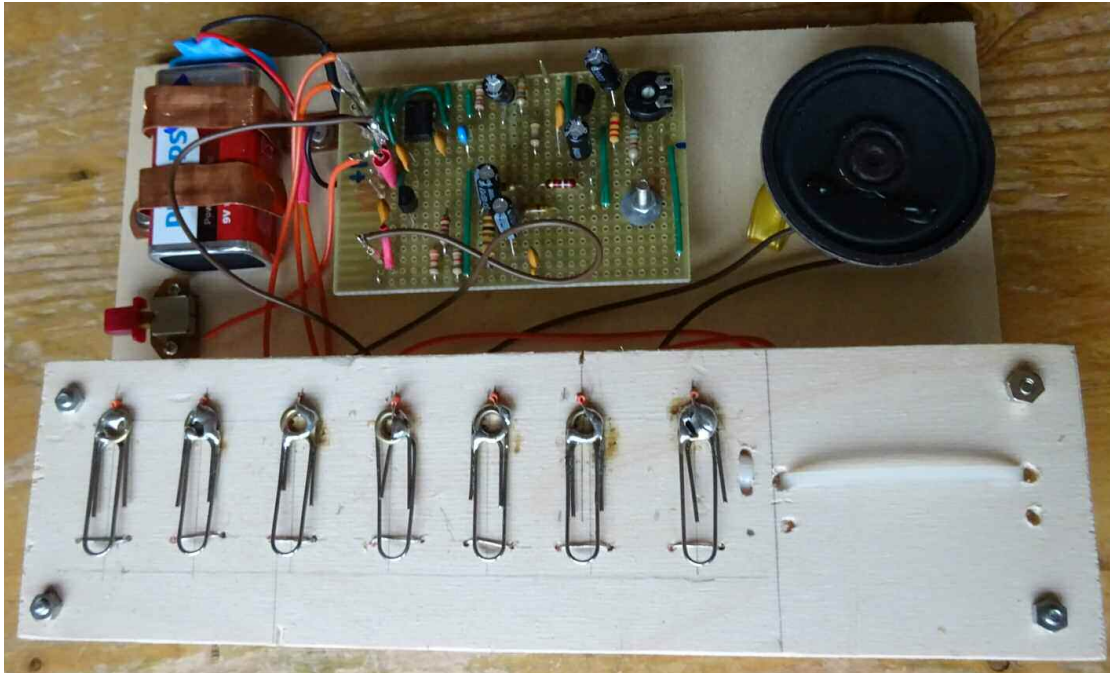


Mini orgeltje



Een simpel 'elektronisch orgeltje' maken met het universele NE555 timer IC is relatief simpel en vraagt weinig onderdelen. Maar in tegenstelling tot de meest gangbare schakelingen maken we hier geen gebruik van uitgang 3 rechtstreeks naar de luidspreker. De blokgolf levert een schelle en onaangename toon op, bestaande uit on-even harmonischen. We lossen het anders op, waardoor het aangenamer klinkt.

Bovenstaand een mogelijke opzet met triplex als ondergrond. Links de 9 V batterij, midden het printplaatje met de 555 timer IC, FET en een Darlington transistor. Rechts de kleine luidspreker. Op de voorgrond de provisorische oplossing voor 'de toetsen' met behulp van paperclips.

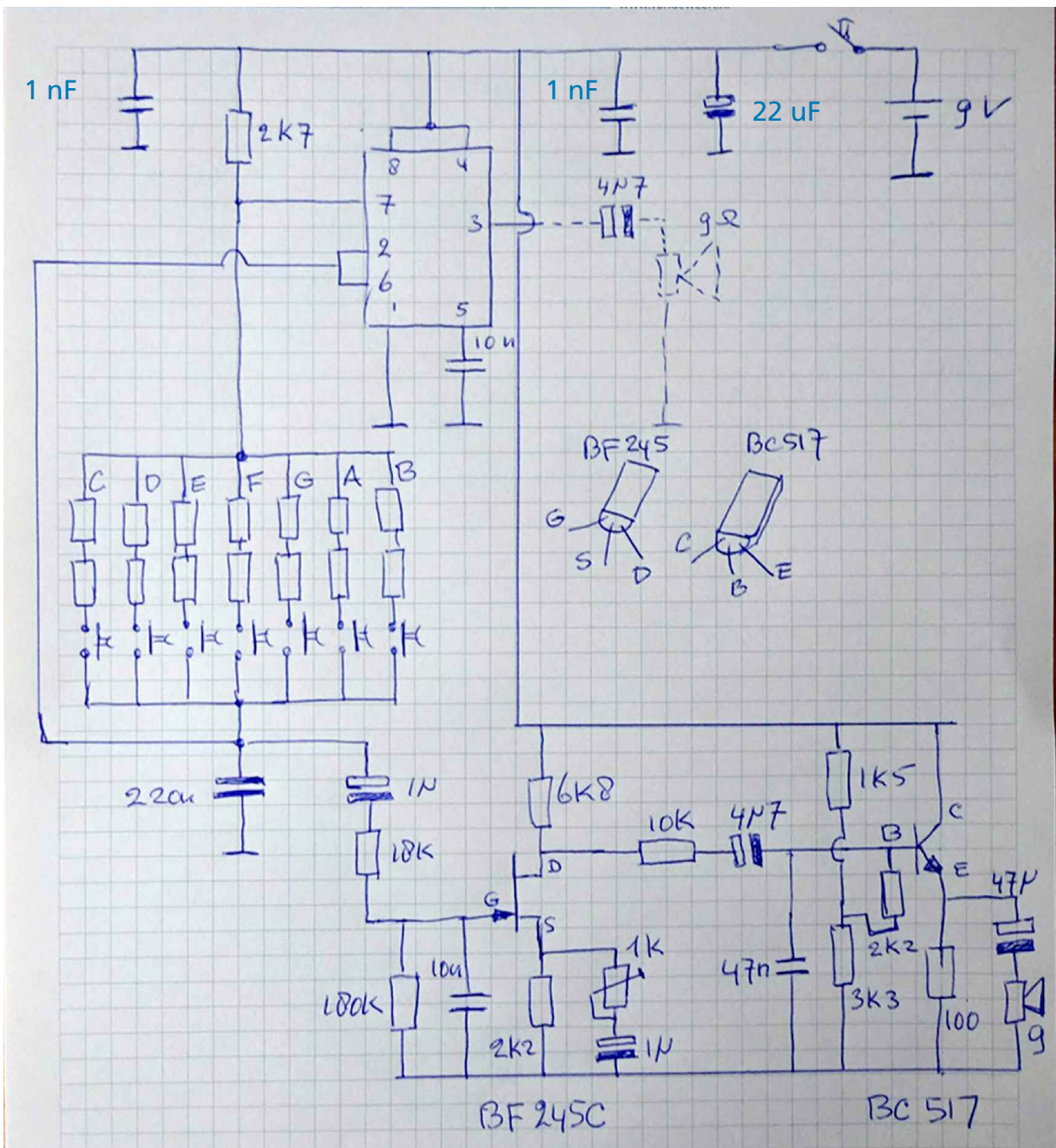
Rechts onder het toetsenbord-plankje is een klein printplaatje gemonteerd met daarop de weerstanden voor de diverse tonen (frequenties).

De meest voor de hand liggende oplossing is om de blokspanning om te vormen tot een sinus, alleen voor meerdere te gebruiken frequenties is dat een bijzondere uitdaging, temeer omdat met voldoende filtering de overgebleven nuttige spanning laag wordt, waardoor telkens extra versterkingstrappen noodzakelijk zijn.

Het resultaat levert met gangbare RC-netwerken meestal niet veel op, aangezien de uitgangspunten tegenstrijdig zijn: met één of meerdere condensatoren worden de hogere frequenties min of meer kortgesloten, maar met de koppel condensatoren worden juist de lagere frequenties verzwakt.

Het 555 timer IC wordt hier als a-synchrone multivibrator ingezet, om met behulp van een vaste 220 nF condensator, R1 weerstand en de variabele R2 weerstand de frequenties op te wekken. In de NE555 documentatie aangeduid als de weerstanden Ra en Rb.

De spanning op de condensator van 220 nF lijkt op enigszins op een driehoekspanning.



Het aftakken en verwerken van een driehoekspanning naar een sinus gaat een stuk eenvoudiger, dan een blokspanning. Dat komt omdat er in een driehoek minder hogere harmonischen zitten, dan bij de blok. En dan praten we nog even niet over de aan-uittijd van de golfvorm. De z.g.n. duty cycle. Want die varieert bij de 555 fors bij verschillende Ra en Rb waardes. Indien de aan/uit tijd exact 50% is dan verdwijnen de even harmonischen uit de golfvorm. Alleen de oneven harmonischen (niet prettig in het gehoor) blijven over. Zo is de 3e harmonische van een blok ca. 1/3 van de amplitude van de grondgolf. Omdat deze frequentie relatief voor een RC filter dichtbij is bij de grondgolf is het niet simpel om

deze en de 1/5 e harmonischen weg te filteren. Met de golfvorm op de condensator 220 nF is dat aanzienlijk eenvoudiger. De restrictie met de driehoekspanning is wel dat de aansluiting zo min mogelijk belasting op mag leveren!

In wezen staat er op de 220 nF condensator een ladings- en een ontlaadingscurve met een spanning van 1/3 van de voedingsspanning als onderkant en 2/3 van de voedingsspanning als bovenkant. De top-top waarde van de golfvorm is dus 1/3 van de voedingsspanning. Waarmee direct ook gezegd is dat de toonhoogte zeker afhankelijk is van de span-

ning op de batterij van 9 Volt.

Doordat de tijdbepalende condensator (220 nF) niet mag worden belast is voor een FET gekozen.

Het is min of meer opgelost door een serie-schakeling van de relatief kleine elco van 1 uF en een 18 kOhm weerstand aansluitend op de parallelschakeling van 180 kOhm en 10 nF aan de Gate van de FET.

Bij 1 kHz is de reactantie van de 1 uF elco 159 Ohm.

Waardoor de hogere frequenties enigszins in het voordeel zijn, terwijl bij de filtering van 10 nF, juist het omgekeerde gebeurt.

Bij de 10 nF condensator is de reactantie ca. 16 kOhm @ 1 kHz. Bij 10 kHz is dat 1,591 kOhm en bij 30 kHz 530 Ohm.

Calculator reactantie condensator

<https://www.allaboutcircuits.com/tools/capacitor-impedance-calculator/>

De FET schakeling zorgt voor de nodige versterking om het verlies van de 10 nF filter condensator te compenseren. Waarbij de instelpotentiometer van 1 kOhm kan worden gebruikt om meer of minder versterking te leveren. En daarmee meer of juist minder (tegenkoppeling) en afplating van de toppen van de driehoek om dichterbij die van de sinusvorm te komen. Hoe minder harmonischen des te beter de uiteindelijke golfvorm.

Dan volgt de 10 kOhm weerstand in serie met de 4,7 uF elco. Deze geeft bij 1 kHz een reactantie van 33 Ohm.

De condensator van 47 nF naar massa zorgt voor een verdere filtering van de hogere frequenties. De reactantie bedraagt 3,3 kOhm bij 1 kHz, 338 Ohm bij 10 kHz en 33 Ohm bij 100 kHz. En daarmee voor een iets zuiverder sinus.

Er is voor de BC517 gekozen vanwege de hoge versterking (Darlington transistor) en vanwege de beschikbaarheid.

Uiteraard kan hiervoor in de plaats prima het audio versterker IC type (LM386) worden toegepast. Maar deze was toen nog niet in de onderdelen voorraad beschikbaar. Inmiddels is dat wel het geval.

De te leveren stroom voor de aansturing van de kleine luidspreker is bij de BC517 voldoende, maar voor batterij voeding is het zaak om de schakeling na gebruik uit te schakelen om de batterij te sparen.

Er loopt nl. een ruststroom door de emitterweerstand van 100 Ohm met of zonder aansturing.

Is meer versterking gewenst, dan gaat dat ten koste van de 'kwaliteit' van de sinus (meer vervorming van het signaal) het kan worden verkregen door bv. de waarde van 1 uF bij de FET te vergroten, of de koppelcondensator van 4 uF.

Ook kan de filtering minder stringent worden gemaakt door de 47 nF bij de BC517 te vervangen door een kleinere capaciteit. In het origineel op het breadboard werd met 100 nF gestart, dat bleek te veel verzwakking van het nuttige signaal op te leveren.

Het vergroten van de 47 uF bij de luidspreker heeft minder zin, deze heeft bij 1 kHz een reactantie van slechts 3 Ohm.

De instelling van de Darlington transistor

Om de filterschakeling zo min mogelijk te belasten werd 2K2 in serie met de parallelschakeling van 1K5 en 3K3 gezet. Alhoewel de transistor slechts een kleine basisstroom nodig heeft dient de spanningsinstelling toch voldoende stabiel te zijn. Een te kleine weerstand zal de voorgaande schakeling te veel belasten en de filtering naar massa met $C = 47$ nF teniet doen.

Het plaatsen van een elco tussen de emitter en de 2K2 weerstand voor bootstraping leverde te weinig resultaat op.

De schakeling werd eerst uitvoerig op een breadboard getest. Dat heeft als voordeel dat de componenten binnen enkele seconden kunnen worden uitgewisseld.

Hou er rekening mee dat de werking op de uiteindelijke printplaat anders kan zijn dan

op het breadboard. Gebruikt u andere dan de toegepaste onderdelen voor de printplaat, dan kan de versterking van de onderdelen bv. anders uitpakken. Maar met gebruikmaking van dezelfde (eerder gebruikte) onderdelen moet het goed gaan.

De weerstanden voor de notenbalk werden met behulp van een Ohmmeter / universelemeter zo dicht mogelijk bij de gewenste uiterekende waarde gekozen. Helemaal sluitend wordt het op deze manier zeker niet, mede omdat de voeding rechtstreeks vanuit de batterij gaat. Het gebruik van individuele instelpots is dan de uitkomst, die waren echter niet voorradig.

Indien voor stabilisatie wordt gekozen en voor instelpotentiometers, kunnen de individuele noten afzonderlijk worden ingeregeld. En moet het beter overeenkomen met de muzieklonen.

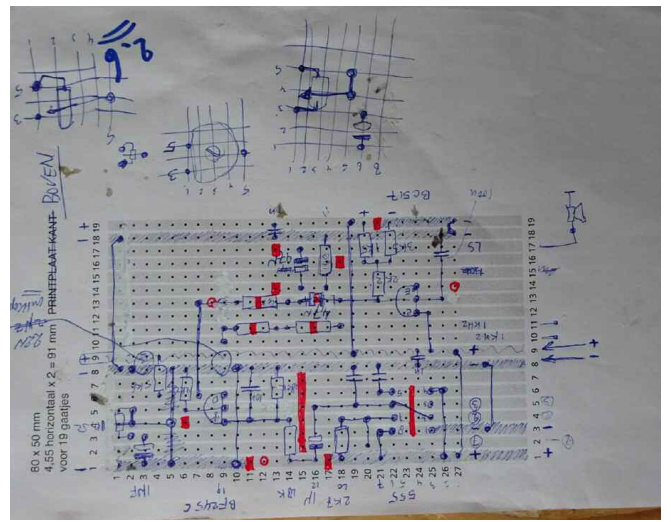
Ontkoppeling van de voedingsspanning

De batterij en de printplaat levert een onvoldoende lage inwendige weerstand op, hetgeen te zien was aan de sinus, die er verzwakt op de plus en min van de voedingsspanning stond.

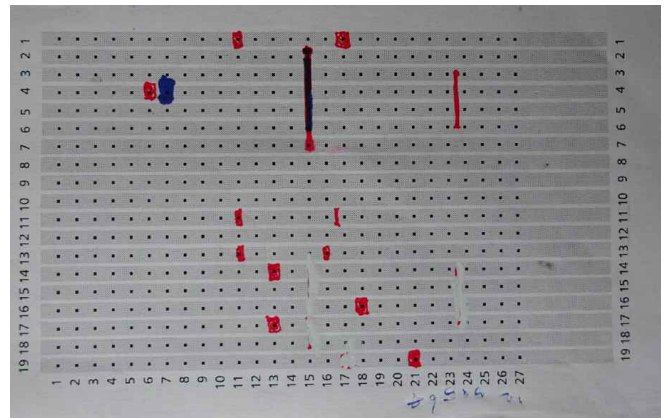
Twee kleine condensatoren en een elco moeten dat verbeteren. De timer IC 555 staat daar om bekend. Maar ook de BC517 trekt fors wat stroom. Gebruik van een audio IC levert besparing op.

Op de printplaat werd middels twee in serie geschakelde weerstanden nog een extra mogelijkheid geboden om de schakeling ook als 1 kHz signaalbron te gebruiken.

In wezen kunnen de 2 serie weerstanden parallel aan het toetsenbordje worden geplaatst met een extra 1 kHz-schakelaar. En wilt u de 1 kHz ook in blokvorm hebben, dan is deze direct via uitgang 3 op het 555 IC beschikbaar met een voldoende lage impedantie. Er is op de printplaat een extra pennetje uitgevoerd. Zet voor de zekerheid



Bovenzijde van de printplaat met rood aangegeven de onderbrekingen in de koperbanen.



Onderzijde van de printplaat met rood aangegeven de onderbrekingen in de koperbanen. Kan met een Stanley mes worden uitgesneden, maar met een Dremel boormachine en een freesje gaat het een stuk sneller. Essentieel is om eerst uitvoerig de schakeling te controleren alvorens de banen definitief te onderbreken.

in serie met uitgang 3 een kleine elco en evt. een weerstand.

Bouw

Een alternatief voor een keyboard van een orgel was moeilijk te vinden. Een groot

aantal drukknopjes was niet in de onderdelen voorraad beschikbaar. Vandaar dat werd uitgeweken naar deze houtje-touwtje methode met paperclips.

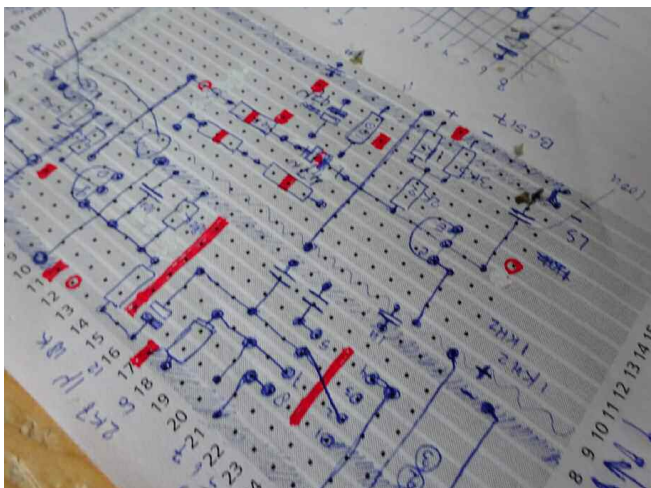
Als bevestigingspunt werden een soort kleine zeilogen in het hout geslagen. Ze waren overgebleven van een tang, waarmee de ronde 'nietjes' papier bij elkaar konden houden.

De verbinding tussen paperclip en weerstand gebeurt met koperdraadjes, die middels geboorde gaten in het hout naar boven worden gebracht.

De diverse weerstanden zijn aan de onderzijde van het toetsenbordje op een stukje printplaat met een tyrib vastgezet.

Er kan ook worden gekozen om de toonbepalende weerstanden in serie te plaatsen, waarbij de opvolgende weerstand opgeteld wordt bij de voorgaande. Is er in één een afwijking, dan zal dat in de rest van de tonen ook doorwerken. De methode om ze afzonderlijk in te stellen is nauwkeuriger.

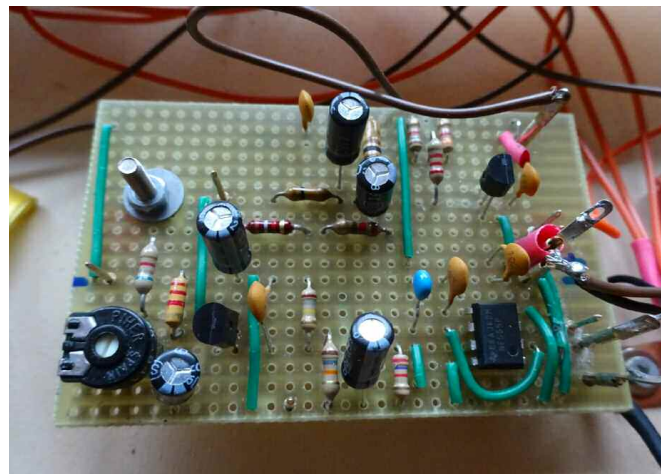
De schakeling biedt allerlei uitbreidingsmogelijkheden. Zo is het mogelijk om het 'ver-



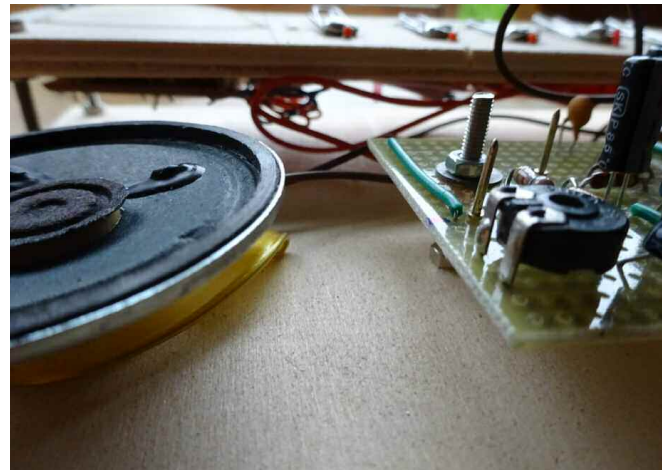
sterkertje' afzonderlijk te gebruiken en met de 555 timer zijn nog tientallen andere configuraties te bedenken. Een groot aantal daarvan is op internet terug te vinden.

<http://www.555-timer-circuits.com/>

<https://www.electronics-tutorials.ws/waveforms/>



Printplaatje met rechts onder het 8 pins 555 IC, links de FET en rechtsboven de Darlington transistor.



Kijkje onder het houten plankje op vier schroeven gemonteerd. Links boven de luidspreker het gemonteerde weerstandsprintje.



[555-circuits-part-1.html](https://www.electronics-tutorials.ws/waveforms/555-circuits-part-1.html)

<https://www.electronics-tutorials.ws/waveforms/555-circuits-part-2.html>

<https://www.electroschematics.com/category/555-circuits/>

<https://www.electroschematics.com/electronic-metronome-circuit-schematic/>

<https://nl.pinterest.com/scanhesi/555-circuits/>

<https://nl.pinterest.com/pauldooms/555-circuits/>

<https://www.electronicshub.org/555-timer-circuits/>

<https://www.digikey.nl/nl/resources/conversion-calculators/conversion-calculator-time-constant>

Notenbalk

De gekozen noten zijn:

C" = 523,251 Hz

D = 587,33 Hz

E = 659,255 Hz

F = 698,456 Hz

G = 783,991 Hz

A = 880 Hz

B = 987,767 Hz

De frequentie wordt berekend volgens de formule in de datasheet van de NE555.

$$f = 1,44 / (RA + 2 \cdot RB) \cdot C$$

De volgende weerstandswaarden werden berekend:

C " 3561 Ohm

D 2875 Ohm

E 2266 Ohm

F 1988 Ohm

G 1474 Ohm

A 1019 Ohm

B 613 Ohm

De afzonderlijke waarden werden samengesteld uit 2 weerstanden in serie. Eén voor de grootste weerstandswaarde en één om in de buurt van de gewenste weerstand te komen. Gebruikmakend van 10% weerstandsreeks.

Printplaat

De printplaat (80 x 50 mm) bestaat uit rechte koperbanen 19 stuks op de smalste zijde en 27 stuks montage gaten op de lange zijde.

Om de juiste aansluitingen te krijgen is het handig om van te voren een tekening te maken van de bovenzijde en de onderzijde van de printplaat. Controleer de tekening diverse malen. Het later corrigeren van een mogelijke foute verbinding kost veel meer tijd.

Met behulp van printplaat pennetjes (zilver verguld) kunnen de aansluitingen met soldeerlipjes naar de schakeling worden uitgevoerd. Maar het kan natuurlijk ook worden gesoldeerd. Een experimenteerbordje met rondjes kan natuurlijk ook.

Onderdelen

Weerstanden

2,7 kOhm

18 kOhm

180 kOhm

6,8 kOhm

2,2 kOhm

10 kOhm

1,5 kOhm

3,3 kOhm

2,2 kOhm

100 Ohm

1 kOhm instel potmeter

Losse weerstanden om de weerstandscombinaties te maken voor de diverse frequenties.

Condensatoren

1 nF (2 x) als ont koppeling

10 nF

220 nF

10 nF

47 nF

elco's

1 uF (2 x)

4,7 uF

47 uF

ontkoppel elco
22 uF

NE555 timer IC
BF245 FET
BC517 darlington transistor

miniatur 9 Ohm luidspreker.
Hoe hoger de impedantie van de luidspreker (of oortelefoon) des te beter is het.

Aan- uit schakelaar
9 V batterij

Experimenteer printplaat 80 x 50 mm met koperbanen.
Of 90x50 mm met rastermaat 2.54 mm met doorlopende koperbanen.

Printpennen 1.0 x 10 mm verzilverd en schuifcontacten voor printpen.

Plaatje hout.

Montagedraad, met volle kern of met meerdere kernen.

Soldeerbout en soldeer. En e.v.t. litze of desoldeer.