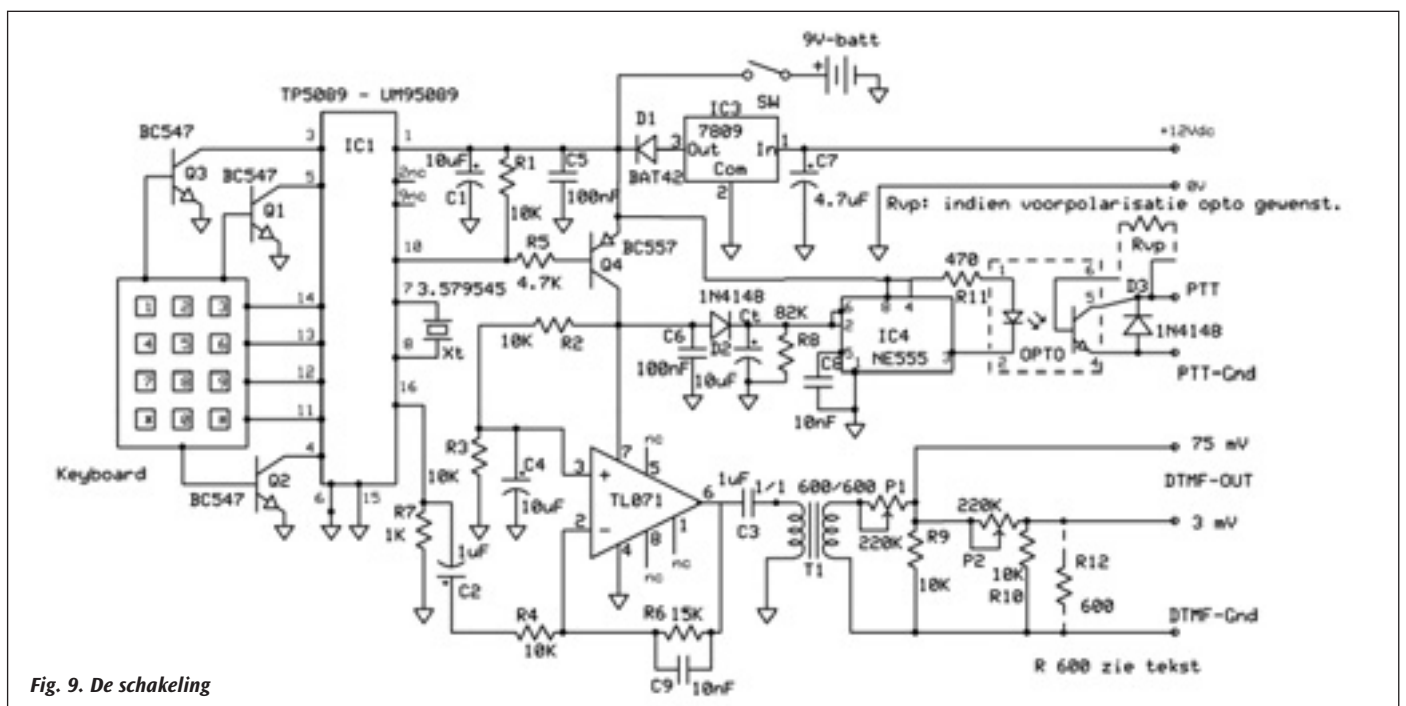


Fig. 9. De schakeling

Pin 10 is een dankbare uitgang. Als er geen toets is ingedrukt, is er geen oscillatie is en zijn er dus ook geen tonen. Het IC voorziet, om fouten te vermijden, dat tegelijk één rij-ingang (en slechts één) plus één kolomingang (en slechts één) dient laag getrokken om te oscilleren. Normaal staan alle ingangen 'H' door de ingebouwde pull-up weerstanden. Zodra men een toets indrukt en dus de status van één rij en één kolom gewijzigd worden van 'H' naar 'L', gaat het kristal oscilleren. De spanning van pinnen 11/12/13/14 wordt immers verlaagd tot de basisspanning van Q1/Q2/Q3. Doordat deze dan geleidt, gaat ook pin 3/4/5 naar 'L'. Pin 10 (basis Q4) staat via R1op gelijk potentiaal als de emitter. Q4 geleidt niet, dus op de collector komt geen spanning. Bij het indrukken van een toets komt (pin 10) laag. Vb is dus ongeveer 0,6 V lager dan Ve. Dan zal Q4 geleiden, zodat zijn collector ook hoog wordt, op ca. 8,6 V. Met deze spanning voeden we dan IC2, die ons signaal versterkt, en ook de timer IC4. De versterking is slechts 1,5, doch de uitgangsweerstand wordt extra laag. Als er dus niets ingedrukt is, zal ook dit IC2 geen stroom verbruiken. We kunnen Vc van Q4 ook gebruiken om via een andere transistor of een schmitt-trigger de PTT van onze zender naar grond te brengen, mits de PTT van de zender via een inwendige pull-up weerstand aan + ligt.

De (DC) uitgangsspanning van de opamp wordt op de halve voedingspanning 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".

De Timer

Een DTMF-code voor een repeater bestaat uit minstens twee toonpulsen (short-code). Voor ON0WL is dat <93>, voor Klein Brabant <22>, voor Oostende <83>. Wil je ook internationaal koppelen, dan je de volledige code ingeven en die bevat 5 tot 6 cijfers.

Wanneer je het eerste cijfer indrukt, zal de PTT er automatisch voor zorgen dat je zender actief wordt. Laat je de toets los, dan valt de zender uit. Maar je moet nog een tweede, (derde,...) cijfer intikken.

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.

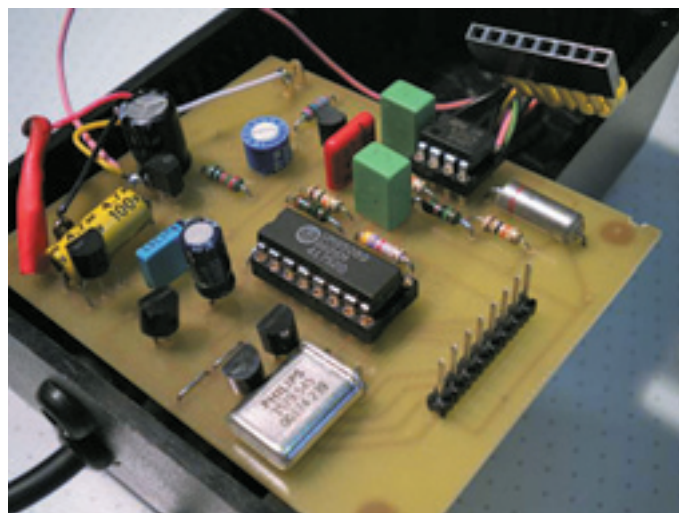


Fig. 9. Proefprint

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).

Dit moet zich herhalen als je de full-code moet gebruiken, voor het buitenland bijvoorbeeld. Door de condensator Ct te kiezen, kan je zelf bepalen hoe lang die tijd is.

Merk op dat over de PTT-transistor een diode in sperzin staat. Dat is nodig als je PTT in de zender met een relais werkt in plaats van 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 'standaardconfiguratie' 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 oplaadt via D2, zal bij het bereiken van 2/3 van de voedingspanning (Vb) de uitgang van het IC laag worden (pin3). Hierdoor kan de optokoppelaar 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 verloopt heel 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 voedingspanning 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 er tijd is 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.

De constructie

Het printje is een eenvoudig enkelzijdig printje van ongeveer 65 mm op 91 mm. Na het 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 licht met Flux(SK10) bedekken, zonder overdaad. Dat maakt het solderen gemakkelijker.

Je begint best met montage van de IC-voetjes (als je er gebruikt), de eventuele connector voor het klavier en de aansluitpinnetjes. Daarna komen de condensatoren en weerstanden aan de beurt. Uiteindelijk plaats je 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. Wanneer je het FREEWARE programma ExpressPCB hebt geïnstalleerd, kan je direct aan de slag.

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

De afwerking

Wanneer alle onderdelen gesoldeerd zijn, is het nuttig om de koperzijde nog even met SK10 of een andere spray af te dekken. Dit 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. Je moet enkel nog het uitgangsniveau van de DTMF-signalen afregelen met de potmeter. Met een ACmV- meter stel je het niveau in op 50 tot 80 mV. Dat is voldoende om een zender met lijningang of patch uit te sturen. Het 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 en is zeker van belang als men op een microfooningang aansluit. Er komt maximum ongeveer 1,3 Veff uit.

Met een potmeter van 220k (P1) en een R9 van 10k, kan je regelen men van 60mV tot 1,3V. Ik stelde het niveau in op 75 mV. Dit volstaat voor een AUX- of LIJN-ingang. Met een tweede potmeter (P2) van 220k is over R10 de laagste output 2mV tot 50 mV. Ik stelde die in op 3 mV. Indien je parallel met de microfoon aansluit: R "600" niet plaatsen! Bij een microfoon met dubbele contacten, als de microfooncel over het tweede contact gaat, plaats je die 600 Ω wel, tenzij men de PTT van de microfoon zelf gebruikt. Immers, als men de toets op het klavier gebruikt, of de timer werkt, zal de microcel (600 Ω) niet parallel staan.

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

Heeft uw TX geen lijningang, dan kan je dus ook het signaal inkoppelen via de microfooningang. Dan neemt men de "lage" uitgang (3mV). De uitgangswaarde van de schakeling is rond 10 k Ω (zonder R"600"). Dit zal dus het echt microfoonsignaal weinig dempen door parallel te staan. De microfooningang heeft slechts enkele mV nodig. Dat gaat van 2 tot 10 mV. Is die ingangsimpedantie bijvoorbeeld maar 600 Ω, dan belast die de DTMF-uitgang en plaatst men de 600 Ω niet op de print. En de uitgang van de print wordt praktisch niet belast. Ook uw microfoon 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.

Stroomverbruik

Met 12 V:

- in rust, zonder IC4: 2 mA (de stabilisator)
- in rust, met IC4: 6,5 mA
- met tonen: 38 mA

Met 9V-batterij:

- in rust, zonder IC4: 0,01 mA
- in rust, met IC4: 4,5 mA
- met tonen: 36 mA

Bill of material (BOM)

Component	Waarde	Component	Waarde
C1	10uF	Q3	BC547
C2	1uF	Q4	BC557
C3	1uF	R1	10K
C4	10uF	R2	10K
C5	100nF	R3	10K
C6	100nF	R4	10K
C7	4.7uF	R5	4.7K
C8	10nF	R6	15K
C9	10nF	R7	1K
Ct	10uF	R8	82K
D1	BAT42	R9	10K
D2	1N4148	R10	10K
D3	1N4148	R11	470
IC1	TP5089 of UM95089	R12	600
IC2	TL071	Rvp	Te bepalen door bouwer, stelt de voorpolarisatie in
IC3	78L09	SW	Enkelvoudige schakelaar naar keuze
IC4	NE555	T1	1/1 600/600
P1	220K	Xt	3,579545 MHz
P2	220K		
Q1	BC547		
Q2	BC547		

Bronnen

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

WLD workshopblog

WLD beschikt over een workshopblog, waar eventuele aanpassingen van dit artikel te vinden zijn.

Ga naar wldworkshop.blogspot.com/, WLD bouwprojecten.

Informatie aanvragen en communicatie kan via het volgende e-mailadres: wld.workshop@gmail.com

Voor u gelezen – Lu pour vous

Door/par ON5EX

Electron 08/2012

Printen maken – *Bram de Ridder PE2RID*

Een eenvoudige L-meter – *Bert van Kleef PA0GVK*

Supersimpele Dopplerpeiler – *Lodewijk Baars PA3BNX*

Van asymmetrische naar symmetrische voedingsspanning – *Bob J. van Donselaar ON9CVD*

9 volt-blokjes – *Volker van Hoorn PA0VVH*

Electron 09/2012

Rekenen met transistoren. – *Bob J. van Donselaar ON9CVD*

Radcom 08/2012

The chimney effect. What relates chimneys and propagation? – *Barry Chambers, G8AGN*

Homebrew. Rounding off the PA health monitor project. – *Eamon Skelton, EI9GQ*

Analysis of received RF noise. A look at what's happening in the spectrum from 1 to 30 MHz. – *Vin Robinson, G4JTR*

Transmit-Receive Sequencer. Sometime you need more control than just a PTT. – *Giles Read, G1MFG*

Tropic T-R Sequencer. A budget sequencer with a multitude of applications. – *Roy Powers, G8CKN*

Radcom 09/2012

Homebrew. Back to basics: building some very simple receivers. – *Eamon Skelton, EI9GQ*

Antennas. The Controlled Feeder Radiation Dipole and the G3ENI/G3ZUN 5MHz NVIS variation. – *Peter Dodd, G3LDO*

Transformers feedback amplifiers: variations on a theme. – *Chris Trask, N7ZWY*

Collapsible 6m 2-ele beam antenna. – *Mike Parkin, G0JMI*

Radcom 10/2012

Homebrew. Amplification. – *Eamon Skelton, EI9GQ*

The Moxon Claw revisited (part 1). A very compact and high performance beam for 14, 18, 21, 24 and 28MHz. – *Phil Harman, VK6APH*

The 'Number 8' dummy load. Changing an oil-filled radiator into an HF