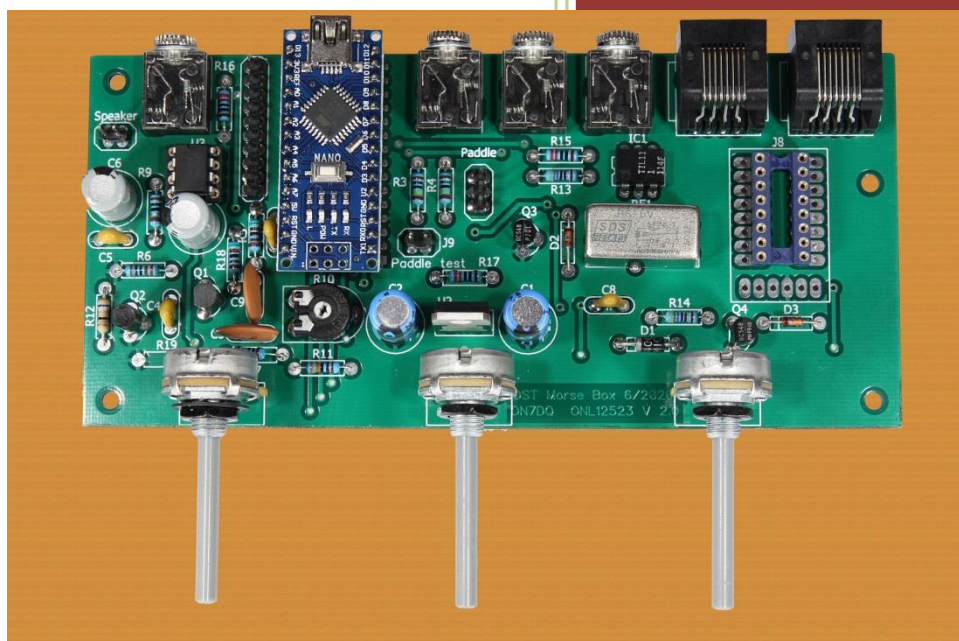


# De OST Morse Box



©2020 - ON7DQ & ONL12523

Sectie UBA - OST

## Bespaar papier en bekijk deze handleiding op je computer!

Druk wél de laatste twee bladzijden af: het schema + de bestukkingstekening, en de onderdelenlijst.

## Inhoud

Beschrijving – Doel .....	2
Blokschema – Werking .....	3
Bouwbeschrijving OST Morsebox.....	4
Minimale versie .....	4
Aansluiting naar de transceiver bestukken .....	6
Kenwood.....	8
Icom .....	9
Yaesu .....	10
Opties .....	11
OLED Display.....	11
Gewone paddle .....	11
Touch paddle .....	12
DC input en regelaar.....	13
Transceiver keying output.....	14
Keep Alive schakeling .....	14
Extra “toeters en bellen”! .....	15
Knopjes .....	15
LED’s .....	16
Inbouw - Behuizing - Aansluitingen.....	18
Onderdelenlijst.....	20
Gebruik - Bediening .....	21
Windows Programma .....	26
Appendix 1: Programmeren van de Arduino Nano .....	27
Appendix 2: Bediening via Serial Monitor en de AT Commando’s.....	28
Appendix 3: Troubleshooting .....	29
Appendix 4: De FM-zwaai correct instellen.....	30
Schema .....	31
Bestukkingstekening.....	32

## DE OST MORSEBOX - V2.0

### Beschrijving – Doel

De **OST Morse Box** is een veelzijdige schakeling die je kan opnemen tussen de microfoon en de microfoon-ingang van eender welke transceiver. In de eerste plaats is hierbij aan een VHF/UHF toestel gedacht.

Het doel is vooral om CW-oefensessies te kunnen houden op de 2m of 70cm band, waarbij de cursisten zelf ook in **FM-gemoduleerde CW** kunnen antwoorden. Uiteraard kunnen hiermee ook gewone (oefen) QSO's gemaakt worden, vooraleer men zich op HF gaat 'smijten' ...

Daarnaast bevat de schakeling nog een aantal extra mogelijkheden, waardoor dit een zéér interessant club-bouwproject geworden is. Zie blokschema op de volgende bladzijde.

Door gebruik van een goedkope Arduino Nano zijn volgende functies beschikbaar:

- DDS Toongenerator in software, voor een perfect zuivere sinusgolf
- Morse uitzenden via de transceiver, waarbij de microfoon uitgeschakeld wordt zolang de CW bezig is, om geen storende achtergrondgeluiden uit te zenden
- Automatisch activering van de PTT van de transceiver
- Instelbare DELAY voor de PTT, van 0,5 .. 10 seconden
- Variabele seinsnelheid van 5 .. 25 woorden per minuut (WPM)
- OLED display om de ingestelde parameters en teksten af te lezen
- Keying met Straight Key, Paddle of een ingebouwde Touch-Paddle!
- Paddle polariteit NORMAL / REVERSE instelbaar
- Ingebouwde 'Keep Alive' schakeling voor gebruik met een Power Bank
- Aanpasbaar aan alle bestaande transceivers, mits je de gepaste microfoon pluggen kan vinden (mannelijk en vrouwelijk nodig). Het basismodel gaat uit van de veel verspreide RJ-45 aansluitingen
- Voeding via de USB aansluiting van de Arduino, of vanuit de microfoonstekker van de transceiver, of door een externe voeding
- Gebruik als losse elektronische keyer voor transceivers zonder ingebouwde keyer (zelfbouw QRP zendertjes, enz.)
- Random CW generator, weergave van de tekens in de Serial Monitor en op OLED display
- Baken functie, tevens te gebruiken als memory keyer (1 geheugen van 80 tekens)
- Extra functies in te stellen via AT- commando's via de Serial Monitor
- Tekst invoeren en uitzenden via de Serial Monitor
- Testfunctie voor touch paddle
- Open Source software en volledige documentatie beschikbaar op <https://github.com/on7dq>

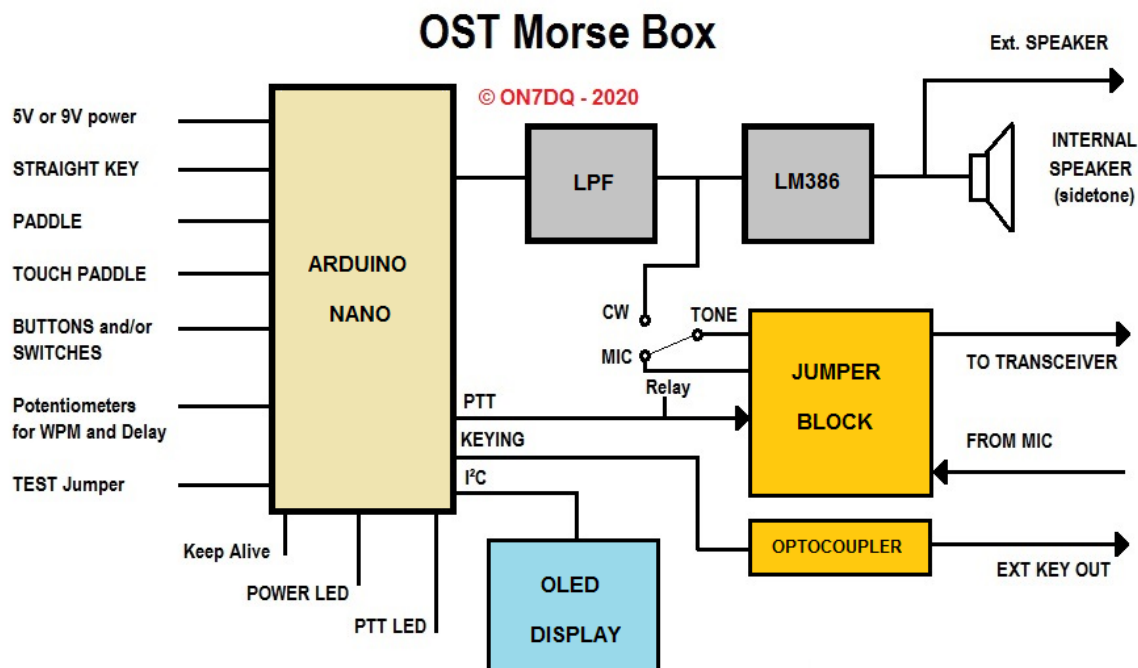
**Veelzijdigheid:** niet alle opties zijn verplicht uit te voeren, wie dat wenst kan de print gedeeltelijk bestukken om enkel de gewenste functies te bekomen. Dit staat duidelijk in de volgende bouwbeschrijving aangegeven.

Voor de software en de uitwerking van de printlayout gaat alle lof naar clublid **Gilbert, ONL12523**. Bij de ontwikkeling van het project kwam ik steeds weer met nieuwe ideeën, die Gilbert in de kortst mogelijke tijd wist bij te voegen.

Veel succes bij het bouwen, en veel plezier met het gebruik van de OST Morse Box!

Luc, ON7DQ – Juni 2020

## Blokschema - Werking



De Arduino Nano neemt de meeste functies op zich : links staan alle inputs: voeding, key en paddles, knopjes en/of schakelaars, potmeters, testjumper.

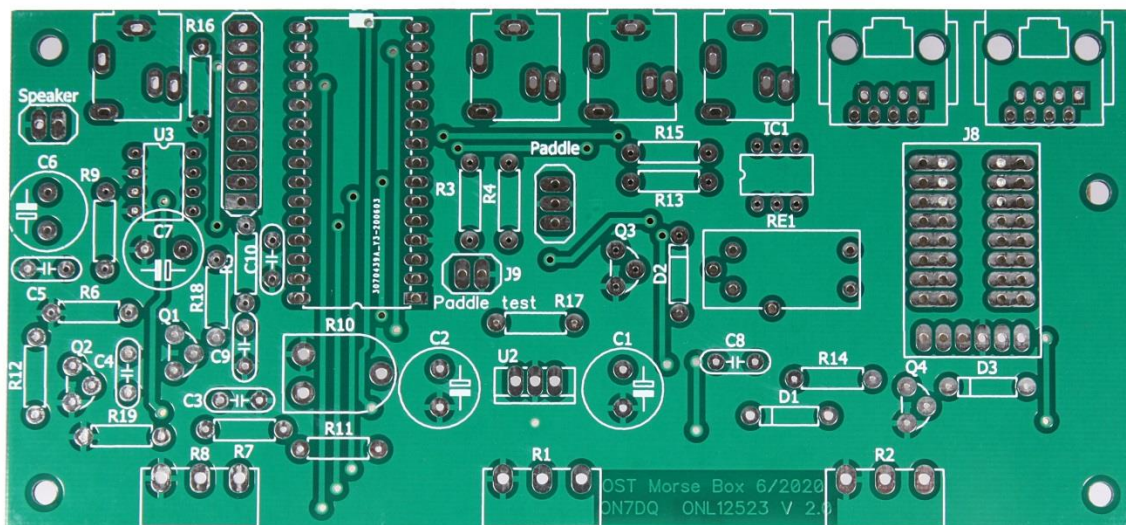
Rechts alles wat de Arduino uitstuurt: genereren van de sinus toon, LF versterker, interne of externe luidspreker, CW/MIC relais, PTT en Keying, weergave op OLED display.

Onderaan nog de keep alive schakeling, en aansluitingen voor 2 LED's.

Het jumper block zorgt voor de juiste aansluiting van de microfoon en de transceiver.

Via de optocoupler kan veilig een externe zender gesleuteld worden (QRP project, bakenzender, ...).

En voor je begint ... hier is de print !



## Bouwbeschrijving OST Morsebox

Voor schema en bestukkingstekening: zie achteraan.

### Minimale versie

Voor een eerste test bouwen we de Arduino en het audio gedeelte. Hiermee kan je off-air reeds CW toontjes maken, en heb je een zgn. 'Code Practice Oscillator' (CPO).

#### De Arduino Nano

Monteer eerst het hart van de schakeling: een **Arduino Nano ATmega328P**, bij voorkeur op een uitneembare voet (female headers), ofwel direct in de print monteren maar in dat geval de pinnen niet volledig doorduwen, maar juist ver genoeg om te kunnen solderen. Bij defect kan je dan alsnog alle pinnen doorknippen en een voor een uithalen om de print niet te beschadigen.

We gaan uit van een voorgeprogrammeerde Arduino Nano.

In het geval van een lege Arduino Nano, zie **Appendix 1** voor het programmeren van de Arduino.

#### Het audio gedeelte bestukken (LM386 en noodzakelijke randcomponenten)

R5 en R18 = 2 x 5,6 k $\Omega$

R6 = 1 k $\Omega$

R9 = 10  $\Omega$

C3 en C9 = 2 x 47 nF

C4, C5 en C10 = 3 x 100 nF

C6 en C7 = Elco 100  $\mu$ F/10V (of hoger)

Q1 = NPN transistor BC547B (of gelijkwaardig)

R8 = potmeter 10 k $\Omega$  logaritmisch, dit is de volumeregelaar.

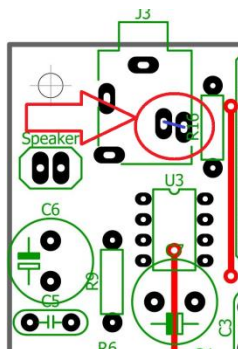
Vind je nergens zo'n logaritmische potmeter, plaats dan een gewone lineaire potmeter van 10 k $\Omega$  , en plaats dan ook de weerstand R19 = 2,2 k $\Omega$  (of één vijfde van de waarde van de potmeter).

Lees hier hoe dat precies werkt <https://www.qrp-labs.com/qcx/qcxmods/qcxvolume>

U3 = LM386 in een 8 pins IC voetje

J3 = 3,5 mm stereo jack, printmodel (externe speaker)\*

- \*Indien je geen externe luidspreker of hoofdtelefoon wil gebruiken, dien je de volgende eilandjes van J3 met een draadje te verbinden (zie figuur).



Speaker = een 2 pin header voor speaker aansluiting (of direct 2 draadjes naar speaker) + een luidsprekertje van 8 Ohm / 0,2 à 2W.



De potmeters R1 (DELAY) en R2 (WPM) zijn optioneel, maar wel aangeraden.

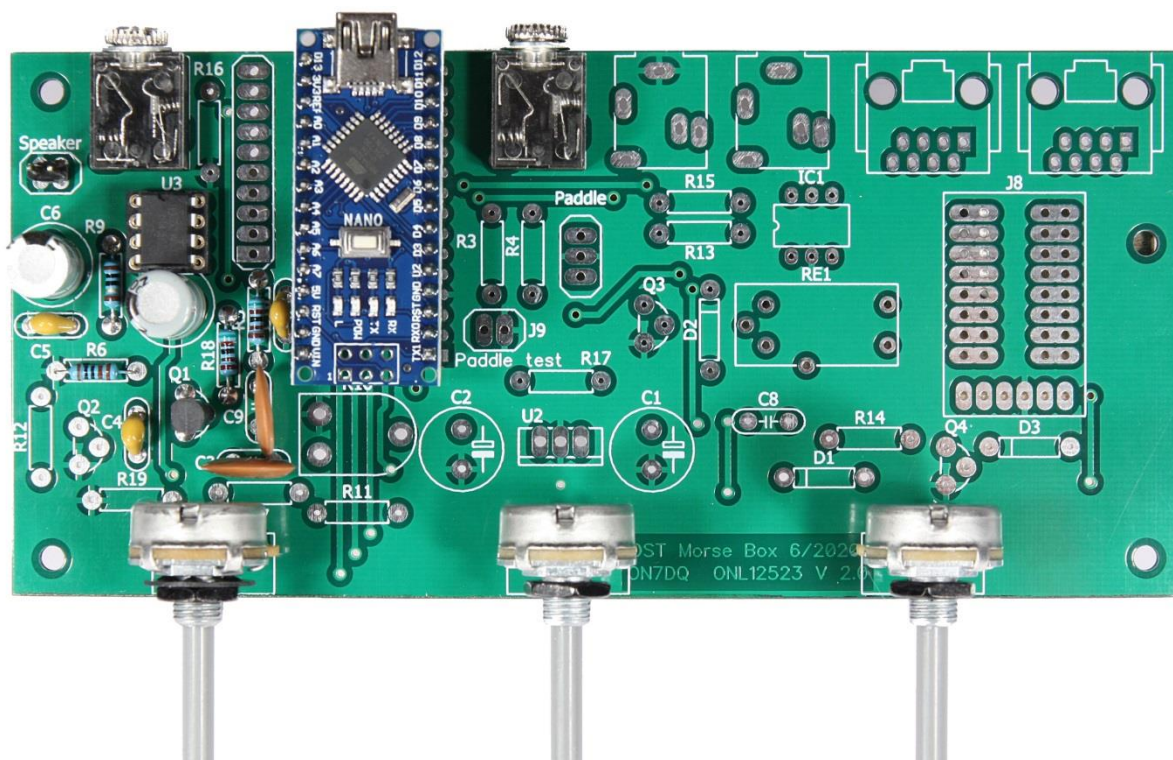
Indien je deze toch niet wenst te bestukken, moet je de looper van beide potmeters met een draadje naar massa te leggen. De software kiest dan bij het opstarten "default" waarden. Via de AT-commando's (zie Appendix 2) kan je deze waarden alsnog aanpassen. De aangepaste waarden worden in het flashgeheugen van de Arduino bewaard, zodat je de volgende keer weer met deze waarden opstart. De potmeters hebben steeds voorrang op de waarden in flash, tenzij je ze op nul regelt.

Wil je wel alles direct regelbaar? Bestuk dan nu de twee lineaire potmeters R1 en R2, beide = 10 k $\Omega$ .

J1 = 3,5 mm stereo jack, printmodel (KEY IN), voor seinen met een Straight Key (handpomp).

De Paddle en de Touch Paddle zijn opties (zie later).

Als je zover bent heb je dit resultaat:



Nu kan je reeds de schakeling **TESTEN!**

Naargelang je kennis hebt van de Arduino IDE (ontwikkelomgeving) of niet, heb je hier twee mogelijkheden.

**Mét kennis:** sluit de Arduino aan op de PC waar je ook de Arduino IDE opstart, kies de juiste instellingen (Board en COM poort), en open de Serial Monitor met snelheid 115.200 Baud.

**Zonder kennis:** sluit de Arduino aan op een powerbank, een 5V oplader, of op de USB poort van een PC (we gebruiken enkel de 5V voeding ervan).

Sluit een morsesleutel aan op J1 (KEY), en zet de volume-potmeter R8 ongeveer halfweg.

Als je nu de sleutel indrukt zou je moeten een morsetoon horen ... en in de Serial Monitor zie je ook de ingestelde waarden voor toon, delay en wpm.

**NEEN?** dan moet dit probleem eerst opgelost worden (zie Appendix 3, of vraag hulp).

**JA?** Proficiat! Ga verder met de volgende stap.

## Aansluiting naar de transceiver bestukken

Volg verder het schema, en plaats de volgende onderdelen.

R7 moet in test bepaald worden, maar neem als richtwaarde een weerstand van 100 k $\Omega$ , en monteer deze een stukje van de print verwijderd (verhoogd). Als de waarde sterk moet wijzigen kan je later deze weerstand "uitknippen" en een andere aan de achterblijvende pootjes solderen (ofwel de pootjes netjes uithalen en een nieuwe weerstand plaatsen).

Tip: bij de eerste testen vond ik voor volgende toestellen deze waarden

Kenwood TM-733E en Yaesu FT-857D : 100 k $\Omega$

Icom IC-706 MkIIIG : 10 k $\Omega$

R10 = een trimmer van 10 k $\Omega$ , waarmee we de modulatie (de zwaai van de FM transceiver) zullen instellen. Je kan dit op het gehoor doen, of meer correct d.m.v. de zgn. Bessel-nuldoorgang. Zie Appendix 4.

R13 en R14 = 2 x 4,7 k $\Omega$

C8 = 100 nF

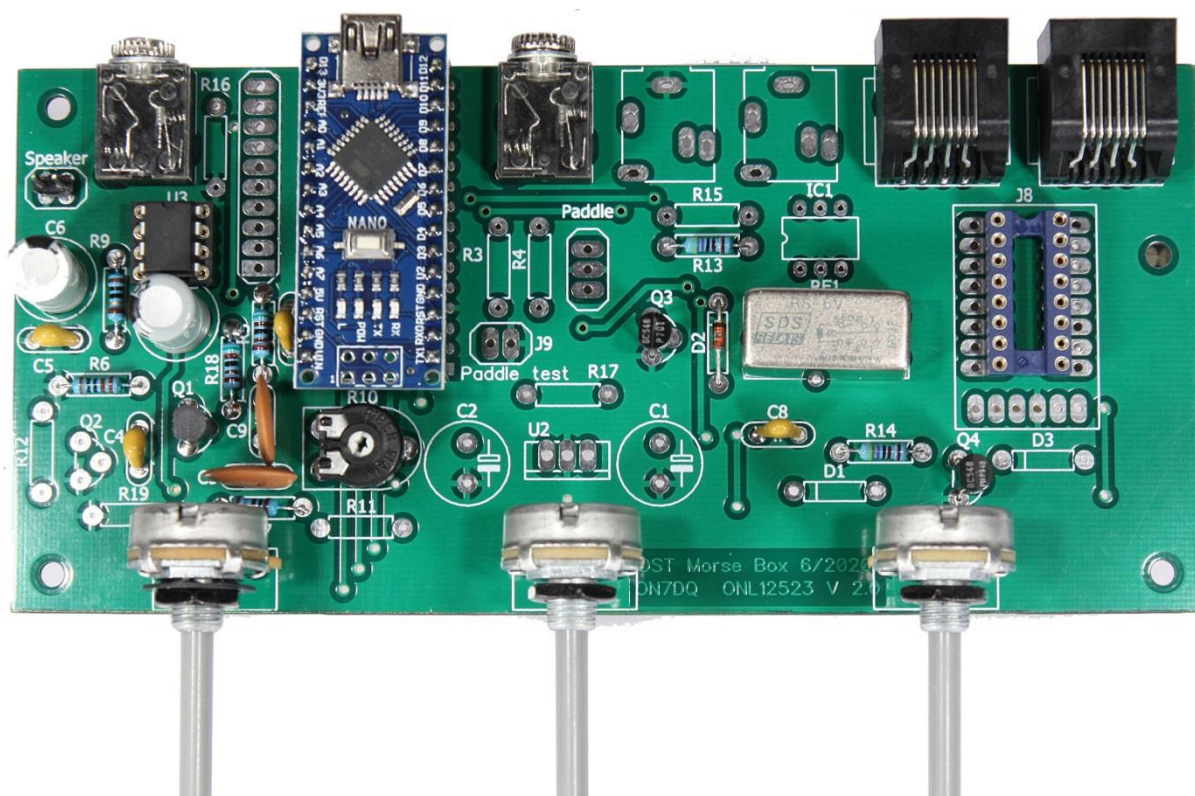
Q3 = NPN transistor BC547B (of gelijkwaardig)

Q4 = NPN transistor BC547B (of gelijkwaardig)

D2 = diode 1N4148

Relais RE1.1 en 1.2 (= de spoel+ de contacten), dit is het Audio relay In rust zal dit relais de microfoon doorverbinden, zodat de tranceiver normaal voor "voice" kan gebruikt worden.

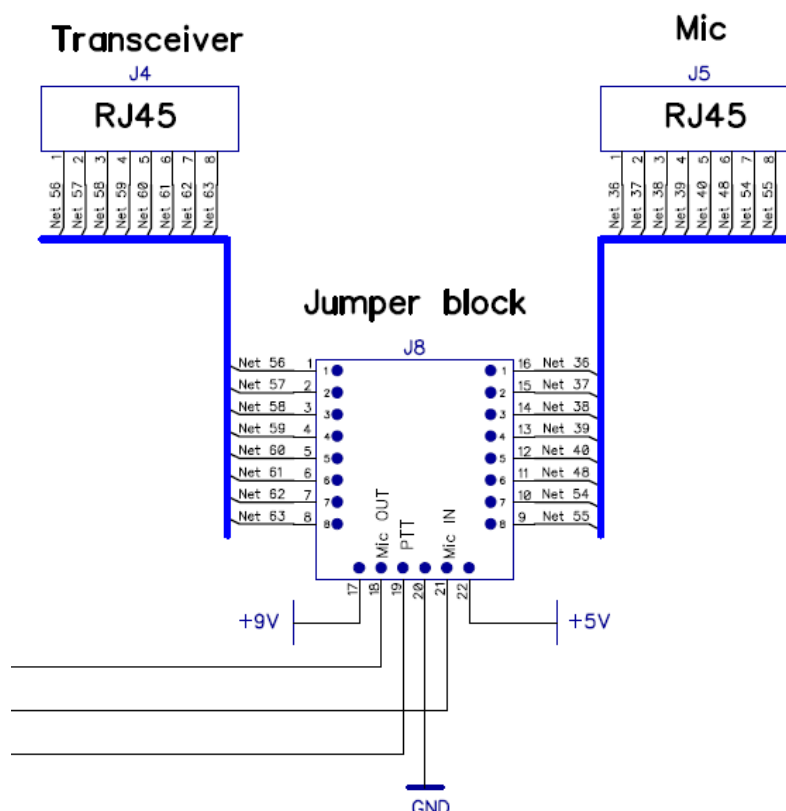
Je bekomt dit:



En nu komt het moeilijkste gedeelte ... de verbindingen naar de transceiver.

Op de print heb je een ruim uitgevoerd "schakelpaneel", het **Jumper Block**, waarmee je in principe alle bestaande transceivers kan aansluiten. Bekijk aandachtig de tekening hieronder.

Links zijn de aansluitingen naar de transceiver, rechts de aansluitingen komende van de microfoon. Onderaan zijn de verbindingen naar de Morse Box. Vier daarvan zijn strikt nodig: **Mic In, Mic Out, PTT en GND**. De andere zijn opties: **+9V** is om de schakeling vanuit de transceiver te voeden, **+5V** is om een eventuele zelfgemaakte schakeling aan de micro ingang te voeden (bvb. een zelfbouw Desktop Microfoon, een DTMF keyboard, een Voice Keyer ...).



Bekijk rustig alle mogelijkheden, en maak een verantwoorde keuze!

Als je een transceiver hebt met een RJ-45 microfoonaansluiting, zal je best de twee RJ-45 connectoren bestukken (J4 en J5).

Heb je een transceiver met een klassieke ronde microfoonplug, dan hoeft je die RJ-45's niet te bestukken, maar schaf je beter een chassisdeel aan waar de microfoon in past, en je maakt de bedrading rechtstreeks naar de juiste eilandjes op de print.

Naar de transceiver maak je dan een snoer met opnieuw een microfoonplug van hetzelfde model als aan de microfoon, en van dat snoer maak je ook alle verbindingen direct naar de print. Zorg wel voor een trekentlasting op het snoer.

Als alternatief zou je ook een korte ethernetkabel kunnen doorknippen en er een ronde microfoonplug aan monteren. Op de Morse Box kan je dan toch de RJ-45 connector J4-Transceiver gebruiken.

J8, het JUMPER BLOCK **kan** met een 16-pins IC-voetje uitgerust worden, maar het is geen vereiste.

LET OP: bestudeer de handleiding voor de gebruikte transceiver, sommige functies van de microfoon vereisen dat je bepaalde verbindingen direct doorlust van microfoon naar transceiver.



Voorbeelden: Voeding voor de electret microfoon, soms zit de DC op de microleiding, soms is het een aparte voedingslijn, de UP/DOWN toetsen, de PF toetsen (programmeerbare functietoetsen), een CALL button, een DTMF keyboard, ... .

We kunnen dit hier onmogelijk voor alle toestellen bespreken, maar we kunnen wel in een volgende versie van dit document de gevonden oplossingen toevoegen.

Deze website kan helpen om de aansluitingen te vinden <https://www.qsl.net/g4wpw/date.html>

In wat volgt geven we een voorbeeld voor een transceiver van elk van de drie grote merken:

**Kenwood, Icom en Yaesu**. Daarnaast bekijken we ook de mogelijkheid om een **DATA/PACKET** aansluiting te gebruiken, als die aanwezig is.

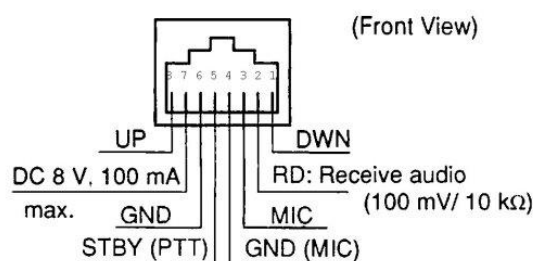
## Kenwood

Bij wijze van voorbeeld de aansluiting met RJ-45 connectoren voor een **Kenwood TM-733E**

Uit de gebruikershandleiding halen we de volgende microfoon aansluitingen.

Merk op dat de connector ondersteboven staat t.o.v. de op de print gemonteerde connector.

### MICROPHONE CONNECTOR



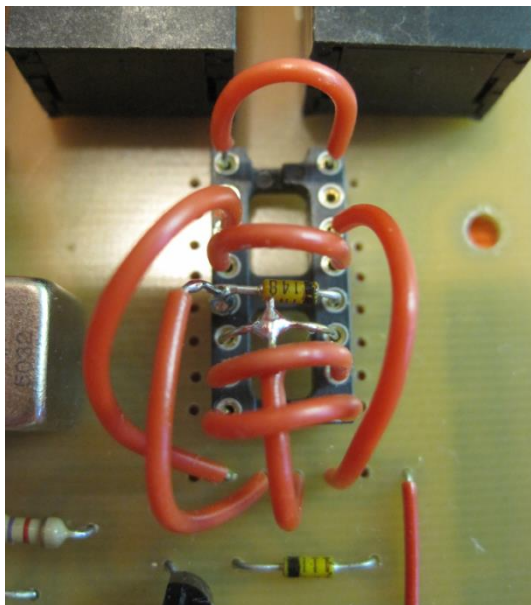
Daarom zetten we dit om in volgende tabel:

Pin 1	DWN
Pin 2	(RX audio)
Pin 3	MIC
Pin 4	MIC GND
Pin 5	PTT
Pin 6	PTT GND
Pin 7	DC 8V
Pin 8	UP

In het Jumper Block moeten nu volgende verbindingen gemaakt worden, dit kan met kleine stukjes montagedraad als je een IC-voetje gebruikt hebt, of je kan alle verbindingen ook ineens in de eilandjes solderen. De cijfers tussen haakjes verwijzen naar de nummering van het Jumper Block.

- DWN (1) – (16)
- niets (2)
- MIC (3) Transceiver kant, naar MIC OUT (18)
- MIC (14) Microfoon kant, naar MIC IN (21)
- MIC GND (4) – (13)
- PTT (5) – (12), via diode D3 = 1N4148, met de kathode aan microfoonkant (12), en ook PTT (5) Transceiver kant naar PTT (19)
- GND (6) – (11), én ook naar GND van de print = (20)
- DC 8V (7) – (10)
- UP (8) – (9)

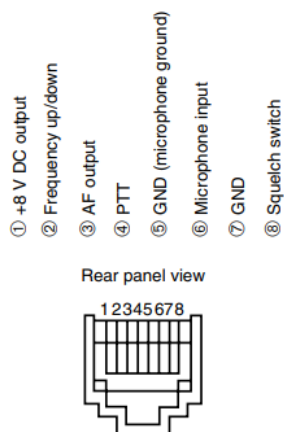
Het ziet er allicht veel ingewikkelder uit dan het is. Bij twijfel, vraag assistentie aan de ontwerpers!  
Voor R7 nam ik 100 k $\Omega$ . Als alles klaar is ziet het er zó uit:



**Kenwood Jumper Block**

## Icom

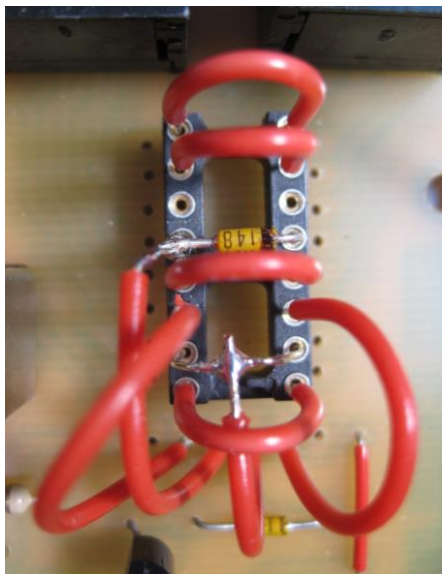
Als voorbeeld de bedrading voor een **Icom IC-706 MkII**. De aansluiting zijn bij Icom de volgende:



De nodige verbindingen worden hier dus:

- +8V (1) - (16)
- UP/DWN (2) - (15)
- niets (3)
- PTT (4) - (13), via diode D3 = 1N4148, met de kathode aan microfoonkant (13),  
en ook PTT (4) Transceiver kant naar PTT (19)
- MIC GND (5) – (12)
- MIC (6) Transceiver kant naar MIC OUT (18)
- MIC (11) Microfoon kant, naar MIC IN (21)
- GND (7) – (10), én ook naar GND van de print (20)
- niets (8)

Voor R7 moest ik een kleinere waarde nemen, bvb. 10 kΩ, anders was de modulatie te zwak.  
Zó ziet het er uit voor een Icom:

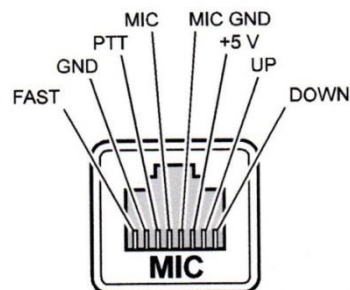


Icom Jumper Block

## Yaesu

Als voorbeeld de bedrading voor een **Yaesu FT-857D**. De aansluitingen zijn bij Yaesu de volgende:  
Ook hier staat de connector ondersteboven getekend,  
we maken voor de zekerheid weer een tabel:

Pin 1	DWN
Pin 2	UP
Pin 3	+5 V
Pin 4	MIC GND
Pin 5	MIC
Pin 6	PTT
Pin 7	PTT GND
Pin 8	FAST

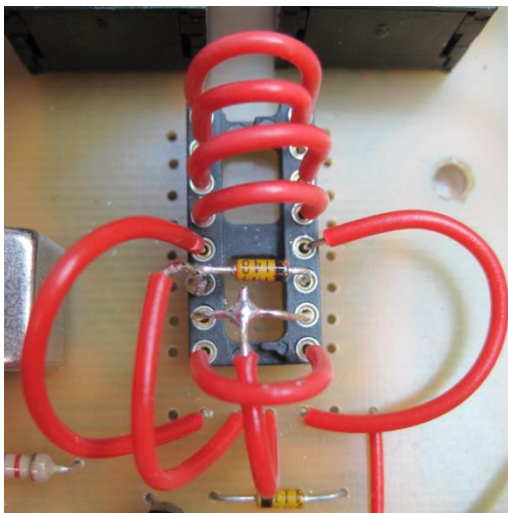


**LET OP:** Yaesu geeft bij de FT-857D voor de +5V een maximale stroom van 10 mA aan, dit is **NIET OK** voor de Morse Box! Te controleren bij een ander model van Yaesu.

De verbindingen worden nu:

- DWN (1) - (16)
- UP (2) - (15)
- +5 V (3) - (14)
- MIC GND (4) - (13)
- MIC (5) Transceiver kant, naar MIC OUT (18)
- MIC (12) Microfoon kant, naar MIC IN (21)
- PTT (6) - (11), via diode D3 = 1N4148, met de kathode aan microfoonkant (11), en ook PTT (6) Transceiver kant naar PTT (19)
- GND (7) - (10), én ook naar GND van de print = (20)
- FAST (8) - (9)

Voor R7 nam ik hier opnieuw 100 k $\Omega$ .  
En zo ziet het er uit voor een Yaesu toestel:



**Yaesu Jumper Block**

## Opties

Elk van de volgende opties kan onafhankelijk gebruikt worden, kies maar uit wat je nuttig vindt.

### OLED Display

Een klein OLED display van 128x64 pixels wordt aangestuurd via de I<sup>2</sup>C bus. Hierop kan je de ingestelde DELAY en WPM aflezen, en ook de geseinde random karakters van de oefengenerator. Om geheugen te besparen wordt een ASCII library gebruikt, zodat we enkel tekst op het display kunnen plaatsen.

De bestukking is zeer eenvoudig, je hebt slechts vier draadjes nodig: massa, voeding, SDA en SCL.

[Opmerking: de Vcc voor het display is 3,3 V, maar kan ook 5V verdragen.

De I<sup>2</sup>C logica van de Arduino is ook 5V, maar gezien we enkel de I<sup>2</sup>C lijnen “laag” trekken of laten “zweven”, komt er geen 5V op de I<sup>2</sup>C lijnen van het display.]

Je kan de draadjes rechtstreeks aan print en display solderen, of male en female headers gebruiken, naar keuze.

Sluit de vier draadjes als volgt aan op de header **J6**, deze zit tussen de Arduino en de EXT Speaker jack J3. PIN 10 zit het dichtst bij de rand van de print.

PIN 1 naar SCL  
PIN 2 naar SDA  
PIN 6 naar Vcc  
PIN 7 naar GND

### Gewone paddle

Bestuk de 3,5 mm jack J2, en je kan beginnen ‘paddelen’ (voor ON4AIM is dat ‘padellen’ ;-).

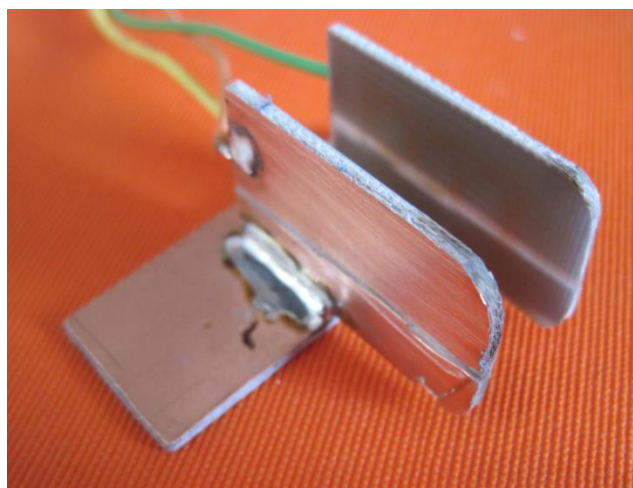


## Touch paddle

Maak een touch paddle zoals op de foto. Deze bestaat uit drie stukjes printplaat. Twee daarvan vormen de contacten, geïsoleerd van massa door een reepje koper weg te nemen.

Maak er een persoonlijk ontwerp van, maar zorg dat er wat "massa" in de buurt van beide contacten is, dit vormt een capaciteit tussen paddles en massa, en hierop steunt de werking van een "capacitive touch sensor".

Monteer weerstanden **R3** en **R4**, beide =  $1\text{M}\Omega$ .



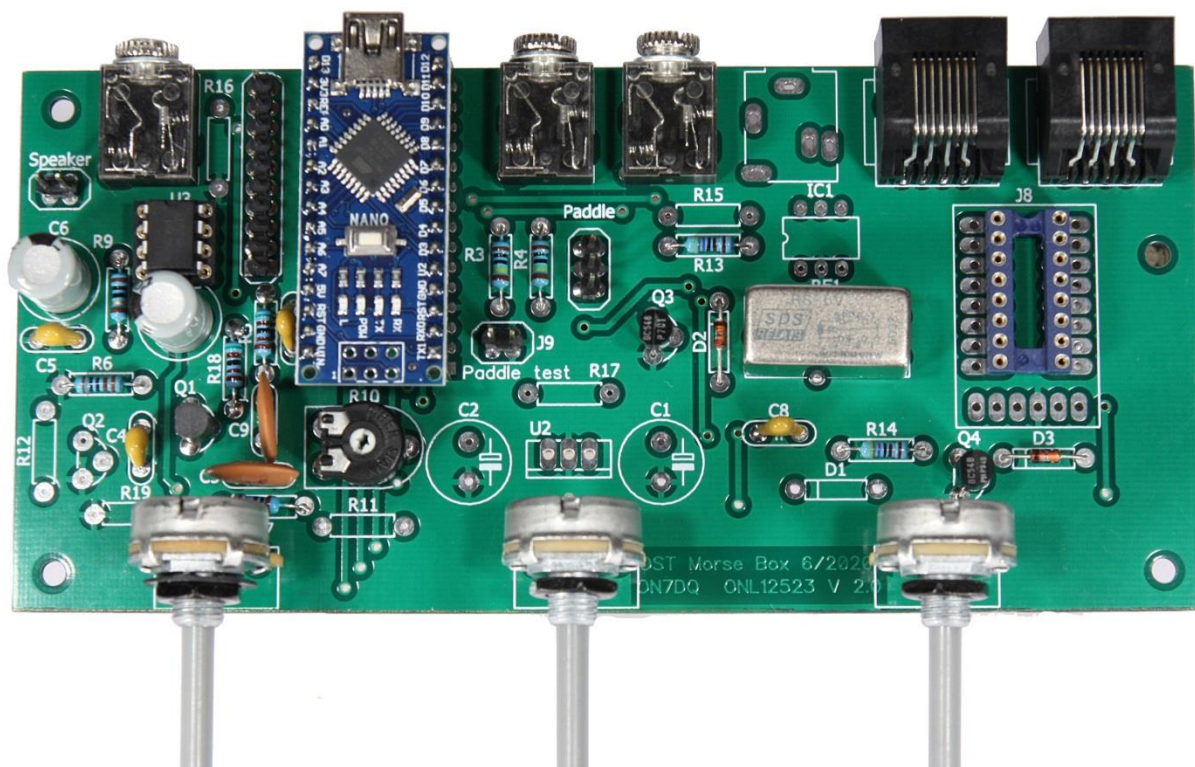
**Werking:** de Arduino zet +5V op de uitgang D9, via de twee hoge weerstanden kunnen de kleine capaciteiten nu opgeladen worden. De nodige tijd voor het opladen wordt opgemeten. Bij aanraken van de paddle zal deze tijd groter zijn, en dan is er dus "contact".

Verbind de touch paddle met de 3-pins header **Paddle** op de print (naast R3/R4), of soldeer draadjes rechtstreeks in de print.

Het midden is massa, DIT en DAH contacten moet je zelf even uitzoeken, naargelang je links- of rechtshandig bent (je kan dit ook nog in software omkeren via een AT+ commando, zie Appendix 2).

Ter controle kan je ook nog de testfunctie voor de touch paddle activeren. Zie verder bij Gebruik (p. 21).

Na deze opties heb je volgende print, externe onderdelen worden niet getoond:



## DC input en regelaar

### LET OP: WAT VOLGT KAN SCHADELIJK ZIJN VOOR DE TRANSCEIVER DEZE OPTIE IS VOLLEDIG OP EIGEN RISICO UIT TE VOEREN!

Wens je de schakeling te voeden uit de microfoonleiding van de transceiver, dan moet je **eerst twee zaken bekijken**:

- Is er spanning beschikbaar op deze connector, en hoeveel volt bedraagt deze?
- Wat is de maximale stroom die je uit deze aansluiting mag halen? Je hebt tot **70 mA** nodig.

Vb.: bij de TM-733E is 8V beschikbaar met maximum 100 mA.

Denk je dat het veilig is, dan kan je de spanningsregelaar U2 = type 7808 plaatsen, indien de spanning uit de transceiver **13.8V** is. Een koelplaat is meestal niet nodig.

Bij sommige transceivers is de spanning echter reeds **8V**, dan mag je de regelaar weglaten, en een jumper plaatsen van de ingang naar de uitgang van U2.

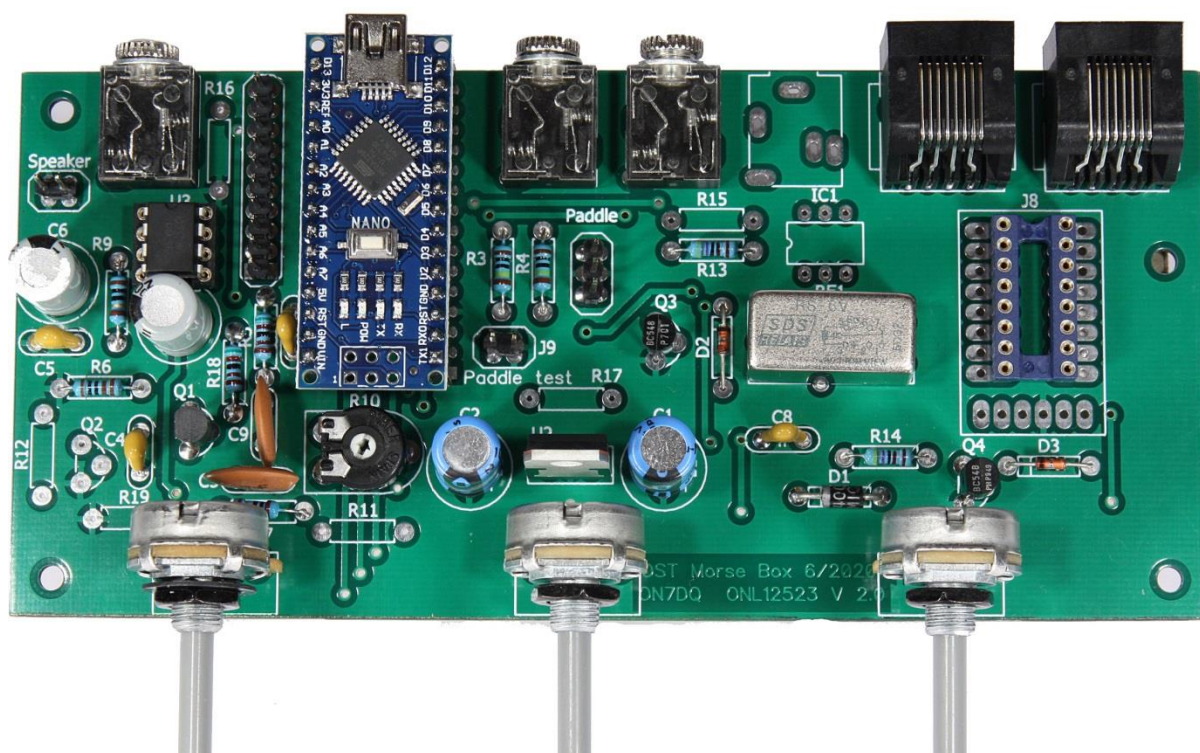
Nog veiliger is een kleine gewone of een "polyfuse" zekering te plaatsen van bvb. 100mA.

Plaats in ieder geval de diode D1 = 1N4007, en de elco's C1 = 100  $\mu$ F/25V (of hoger) en C2 = 10  $\mu$ V/16V (of hoger).

Verbind in het jumperblock de pin +9V (pin 17) met de gepaste pin op J4 - Transceiver.

**Opmerking:** deze optie kan natuurlijk ook gebruikt worden om een aparte netvoeding aan te sluiten, bijvoorbeeld een 12V adapter of iets dergelijks, of eventueel ook een rechtstreekse aansluiting op dezelfde voeding als de transceiver (13.8V). Zorg in dat geval ook voor een zekering in het voedingsnoer. Plaats deze spanning op pin +9V (17) in het Jumper Block, maar verbindt deze dan niet aan de transceiver noch microfoon!

Met de regelaar erbij ziet het er zo uit:





## Transceiver keying output

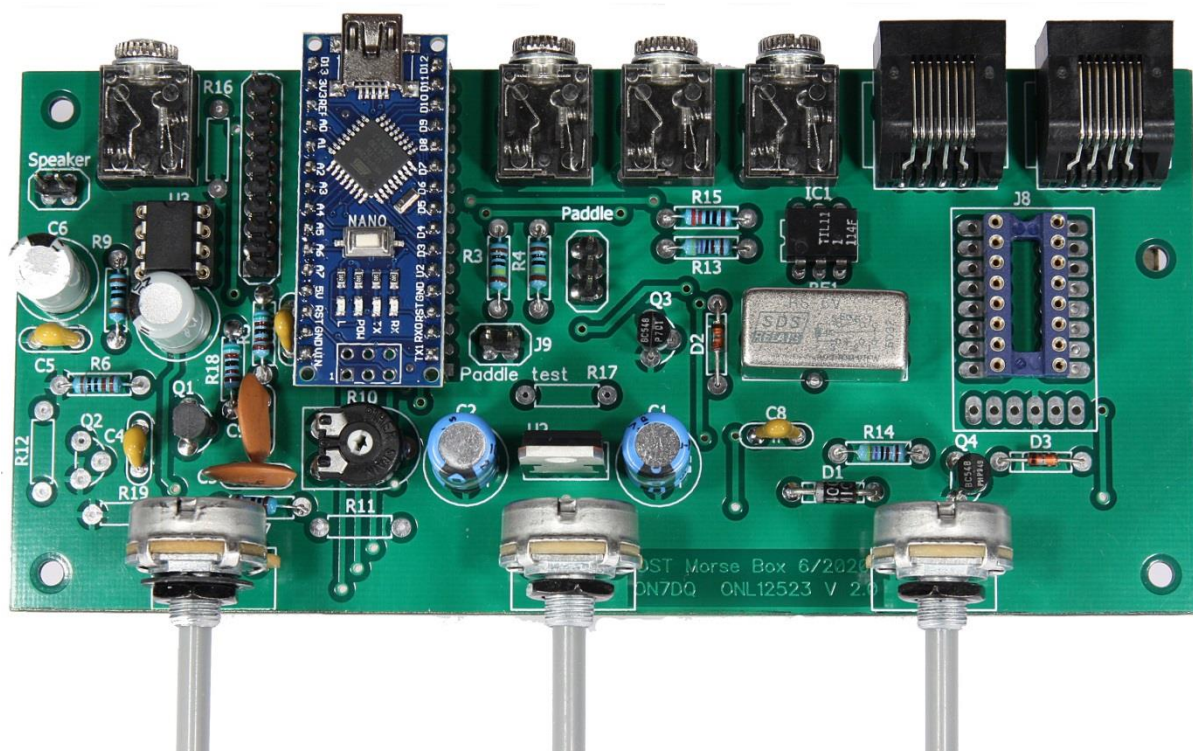
De Morse Box kan ook als gewone elektronische CW keyer gebruikt worden, bvb. om een zelfbouw QRP transceiver aan te sturen. Bestuk hiervoor:

R15 = 220Ω

IC1 = optocoupler TIL111, CNY17, of gelijkwaardig, best in een 6-pins IC-voetje plaatsen

J7 = de keying jack, 3,5 mm stereo model, met KEY OUT = TIP

Dan zijn we er bijna:



## Keep Alive schakeling

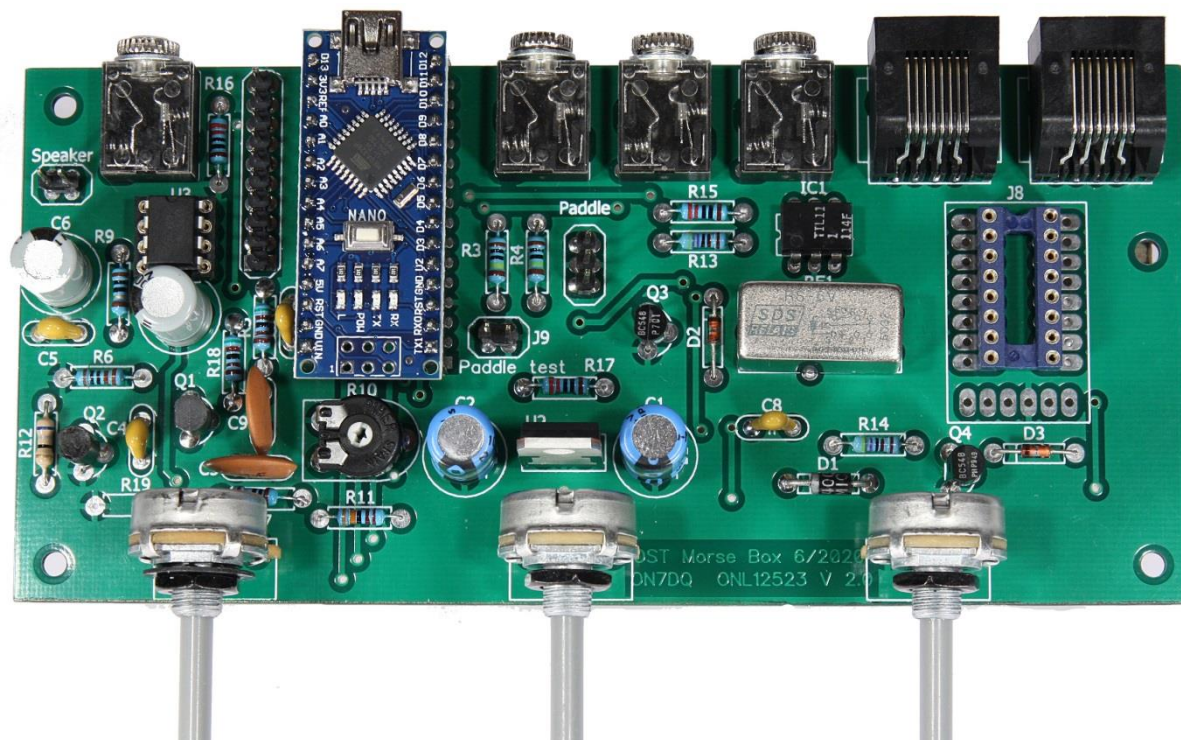
Bij voeding van de schakeling uit een zgn. powerbank kan het gebeuren dat de powerbank zichzelf uitschakelt bij te weinig stroom. De Morse Box gebruikt immers slechts een 10 mA in rust.

De Keep Alive schakeling trekt om de 10 seconden een stroom van 80 mA gedurende 300 ms, dit zou bij de meeste powerbanks moeten volstaan om hem 'levend' te houden.

Bestuk hiervoor: R11 = 3,3kΩ, Q2 = BC547B (of gelijkwaardig) en R12 = 68Ω.

Opmerking: **gebruik deze optie enkel als het nodig is**, de schakeling kan een licht getik in de luidspreker veroorzaken.

En met deze laatste optie is de print volledig klaar !



## Extra “toeters en bellen”!

### Knopjes

De inputs A1, A2 en A3 van de Arduino zijn nog vrij, en worden (voorlopig) voor de volgende functies gebruikt. Ze zijn beschikbaar op header J6. Voor elke functie een drukknop of schakelaar naar massa aansluiten volstaat. Zie ook de gebruikshandleiding.

#### A1. Random Morse generator (J6 pin 5)

Met een drukknop van lijn A1 naar massa, wordt bij iedere druk op de knop een groepje morsetekens gegenereerd. Dit kunnen zowel letters, cijfers als leestekens of zgn. “prosigns” zijn, het aantal tekens is ook variabel, om er *een beetje de spanning in te houden*.

Wens je continu te oefenen, dan kan je de drukknop ingedrukt houden, of je monteert een extra schakelaar over de contacten van de drukknop.

TIP: er bestaan handige schakelaartjes die zowel drukknop als schakelaar zijn. In de ene richting veert de hendel terug (= drukknop), in de andere richting blijft de hendel staan, bvb. deze:



item-no.: MS 500D  
Toggle switch, 1-pin, 6 A - 125 V AC, on-off-(on)

Type:	Miniature tumbler switch
Design:	ON - OFF - (ON)
Pole number:	1
Connection:	Soldered/plug connection
Load limit:	125 V AC 6 A
Mounting:	M6x0.75
Boring aperture:	6.2 mm
Material:	Fine silver contacts
Length:	13 mm



De tekens worden ter controle weergegeven in de Serial Monitor, en op het OLED display.

LET OP: tijdens de oefening wordt ook de PTT geactiveerd!

Schakel dus de transceiver uit, of voorzie een schakelaartje om de PTT te onderbreken als je enkel lokaal wil oefenen, maar toch nog QSO wil maken met de transceiver. Met het schakelaartje moet je dan de lijn (19) in het Jumper Block onderbreken.

## A2. Baken of Memory Keyer (J6 pin 4)

Zelfde werking als bij A1. Plaats een drukknop voor eenmalige uitzending van een bakentekst van maximaal 80 tekens. Plaats een schakelaar (over de drukknop) om de tekst continu uit te zenden, met een herhalingsstijd, die ingesteld wordt met BTIME via de Serial Monitor.

De tekst kan je enkel “voorprogrammeren” via de Serial Monitor, je kan hem dus niet “inkeyen”. Om de tekst uit te zenden heb je de Serial Monitor echter niet nodig.

Zie Appendix 2 voor de bijbehorende AT commando's.

## A3. (J6 pin 3)

Voorlopig niet toegewezen. Wie bezorgt ons een goed idee ?

## LED's

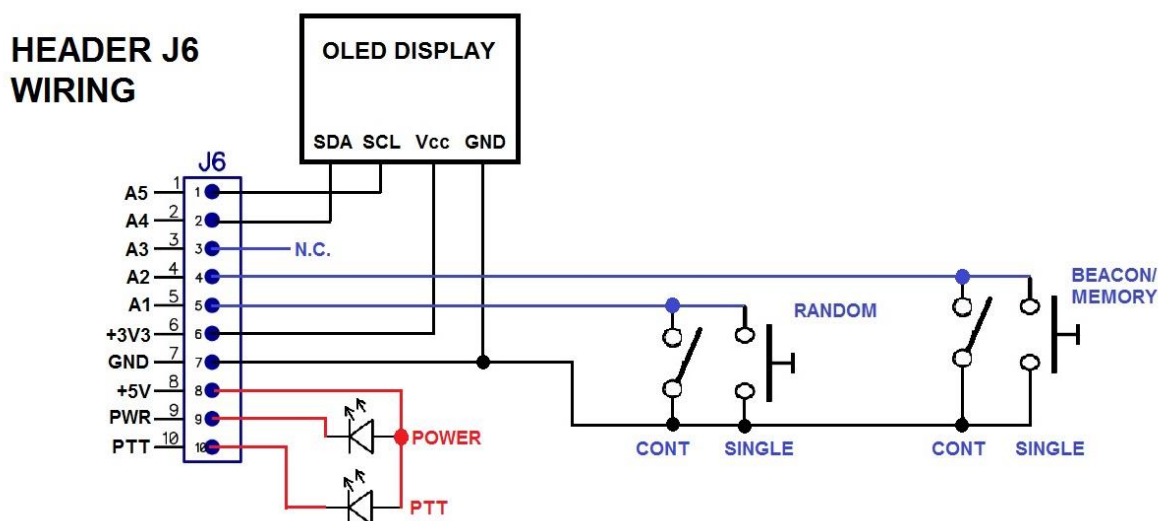
Er zijn ook twee aansluitingen voor (optionele) LED's op J6, de nodige weerstanden van 220  $\Omega$  (of groter) moet je op de print monteren bij R16 en R17.

De LED's sluit je aan met de anode aan de +5V op J6 – PIN 8

Een POWER LED sluit je aan met de kathode aan J6 – PIN 9

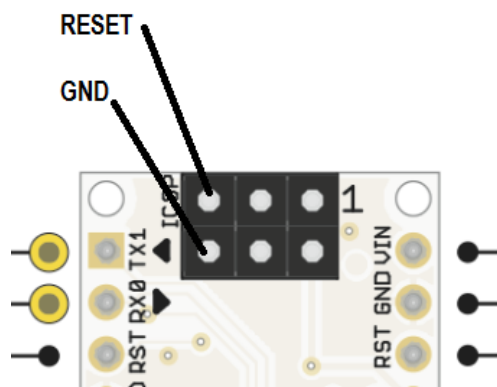
Een TX LED (PTT) sluit je aan met de kathode aan J6 – PIN 10

Hier de volledige bedrading van J6



## Reset

Je kan de Arduino resetten met het knopje op de Arduino zelf, maar na inbouw in een behuizing is dat knopje niet meer bereikbaar. Wie dat wenst kan een externe reset knop voor de Arduino voorzien. De reset lijn is beschikbaar op pin 5 van de ICPS header van de Arduino Nano, zie figuur. Op pin 6 is massa beschikbaar.



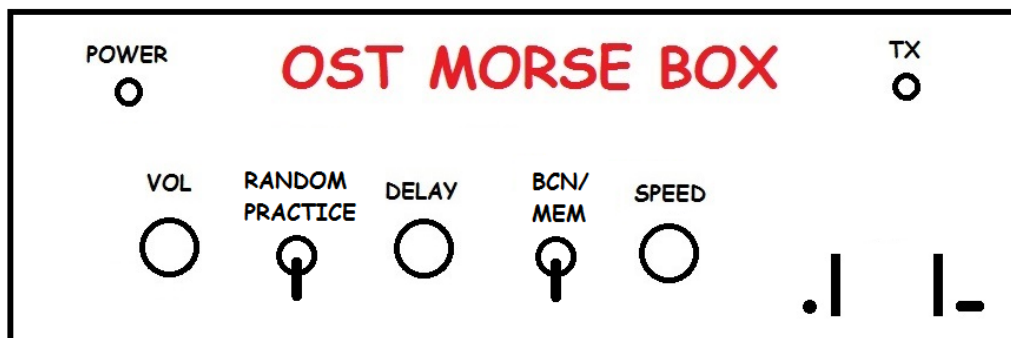
De Arduino kan ook gereset worden door de voeding te onderbreken, of door de Serial Monitor opnieuw te starten, en ook met een Reset knop in het Windows programma.

## Inbouw - Behuizing - Aansluitingen

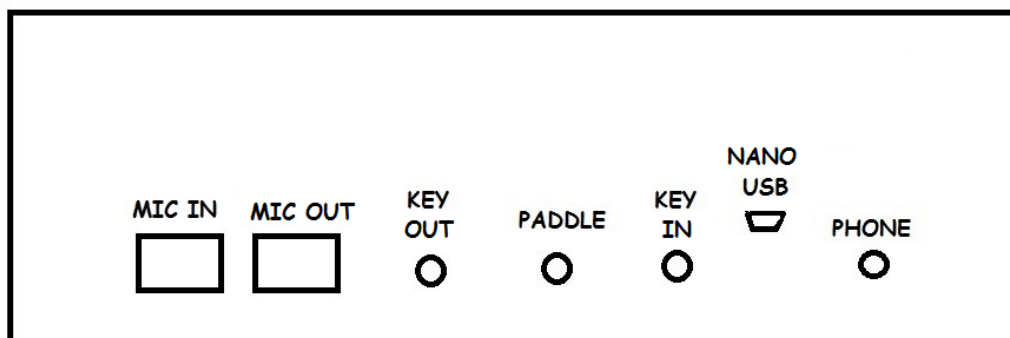
Je kan maar eer halen van je werk als je de OST Morse Box ook netjes in een behuizing inbouwt. Omdat iedereen daar een ander doel mee zal hebben is er geen verplichte methode, we geven hier slechts enkele ideeën.

Hier alvast een 'artists impression' van hoe het er vooraan en achteraan kan uitzien ...

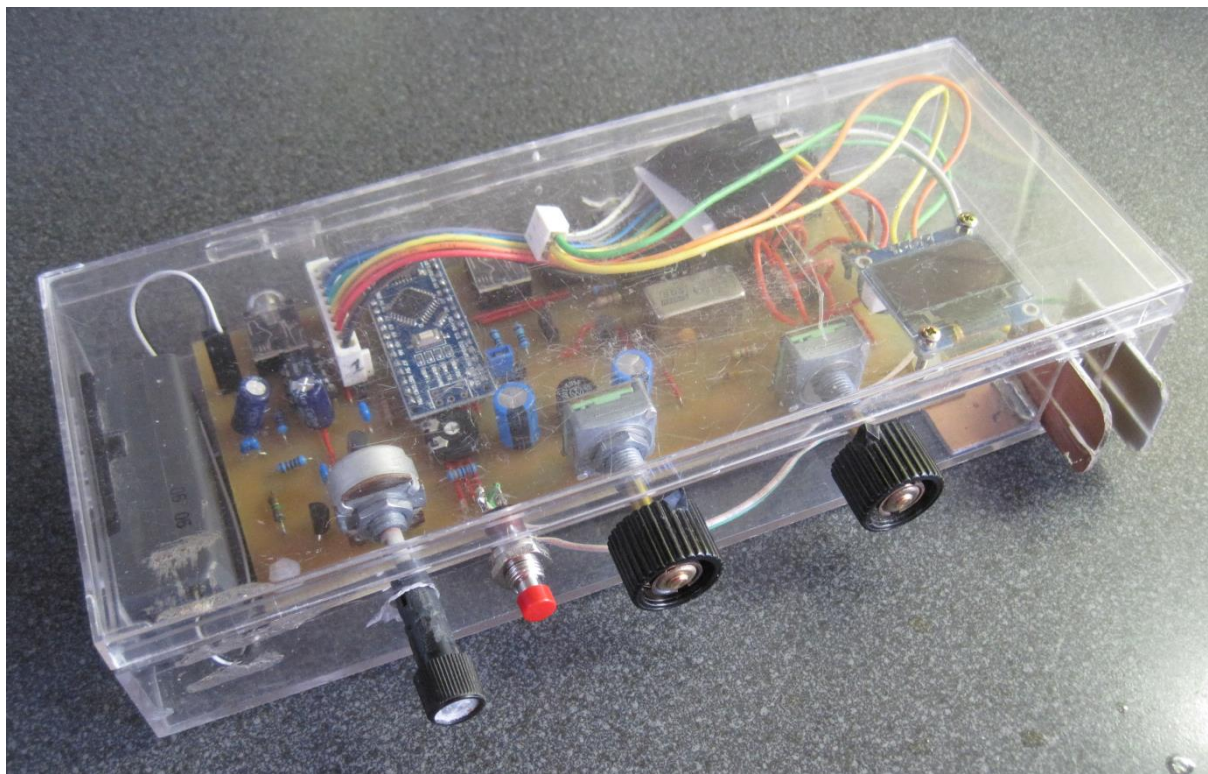
**voor**



**achter**

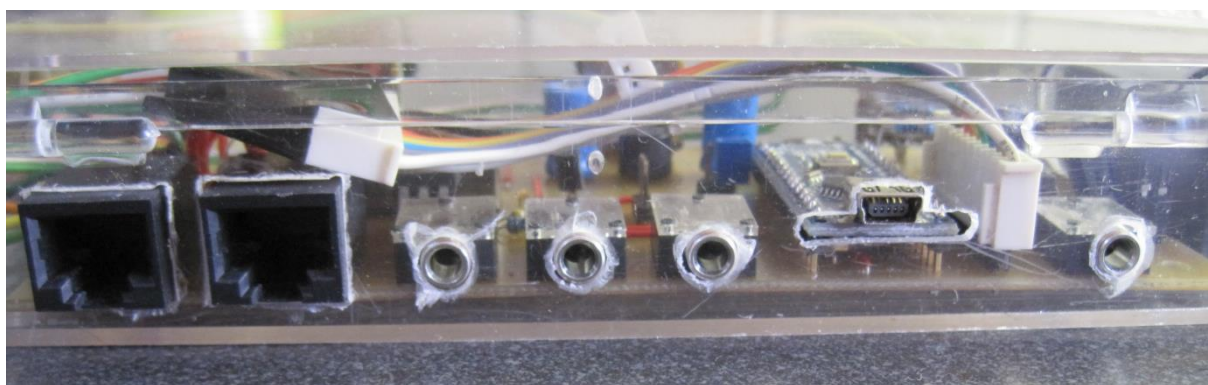


Ik vond zelf niet direct een geschikte behuizing, behalve deze doorzichtige “sigarendoos”. Het prototype vond hierin een onderkomen, door een combinatie van boren, vijlen en “smelten” met de soldeerbout.



Niet onmiddellijk de mooiste behuizing, en ook niet afgeschermd tegen RF velden, maar wel zeer didactisch, de hele schakeling is boven en onder goed zichtbaar .. WYSIWYG!

De aansluitingen op de achterzijde:



Wie een mooiere behuizing gemaakt heeft, stuur ons een foto, dan nemen we deze op in deze handleiding !



## Onderdelenlijst

\* Sommige onderdelen moet je in test bepalen, of kiezen naargelang de optie, zie bouwbeschrijving.  
Niet in de lijst : diverse pins of pinheaders + draadjes om externe zaken aan te sluiten, materiaal voor een touch paddle.

In de lege linkerkolom kan je afvinken wat je reeds bestukt hebt.

	Naam	Waarde/Type	Opm		Naam	Waarde/Type	Opm
	C1	100uF			R1	Potm 10k lin	Delay
	C2	10uF			R2	Potm 10k lin	WPM
	C3	47n			R3	1M	
	C4	100n			R4	1M	
	C5	100n			R5	5k6	
	C6	100uF			R6	1k	
	C7	100uF			R7 *	10k of 100k	Zie tekst
	C8	100n			R8 *	Pot 10k log, of 10k lin	Zie tekst
	C9	47n			R9	10	
	C10	100n			R10	Trimmer 10k	liggend
					R11	3k3	
	D1	1N4007			R12	68	
	D2	1N4148			R13	4k7	
	D3 *	1N4148	PTT diode		R14	4k7	
					R15	220	
	IC1	TIL111			R16	220	
					R17	220	
	J1	Jack 3,5 mm	Key		R18	5k6	
	J2	Jack 3,5 mm	Paddle		R19	2k2	
	J3	Jack 3,5 mm	Speaker ext				
	J4	RJ45 plug	Transceiver		RE1	SDS-Relay 6V	
	J5	RJ45 plug	Mic		SPKR	Header 2 pins	Speaker
	J6	Header 10p	OLED, Buttons, LEDs		U1	Arduino Nano	
	J7	Jack 3,5 mm	Keying OUT		U2 *	7808, of jumper, of zekering	Zie tekst
	J8	Jumper block	(16p IC voetje)		U3	LM386	
	J9	Header 2 pin	Paddle TEST		OLED	Display 0.96"	128X64
					LED Groen	Power ON	
	Paddle	Header 3 pin	Touchpaddle		LED Rood	PTT ON	
					Varia:		
	Q1	BC547B	Of		USB-A naar	Mini-USB	Kabeltje
	Q2	BC547B	equivalente		RJ-45	Ethernetkabel	50cm à 1m
	Q3	BC547B	NPN		5V Voeding	Powerbank of	andere bron
	Q4	BC547B	transistor		Drukknopjes,	Schakelaars	Zie tekst

## Gebruik - Bediening

Het gebruik van alle mogelijkheden van de OST Morse Box vergt wel enige uitleg.

We gaan er van uit dat je alle opties geïnstalleerd hebt, en ook de Serial Monitor kan gebruiken.

### Opstarten bij aansluiting van de voeding, of na het drukken van de reset knop op de Arduino Nano

Het OLED scherm toont 1 seconde het versienummer, daarna de ingestelde parameters.



In de Serial Monitor worden de volgende instellingen getoond.

```

COM11
OST Morse Box Ver. 1.4 Copyright (c) ON7DQ Luc & ONL12523 Gil

TONE_FREQ = 850 Hz AT+FREQ=
WPM = 16 AT+WPM=
CHAR_INTERVAL = 3 AT+CHARINT=
PTT_DELAY = 2950 mS AT+DELAY=
PADDLE = Normal AT+PADDLE=
BEACON TEXT = <Empty> AT+BTEXT=
BEACON_DELAY = 120 Sec AT+BTIME=

```

De betekenis van deze waarden (zie ook Appendix 2):

- TONE\_FREQ                      De toonfrequentie die opgeslagen is in het EEPROM geheugen.
- WPM                              De instelling van potmeter R2.  
Wanneer geen potmeter aangesloten is wordt de in EEPROM opgeslagen waarde getoond.
- CHAR\_INTERVAL                De karakter spatie die opgeslagen is in het EEPROM geheugen.
- PTT\_DELAY                      PTT delay in mS. De instelling van potmeter R1.  
Wanneer geen potmeter aangesloten is wordt de in EEPROM opgeslagen waarde getoond.
- PADDLE                          De instelling die in het EEPROM geheugen opgeslagen is.

- BEACON\_TEXT            De baken tekst die in het EEPROM geheugen opgeslagen is.
- BEACON\_DELAY        De baken tijd die in het EEPROM geheugen opgeslagen is.

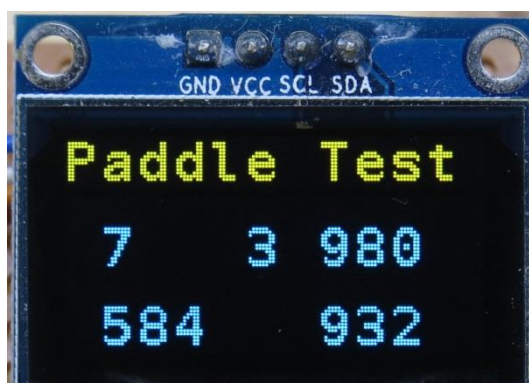
Op het OLED scherm worden enkel de belangrijkste parameters getoond



- WPM                    De instelling van potmeter R2.  
Wanneer geen potmeter aangesloten is wordt de in EEPROM opgeslagen waarde getoond.
- Charint                De karakter spatie die opgeslagen is in het EEPROM geheugen.
- Dly                    De PTT delay in seconden.

#### **Paddle Test Mode, na opstarten of resetten met een jumper op J9 (pin D2 aan massa)**

Dit is een testprogramma om de werking van de capacitieve sensors te tonen.



Op de tweede lijn:

- Eerste getal            Tijd in mS van de capacitieve testroutines
- Tweede getal          Gemeten waarde bij aanraken van de linkse paddle
- Derde getal            Gemeten waarde bij aanraken van de rechtse paddle

Op de derde lijn:

- Eerste getal                      Instelling van de WPM potmeter R2. Tussen 0 en 1010.
- Tweede getal                    Instelling van de Delay potmeter R1. Tussen 0 en 1010.

Bij aangesloten Serial Monitor worden dezelfde waarden ook getoond.

Na de test, de jumper wegnemen en resetten.

### Morse sleutel en Paddle keyer

Bij indrukken van de morsesleutel wordt het audiorelais ingeschakeld, de PTT lijn wordt laag getrokken en de audiotoon start. Ook de PTT timer wordt hier geladen met de PTT\_DELAY waarde.

Dit heeft ook voor gevolg dat wanneer de sleutel ingedrukt blijft (wanneer de HAREC cursus op de sleutel blijft liggen!) dat na verloop van de PTT\_DELAY toch de zender uitgeschakeld wordt.

Met de Paddle Keyer worden punten en strepen gemaakt volgens de ingestelde WPM waarde. De uitgezonden punten en strepen worden op de Serial Monitor getoond.

Lees hier meer over de juiste timing van de morsecode: [Morse World](#)

### Random morse oefeningen

De OST Morse Box bevat een handige 'morse trainer'.



Met een drukknop of schakelaar pin A1 verbinden naar massa. Deze pin is beschikbaar op header J6.

Let erop dat bij de oefeningen ook de PTT geactiveerd wordt, om zo ook op de band oefeningen te kunnen geven. Als dat niet de bedoeling is: transceiver uitschakelen, ofwel een extra schakelaartje opnemen in de PTT lijn naar de transceiver (zie Bouwbeschrijving).



Met een **drukknop** wordt telkens 1 oefening gegenereerd.

Hierbij kan je best de PTT\_DELAY naar minimum draaien.

Er kan slechts opnieuw gestart worden wanneer de PTT\_DELAY verlopen is.

Met een **schakelaar** blijf je doorlopend oefeningen maken.

Er wordt een random morse string gemaakt en deze wordt uitgezonden met de ingestelde WPM waarden. De uitgezonden letters worden direct op de Serial Monitor getoond. Op het Oled display verschijnen ze pas nadat de volledige string uitgezonden is. De PTT\_DELAY instelling bepaalt hoe lang er gewacht wordt om de volgende test uit te zenden. Vergeet niet om de schakelaar af te leggen als je genoeg geoefend hebt, zeker als je de morse ook in uitzending brengt!

De oefeningen kan je steeds onderbreken door even de sleutel of paddle te bedienen.

Na ongeveer 30 seconden wordt het infoscherm opnieuw getoond op het OLED display.

Random morse wordt willekeurig samengesteld als volgt:

- Twee letters, een cijfer, drie letters soms gevolgd door /P
- Willekeurig tussen 3 en 9 letters
- Willekeurig tussen 2 en 7 cijfers
- Drie letters, een leesteken en een letter
- Een van de drie prosigns:
  - # = <AR>
  - \$ = <BT>
  - % = <SK>

### Beacon mode / Memory keyer



Met een drukknop of schakelaar pin A2 verbinden naar massa. Deze pin is beschikbaar op header J6.

Een vooraf in EEPROM opgeslagen tekst van maximum 80 tekens wordt in morse uitgezonden met de ingestelde WPM waarden. Default is de tekst leeg, en wordt er ook niets uitgezonden.

- Met een **drukknop** op A2 wordt de Beacon tekst eenmaal onmiddellijk uitgezonden. Dit kan je dus ook gebruiken als een memory keyer met 1 geheugen, met bvb. een CQ oproep. Ook hier kan je best de PTT\_DELAY naar minimum draaien.

- Met een **schakelaar** op A2 start de herhaalde uitzending van de Beacon tekst. Ook de Beacon timer wordt geladen met de waarde BTIME uit de EEPROM. Deze ingestelde tijd in seconden is dus van **start tot start** van de Beacon tekst. De lengte van de tekst speelt geen rol.

Er is geen beperking in tijd of aantal uitzendingen, je moet dus zelf bekijken wanneer en hoe lang je deze functie gebruikt. Raadpleeg vooraf de reglementering over onbemande stations!

Op het OLED display en in de Serial Monitor worden de karakters getoond bij het verzenden.

De uitzending kan je steeds onderbreken door even de sleutel of paddle te bedienen.

Na ongeveer 10 seconden wordt het infoscherm opnieuw getoond op het OLED display.

### Serial mode



In de Serial Monitor kan je naast de AT-commando's ook gewone tekst intikken, of plakken vanuit een tekstbestand. Deze tekst wordt dan via de USB Serial Line naar de Morse Box gestuurd. Afsluiten met CR/LF (<Enter> toets). De karakters worden onmiddellijk en eenmalig uitgestuurd met de ingestelde WPM waarden.

Met de "**pijl-omhoog**" toets kan je alle vorige teksten terug ophalen (zolang je de Serial Monitor niet gesloten hebt). Hiermee bekom je ook een soort memory keyer, met onbeperkt aantal geheugens!

Op het OLED display en in de Serial Monitor worden de karakters getoond bij het verzenden.

De uitzending kan je steeds onderbreken door even de sleutel of paddle te bedienen.

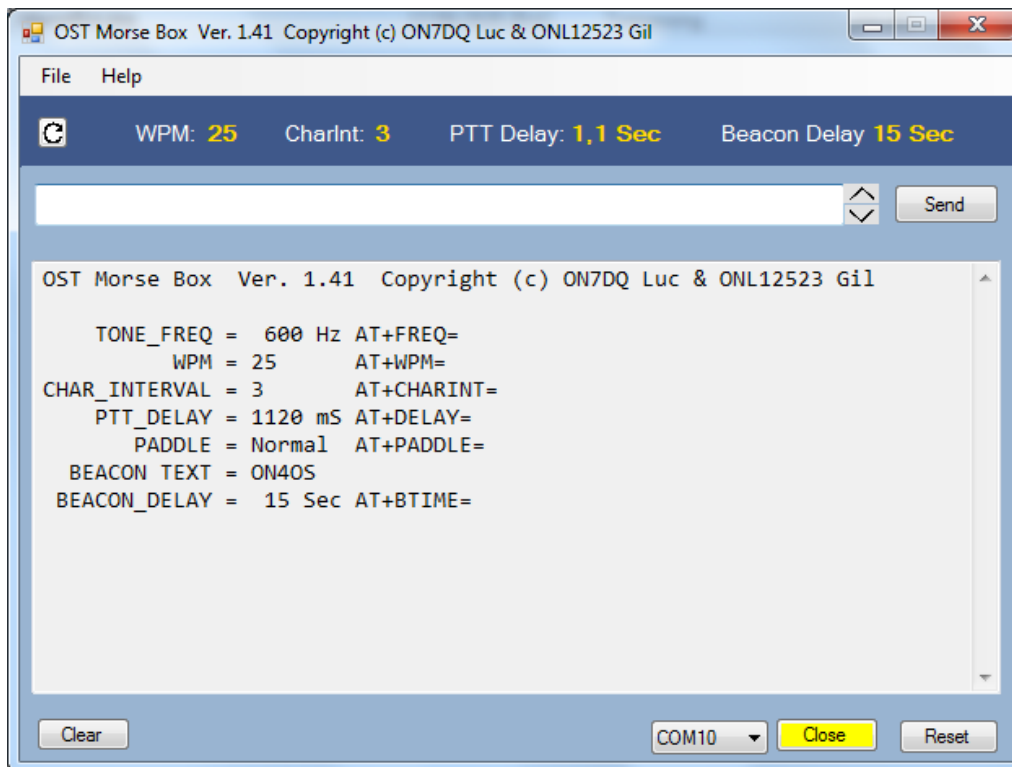
Na ongeveer 10 seconden wordt het infoscherm opnieuw getoond op het Oled display.

### Audio/PTT bediening

In de modes Random, Beacon en Serial worden het audiorelais en de PTT lijn ingeschakeld 250 mS voordat de morsetoon start. Het uitschakelen ervan is steeds volgens de ingestelde PTT\_DELAY.

## Windows Programma

Er is door Gilbert ook een mooi Windows programma gemaakt, waarmee je de OST Morse Box kan bedienen. Zo hoef je helemaal niets van Arduino of van programmeren te kennen.



De bediening wijst zichzelf wel uit, maar samengevat :

Onderaan de juiste COM poort kiezen en klikken op **Connect**

Bovenaan komt de status van de Morse Box: WPM, Charint, enz.

Tekst of AT commando's verzenden gaat via de tekstregel + **Send**

Via het **File** menu kan je ook een tekstbestand laden om uit te zenden (morse oefening bvb.).

Via **File > EEPROM\_Settings** kan je de parameters aanpassen.

De **Clear**, **Close** en **Reset** knoppen doen precies wat ze zeggen.

Via **File > Exit** kan je het programma verlaten.

## Appendix 1: Programmeren van de Arduino Nano

Hier volgt een beknopte samenvatting van wat je nodig hebt, een meer gedetailleerde uitleg wordt in de club gegeven tijdens een homebrew avond. Of bekijk even deze [introdunctie](#)

Het programma waarmee je een Arduino board kan programmeren heet IDE: **Integrated Development Environment**. Een hele mondvol die gewoon betekent dat je in één programma over alle nodige gereedschappen beschikt.

De Arduino IDE bestaat voor Windows, Linux en MacOS maar we beperken ons hier tot de Windows versie. Download de meest actuele versie hier: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>, en installeer het programma. Laat hierbij ook de Arduino Drivers installeren. Sluit de Arduino Nano van de Morse Box aan op een USB poort.

Het project Morse Box gebruikt enkele extra **libraries** (bibliotheek). Indien je deze nog niet hebt kan je ze gemakkelijkst installeren met de Library Manager (Bibliotheekbeheer).

Ga naar **Hulpmiddelen > Bibliotheek beheren** ...

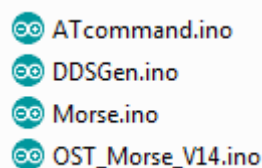
Geef in het zoekveld (rechtsboven) de naam in van een bibliotheek, en laat deze installeren.

Je hebt deze libraries nodig : **CapacitiveSensor**, **SSD1306Ascii** en **EEPROM**,

Zorg dat je nu een map hebt met de vier nodige bestanden voor het Morse Box project.

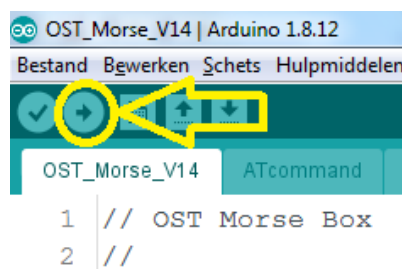
Zo heb je bvb. een map `../Mijn Documenten/Arduino/OST_Morse_V14`

In die map moet je dan deze 4 bestanden terugvinden:

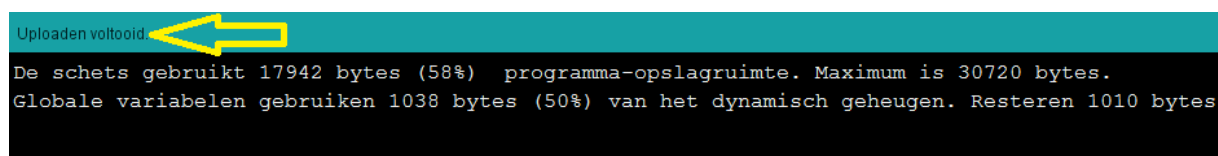


In de IDE open je het bestand OST\_Morse\_V14.ino, de andere bestanden worden automatisch ook geopend. Nu moet je nog enkele instellingen doen via het menu **Hulpmiddelen**:

**Board** : "Arduino Nano"  
**Processor** : "ATmega328P (Old Bootloader)" (dit geldt voor de meeste Chinese Nano's)  
**Poort** : COM10 (poort opzoeken via Apparaatbeheer)



Tot slot rest je enkel nog op de **UPLOAD** knop te klikken (zie figuur), en na enkele seconden is je Arduino Nano geprogrammeerd!



## Appendix 2: Bediening via Serial Monitor en de AT Commando's

Sluit de Arduino aan op een PC met Arduino IDE

Open de Serial Monitor, en stel de snelheid in op 115200 bps.

Alle tekst die je nu intypt wordt in morse uitgezonden wanneer je op ENTER drukt..

Met de volgende commando's kan je bepaalde instellingen doen, deze worden in het flash geheugen bewaard voor een volgende opstart.

<b>AT+FREQ=800</b>	<b>set tone frequency</b>
<b>AT+WPM=16</b>	<b>set wpm speed</b>
<b>AT+CHARINT=3</b>	<b>set character interval</b>
<b>AT+DELAY=2000</b>	<b>set PTT delay</b>
<b>AT+PADDLE=REVERSE</b>	<b>set reverse paddle pins</b>
<b>AT+BTEXT=xxxxxxxx</b>	<b>set BEACON text</b>
<b>AT+BTIME=100</b>	<b>set BEACON delay</b>

De volgende waarden kunnen ingesteld worden

FREQ	:	400 Hz tot 1500 Hz
WPM *	:	5 tot 25
CHARINT	:	3 tot 10
DELAY *	:	500 tot 10000 ms (0,5 tot 10 seconden)
PADDLE	:	REVERSE of kortweg REV = reverse, iets anders = normal
BTEXT	:	Uit te sturen baken/memory tekst, max. 80 tekens (zonder quotes ingeven) De tekst kan ook weer leeg gemaakt worden door AT+BTEXT= in te geven.
BTIME	:	Delay tussen de baken uitzendingen, 5 tot 30000 seconden (8,33 uur)

\* Merk op dat de waarden voor WPM en DELAY wel naar het flash geheugen geschreven worden, ze verschijnen ook kort op het OLED display. Maar als je potmeters gebruikt, en deze staan niet op NUL (komt overeen met een draadje naar massa), dan blijven de waarden van de potmeters in voege.



## Appendix 3: Troubleshooting

De schakeling start niet op

- Heb je de potmeters R1 en R2 gemonteerd? Zo niet, heb je de lopers van beide potmeters aan massa gelegd?

De schakeling trekt teveel stroom, of er komt geen geluid uit de luidspreker

- Heb je IC U3 (LM386) niet “averechts” in het IC voetje gestoken?  
Is het wel een LM386 en geen LM380 ? (ook een audio versterker, maar met andere pinout)
- Zijn er geen pinnen van het IC omgebogen bij het insteken, zodat ze geen contact maken?
- Heb je J3 (EXT Speaker/Hoofdtelefoon) bestukt? Zo niet, heb je de twee aangeduide eilandjes van J3 verbonden met een draadje?
- Controleer zonder LM386 of je op pin 6 de 5V voeding meet, en op de ander pinnen niets (DC spanning)
- Controleer of C5 niet kortgesloten staat door een ongewenste soldeerbrug
- Controleer of je de juiste weerstandswaarden op de juiste plaats gestoken hebt

Ik stuur waarden voor WPM en/of DELAY via een AT commando, maar ze worden niet gebruikt ?

- Als er potmeters gemonteerd zijn, en deze staan niet op nul, dan hebben de potmeters voor WPM en DELAY voorrang!
- De waarden van de AT commando's worden wel in het flashgeheugen opgeslagen voor een volgende start (of een reset), ALS inmiddels de potmeters op nul staan.

## Appendix 4: De FM-zwaai correct instellen

Voor radioamateurs is een maximale zwaai van 3 kHz toegelaten. Je moet er voor zorgen dat je deze waarde niet overschrijdt, je wil immers geen QRM maken in een naburig kanaal.

Je kan dit op het gehoor doen, laat bvb. een tegenstation de modulatie beoordelen, en ook even controleren of je niet boven en onder de werkfrequentie hoorbaar bent.

De juiste manier om de zwaai van een transceiver af te regelen is nochtans ook niet moeilijk. De meeste amateurs beschikken reeds over een zgn. RTL-SDR stick. Samen met het programma SDR# (of gelijkwaardige SDR software), kan je zo het spectrum van je uitzending beoordelen.

Om geen oversturing van de SDR te krijgen dien je wel de transceiver op een dummy load aan te sluiten, dan wel de RTL stick zonder antenne te gebruiken. Alles hangt af van het gebruikte vermogen en afstand tussen de toestellen.

Uit de theorie van FM-modulatie weten we dat de draaggolf in het FM-gemoduleerde signaal een nuldoorgang heeft bij bepaalde waarden van de modulatie-index  $\beta$  (soms ook genoteerd als  $m_f$ ).

Dit vindt plaats bij  $\beta = 2,40 \dots 5,52 \dots 8,65 \dots$  enz.

Deze modulatie-index is gelijk aan de zwaai gedeeld door de modulerende frequentie:

$$\beta = \frac{\Delta f}{f_{LF}}$$

Om de **eerste** nuldoorgang van de draaggolf te bekomen, moet  $\beta = 2,40$ .

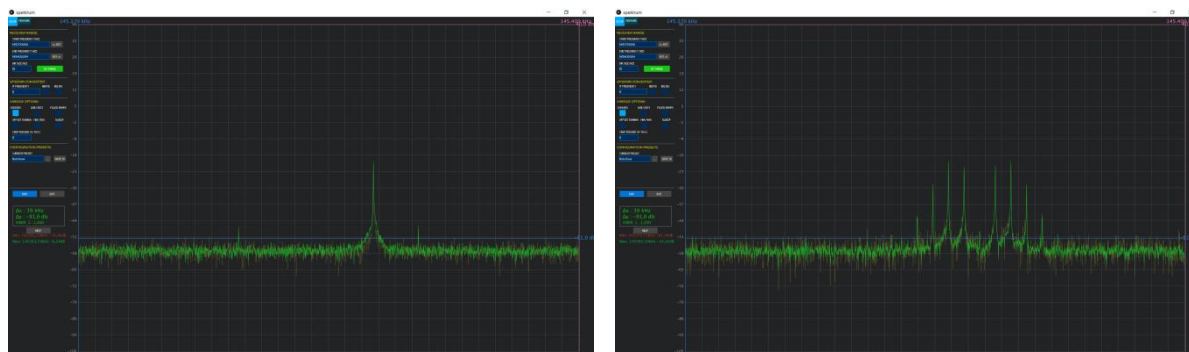
We moeten dus moduleren met een toon van  $3000 \text{ Hz} / 2,4 = 1250 \text{ Hz}$ .

Via het commando AT+FREQ=1250 kan je dit instellen.

Door de trimmer R10 te regelen vanaf massa (géén modulatie) tot je op het spectrum de draaggolf voor de eerste keer ziet verdwijnen, en dan de trimmer ietsje terug te draaien, heb je de juiste zwaai ingesteld.

Links het beeld zonder modulatie (opm: de kleine piekjes komen van de RTL-SDR stick).

Rechts het beeld mét modulatie, bij de eerste nuldoorgang.  
(beelden opgenomen met het programma "Spektrum").



**OST Morse Box V2.0**

**Parts List:**

Ref	Part	Value	Notes
U1	Arduino Nano		
U2	7808		8V Regulator
U3	LM358		Op-Amp
U4	Transceiver		RS-485
U5	Mic		Microphone
U6	Speaker		
U7	Key Out		
U8	Jumper block		
U9	Display Header		
U10	Audio relay		
U11	PTT Out		
U12	Power Pack		
R1	Resistor	10k	
R2	Resistor	10k	
R3	Resistor	1M	
R4	Resistor	1M	
R5	Resistor	5k	
R6	Resistor	47n	
R7	Resistor	220	
R8	Resistor	5k	
R9	Resistor	10k	
R10	Resistor	10k	
R11	Resistor	3k	
R12	Resistor	10k	
R13	Resistor	10k	
R14	Resistor	10k	
R15	Resistor	10k	
R16	Resistor	10k	
R17	Resistor	10k	
R18	Resistor	10k	
R19	Resistor	10k	
R20	Resistor	10k	
R21	Resistor	10k	
R22	Resistor	10k	
R23	Resistor	10k	
R24	Resistor	10k	
R25	Resistor	10k	
R26	Resistor	10k	
R27	Resistor	10k	
R28	Resistor	10k	
R29	Resistor	10k	
R30	Resistor	10k	
R31	Resistor	10k	
R32	Resistor	10k	
R33	Resistor	10k	
R34	Resistor	10k	
R35	Resistor	10k	
R36	Resistor	10k	
R37	Resistor	10k	
R38	Resistor	10k	
R39	Resistor	10k	
R40	Resistor	10k	
R41	Resistor	10k	
R42	Resistor	10k	
R43	Resistor	10k	
R44	Resistor	10k	
R45	Resistor	10k	
R46	Resistor	10k	
R47	Resistor	10k	
R48	Resistor	10k	
R49	Resistor	10k	
R50	Resistor	10k	
R51	Resistor	10k	
R52	Resistor	10k	
R53	Resistor	10k	
R54	Resistor	10k	
R55	Resistor	10k	
R56	Resistor	10k	
R57	Resistor	10k	
R58	Resistor	10k	
R59	Resistor	10k	
R60	Resistor	10k	
R61	Resistor	10k	
R62	Resistor	10k	
R63	Resistor	10k	
R64	Resistor	10k	
R65	Resistor	10k	
R66	Resistor	10k	
R67	Resistor	10k	
R68	Resistor	10k	
R69	Resistor	10k	
R70	Resistor	10k	
R71	Resistor	10k	
R72	Resistor	10k	
R73	Resistor	10k	
R74	Resistor	10k	
R75	Resistor	10k	
R76	Resistor	10k	
R77	Resistor	10k	
R78	Resistor	10k	
R79	Resistor	10k	
R80	Resistor	10k	
R81	Resistor	10k	
R82	Resistor	10k	
R83	Resistor	10k	
R84	Resistor	10k	
R85	Resistor	10k	
R86	Resistor	10k	
R87	Resistor	10k	
R88	Resistor	10k	
R89	Resistor	10k	
R90	Resistor	10k	
R91	Resistor	10k	
R92	Resistor	10k	
R93	Resistor	10k	
R94	Resistor	10k	
R95	Resistor	10k</	

## Bestukkingstekening

