

# Universele blokgolfgenerator stabiel tot in het HF-bereik

Voor heel veel signaalmetingen hoef je geen uitgebreide functiegenerator te hebben, maar kun je uit de voeten met een blokgolf. Een prettige bijkomstigheid is dat een blokgolf alle harmonischen van de grondfrequentie bevat. Met hedendaagse elektronica is zo'n generator gemakkelijk zelf te bouwen. Een display voor nauwkeurige aflezing van frequentie en amplitude mag daarbij natuurlijk niet ontbreken.

Een signaalgenerator gebruik je meestal om een signaal toe te dienen aan de een of andere schakeling, om na te gaan of dat signaal ook inderdaad de bewerkingen ondergaat die je voor ogen had. Frequentie en amplitude van zo'n testsignaal moeten de juiste waarde hebben. Bij een signaalgenerator die 'universeel' moet zijn, behoort zowel frequentie als amplitude instelbaar te zijn. Wil je meten aan digitale schakelingen, dan is een extra uitgang op TTL-niveau zeker geen overbodige luxe. De schakeling in dit artikel voldoet aan al deze criteria. Het frequentiebereik kan desgewenst heel breed worden gemaakt: van 10 kHz tot 140 MHz. Alles bij elkaar vinden wij dat deze generator het predicaat 'universeel' ruimschoots verdient.

De generator heeft een klassieke, zuivere wisselspanningsuitgang met een impedantie van 50  $\Omega$ , waarvan de amplitude van 0 tot ongeveer 1 V instelbaar is. Daarnaast is er een digitale TTL-uitgang met een vaste amplitude. Een tweeregelig LCD geeft de ingestelde frequentie en amplitude weer. Als voeding dient een standaard netadapter.

## Hoe maak je een blokgolf?

Als de frequentie van een signaal mooi stabiel moet zijn, dan kiest men meestal voor een kristal- of keramische resonator als frequentiereferentie. Dikwijls is dat echter niet de ideale oplossing: Als je niet uitsluitend met vaste frequenties wilt werken, dan zul je programmeerbare frequentiedelers moeten toepassen. Dat maakt de schakeling aanzienlijk complexer en het wordt bovendien

moelijk om 'vloeiend', analoog, een bepaald frequentiebereik te bestrijken van laag naar hoog of omgekeerd. Met RC-oscillatoren heb je die problemen niet, maar die zijn dan weer voor veel toepassingen niet stabiel genoeg. De oplossing voor dit dilemma is een kant-en-klaar oscillator-IC. Onze schakeling is ontworpen voor twee types van de firma Linear Technology. Deze IC's zijn pencompatibel met elkaar, dus de keuze voor het type IC bepaalt het frequentiebereik. Versie 1 met een LTC1799 [1] heeft een frequentiebereik van maar liefst 1 kHz tot zo'n 30 MHz. Versie 2 is puur voor hoogfrequent-toepassingen en maakt gebruik van een LTC6905, waarmee u een bereik van 17 tot 170 MHz kunt halen. Voor een instelbare generator is de frequentiedrift in beide gevallen zeer gering.

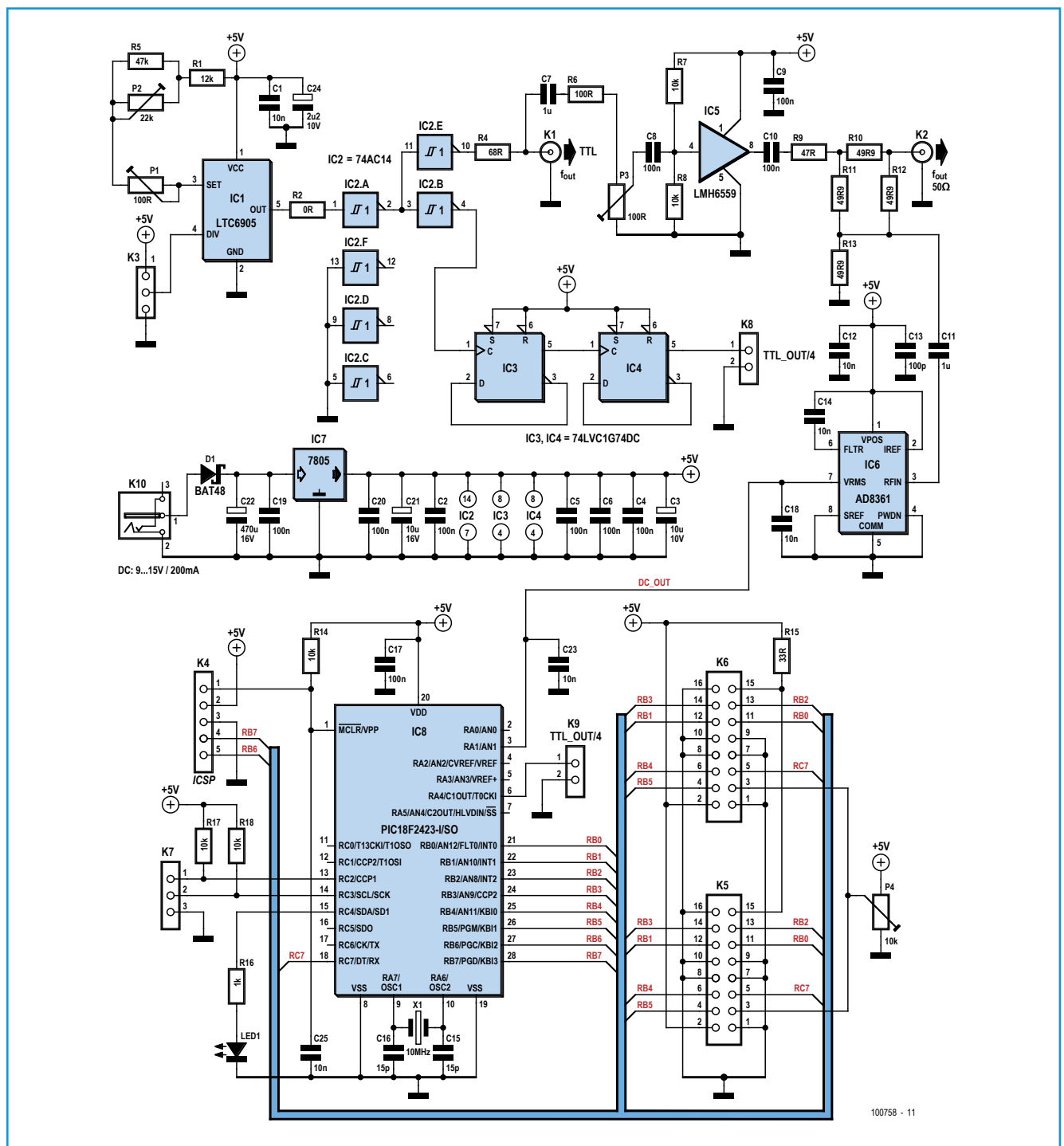
De frequentie die deze IC's produceren wordt bepaald door een weerstand  $R_{set}$  tussen +5 V en pen 3. Het niveau op pen 4 bepaalt een factor N waardoor de frequentie gedeeld wordt: bij versie 1 is  $N = 1$  met pen 4 aan massa,  $N = 10$  met pen 4 open, of  $N = 100$  met pen 4 aan +5 V. Bij versie 2 krijgt u bij deze niveaus voor N de deelfactoren 1, 2 en 4. De frequentie is te berekenen met de volgende formule voor versie 1:

$$f_{v1} = \frac{10 \text{ MHz} \cdot 10 \text{ k}\Omega}{R_{set} \cdot N}$$

Voor versie 2 geldt:

$$f_{v2} = \left( \frac{168,5 \text{ MHz} \cdot 10 \text{ k}\Omega}{R_{set}} + 1,5 \text{ MHz} \right) \cdot \frac{1}{N}$$

Kai Riedel (Duitsland)



Met het oog op de stabiliteit zou u bij  $N = 1$  en versie 1 niet ver onder 0,5 MHz en niet ver boven 20 MHz moeten gaan; evenzo bij versie 2 niet veel hoger dan 140 MHz.

**Schakeling**

In **figuur 1** ziet u de complete schakeling voor versie 2, vanwege de overzichtelijkheid.

K3 is een header waarmee u met een jumper de deelfactor  $N$  op 1, 2 of 4 instelt. Met  $N = 1$  en de aangegeven waarden van P1, P2, R1 en R5 hebt u een bereik van ongeveer 64...145 MHz. Met  $N$  instelbaar op 1, 2 of 4 hebt u dus drie bereiken die met enige overlap op elkaar aansluiten. P1 is voor de fijnregeling, in de ordegrootte van enkele procenten.

Figuur 1. Het schema van de universele blokgolfgenerator ziet er ingewikkelder uit dan het is. IC1 levert de signalen, IC5 versterkt die en IC6 meet ze.

Neemt u een LTC1799 voor IC1, dan dient u andere waarden voor de potmeters en de weerstanden te nemen, anders komt u met  $R_{set}$  niet uit. Met  $R1 = 4,7\text{ k}\Omega$ ,  $R5$  open,  $P1 = 2,2\text{ k}\Omega$  en  $P2 = 100\text{ k}\Omega$  geeft dat bij  $N = 1$  een bereik van 1...20 MHz, wat met de deler N op 1, 10 of 100 ook weer drie aansluitende bereiken geeft. In de onderdelenlijst zijn de waardes voor versie 1 tussen haakjes gegeven.

De uitgang van IC1 wordt gebufferd door een paar poortjes van IC2. Op K1 staat nu een signaal op TTL-niveau. Met IC5, een videoversterker-IC, wordt dat signaal DC-ontkoppeld. De uitgang heeft een impedantie van  $50\ \Omega$  en is met P3 instelbaar van 0 V tot ongeveer  $200\text{ mV}_{eff}$ .

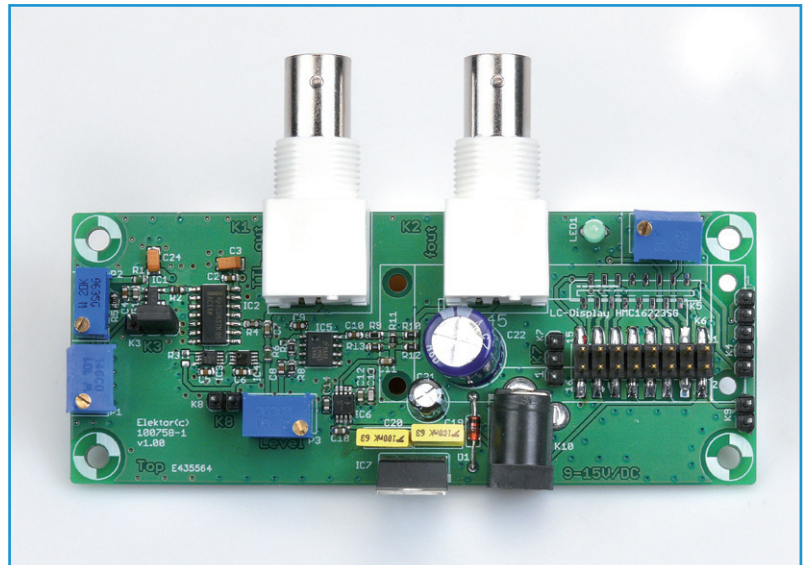
Op dit punt zou de schakeling klaar kunnen zijn, alleen weten we dan nog niet welke frequentie en amplitude er precies zijn ingesteld. Die moeten we meten en weergeven op een display, met wat extra elektronica. De aangewezen oplossing is uiteraard een microcontroller.

We hebben gekozen voor een PIC18F2423 (IC8), omdat dit type als frequentieteller wel zo'n 40 MHz kan halen. Bovendien bevat deze PIC een 12-bits A/D-converter waarmee we de amplitude kunnen meten met een resolutie van  $0,2\text{ mV}_{HF/bit}$ .

IC8 heeft voor deze taken echter nog wel wat hulp nodig. In versie 2 kunnen we de hogere frequentie niet rechtstreeks meten, maar moeten we die eerst delen. Voor versie 1 is dat niet nodig, daar kan dit gedeelte vervallen (worden vervangen door een draadbrug). IC3 en IC4 delen de frequentie van IC1 door vier, zodat het meetbereik tot 160 MHz loopt. De gate-tijd van de frequentiemeting is 100 ms en wordt aangegeven met LED1. Het uitgangssignaal van IC4 op K8 wordt via een afgeschermd kabel via K9 naar pen 6 van de microcontroller gevoerd.

Voor de amplitudemeting hebben we ook nog iets moois: IC6. Dit is een AD8361, door producent Analog Devices omschreven als *LF to 2.5 GHz TruPwr detector*. Het is een zeer lineaire effectieve-waardemeter voor hoge frequenties. Als uitgangssignaal levert hij een gelijkspanning die evenredig is met de gemeten wisselspanning.

Aan het niveau op headerpen K7-1, oftewel aan zijn eigen pen RC2, herkent IC8 of de schakeling versie 1 of 2 is. Is dit pootje '0'



(low), dan is het versie 1; is het '1' (high), dan is het versie V2. Pen RC3 is beschikbaar voor eventuele uitbreidingen.

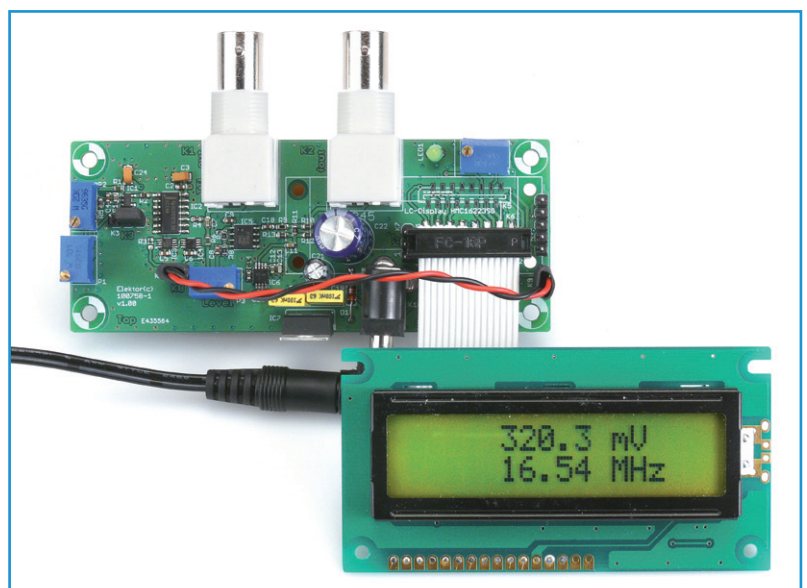
Figuur 2. Het printje van de generator is heel compact, dankzij consequent gebruik van SMD's.

### Firmware

Zoals u van ons gewend bent, is de firmware voor deze schakeling gratis te downloaden van de webpagina bij dit artikel [3]. De firmware is ontwikkeld met de gratis evaluatieversie van de MPLAB 18 C-compiler. Simpel gezegd werkt het als volgt.

Timer0 telt de pulsen aan T0CKI, de ingang voor de externe klok. Daarnaast wordt er elke 100 ms een Timer1-interrupt gegenereerd. In de bijbehorende routine lezen we het tel-

Figuur 3. Het prototype van de generator met display.



**Technische gegevens**

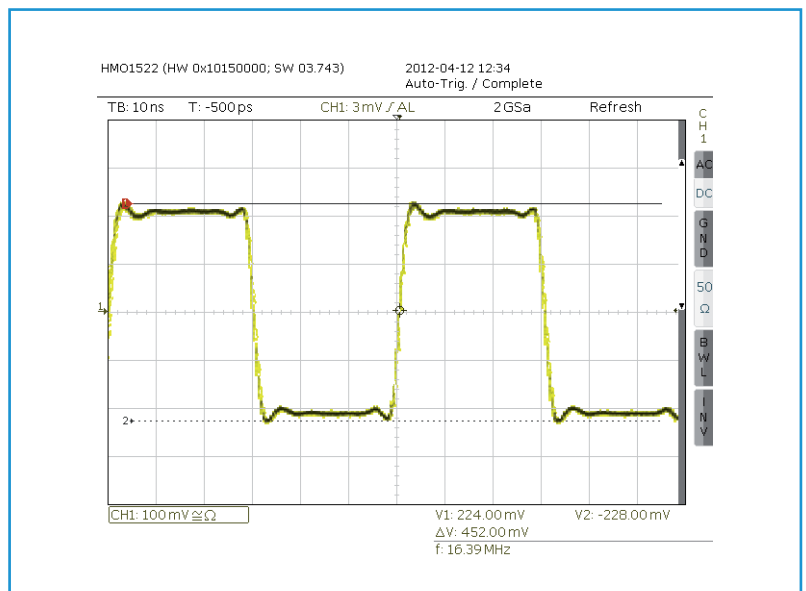
Universele blok golfgenerator, uitgevoerd als compacte module met instelbare frequentie en amplitude.

- frequentiebereiken: V1 = 10 kHz tot 20 MHz en V2 = 17 MHz tot 145 MHz, onderverdeeld in elk drie banden:
  - V1: 10...200 kHz, 0,1...2 MHz en 1...20 MHz
  - V2: 17...36 MHz, 33...73 MHz en 64...145 MHz
- frequentiestabiliteit: V1 = ±40 ppm/K; V2 = ±20 ppm/K
- golfvorm: blok golf signaal

- duty-cycle: 50 %
- twee uitgangen met BNC-connectors:
  - K1: TTL-compatibel (5 V)
  - K2: instelbaar 0...200 mVeff aan 50 Ω, zuivere wisselspanning
- display: LCD met twee regels voor amplitude en frequentie
- voeding: 9...15 V, max. 200 mA

Figuur 4. Het oscilloscoopbeeld van het uitgangssignaal toont bij deze frequentie nog een mooie blok golf.

lerregister van Timer0 voor de frequentiemeting en starten we een A/D-conversie voor de bepaling van het uitgangsniveau. Het resultaat van deze berekeningen, voorzien van de juiste schaalfactoren voor frequentie en niveau (effectieve waarde), worden getoond op het display. Dan worden beide timers weer geladen met de gewenste startwaardes en begint het hele verhaal weer van voren af aan. Header K4 dient voor het programmeren van de controller. De firmware is heel compact, zodat er nog genoeg geheugen in IC8 over blijft voor uw eigen uitbreidingen.



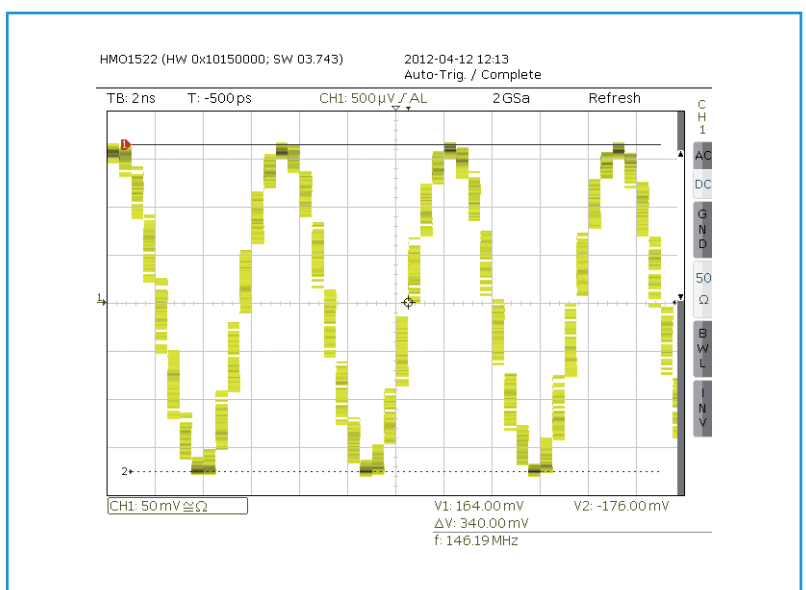
**Display en opbouw**

Zoals u kunt zien in **figuur 2** is het printje mooi compact, dankzij het gebruik van zoveel mogelijk SMD's. Zoals al opgemerkt berekent IC8 de frequentie en de amplitude, die voorzien van enige opmaak naar het tweeregelige LC-display worden gestuurd.

Kiest u voor een display met een FPC-connector, dan kunt u een sandwich-constructie maken waarbij het display wordt verbonden met K5 en bijvoorbeeld met afstandsbusen

Figuur 5.

Aan de bovenkant van het frequentiebereik van versie 2, bij 143 MHz, ziet het signaal er niet meer zo mooi rechthoekig uit. Maar voor meetdoeleinden is het meestal nog wel geschikt.



tegen de generatorprint wordt gemonteerd. In **figuur 3** ziet u het geheel met een standaard display van 2 x 16 tekens, via een bandkabel verbonden met K6.

**En verder**

In het **kader** vindt u de technische gegevens van beide versies. De scoopplaatjes van **figuur 4** en **figuur 5** geven de signaalvormen van een prototype van versie 2 bij 16 en 146 MHz. Zoals u ziet is het signaal aan de

onderkant van het frequentiebereik nog een echte blokgolf met mooie steile flanken. Aan de bovenkant van het frequentiebereik worden de flanken nogal afgerond. Niettemin is dit signaal nog steeds goed bruikbaar. We moeten immers ook bedenken dat we met deze frequenties inmiddels al in het UHF-gebied zitten, wat ook op duurdere oscilloscopen niet ideaal wordt weergegeven.

Tot besluit nog een waarschuwing: Hoewel het signaalniveau laag is, kunt u niet afgeslo-

**Onderdelenlijst**

Waarden voor versie 2  
(versie 1 tussen haakjes)

**Weerstanden:**

(SMD 0603, tenzij anders vermeld)

- R1 = 12 k (4k7)
- R2 = 0  $\Omega$
- R3 = vervalt (0  $\Omega$ , zie opdruk op print)
- R4 = 68  $\Omega$
- R5 = 47 k (vervalt)
- R6 = 100  $\Omega$
- R7,R8,R14,R17,R18 = 10 k
- R9 = 47  $\Omega$
- R10,R11,R12,R13 = 49k $\Omega$
- R15 = 33  $\Omega$
- R16 = 1 k
- P1 = 100  $\Omega$  (2k2) tienslags-instelpotmeter, staand \*
- P2 = 22 k (100 k) tienslags-instelpotmeter, staand \*
- P3 = 100  $\Omega$  tienslags-instelpotmeter, staand \*
- P4 = 10 k tienslags-instelpotmeter, staand

**Condensatoren:**

(keramisch SMD 0603, tenzij anders vermeld)

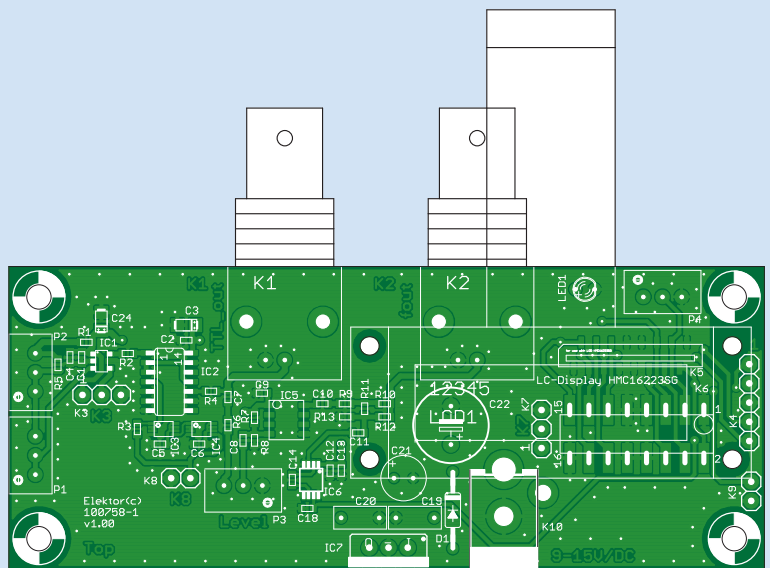
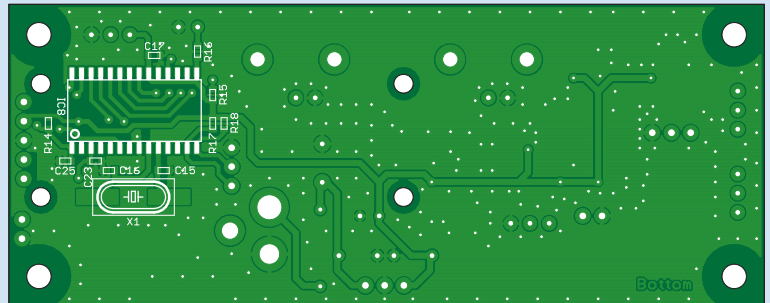
- C1,C12,C14,C18,C23,C25 = 10 n, X7R
- C2,C4,C5,C6,C8,C9,C10,C17 = 100 n, X7R
- C3 = 10  $\mu$ /10 V tantaal, type A
- C7,C11 = 1  $\mu$ , X5R
- C13 = 100 p, NP0
- C15,C16 = 15 p, NP0
- C19,C20 = 100 n MKT, steek 5 mm
- C21 = 10  $\mu$ /16V, steek 2,5 mm,  $\phi$  6 mm
- C22 = 470  $\mu$ /16V, steek 5 mm,  $\phi$  10 mm
- C24 = 2 $\mu$ 2/10 V tantaal, type A

**Halfgeleiders:**

- D1 = BAT48, DO-35
- IC1 = LTC6905CS5 (LTC1799CS5), TSOT-23-5
- IC2 = CD74AC14M96G4, SO-14
- IC3,IC4 = 74LVC1G74DC (vervalt), VSSOP-8
- IC5 = LMH6559/MA, SO-8
- IC6 = AD8361ARMZ, MSOP-8
- IC7 = LM7805, TO-220
- IC8 = PIC18F2423-I/SO, SOICW-28 (geprogrammeerd, bestelnr. 100758-41)
- LED1 = LED groen, 3 mm

**Diversen:**

- K1,K2 = haakse BNC-connector voor printmontage (bijv. TE connectivity 1-1337543-0)



- K3,K7 = 3-pens SIL-header, steek 2,54 mm
- K4 = 5-pens SIL-header, steek 2,54 mm
- K5 = 16-pens FFC-connector, SMD, steek 1 mm (MOLEX 670-6934) \*
- K6 = 2x8-pens DIL-header, steek 2,54 mm \*
- K8,K9 = 2-pens SIL-header, steek 2,54 mm
- K10 = voedingsconnector voor printmontage, 2,1 mm
- X1 = 10 MHz kristal, HC49/SMD
- LCD, Elektor-bestelnr. 120061-71 \*
- Print nr. 100758-1, zie [3]

\* zie tekst

ten kabels aan de uitgangen beter vermijden, want die werken als antenne. Dat geldt met name voor de TTL-uitgang, dat veroorzaakt dan storingen op diverse frequentiebanden. Voor beide versies is het volgende nog van belang. Als u de frequentie liever niet met instelpotmeters (P1 en P2) maar met gewone potmeters wilt kunnen instellen, dan moet u er wel voor zorgen dat de verbindingen naar de print zo kort mogelijk zijn. Pen 3 van IC1 is namelijk heel gevoelig voor allerlei stoorsignalen.

Wilt u de frequentiebanden liever niet omschakelen met een jumper, maar op het frontpaneel, dan kunt u een driestanden schakelaar aansluiten aan K3. Pen 4 van IC4 is veel minder gevoelig dan pen 3.

Overigens kunt u via [3] niet alleen de firmware downloaden en een print bestellen. Hebt

u zelf niet de beschikking over een programmer, dan kunt u hier ook een kant-en-klaar geprogrammeerde microcontroller bestellen. Een geschikte LCD-module is eveneens verkrijgbaar bij Elektor. Voor de voeding volstaat een kleine netadapter die 9 tot 15 V bij 200 mA kan leveren. Deze spanning hoeft niet gestabiliseerd te zijn.

(100758)

#### Weblinks

[1] [www.linear.com/product/LTC1799](http://www.linear.com/product/LTC1799)

[2] [www.linear.com/product/LTC6905](http://www.linear.com/product/LTC6905)

[3] [www.elektor-magazine.nl/100758](http://www.elektor-magazine.nl/100758)

#### Over de auteur

Kai Riedel is ontwerpingenieur bij de firma Turck in het Duitse Beierfeld. Al sinds zijn jeugd is hij bezig met elektronica. Hij is gespecialiseerd in test- en meetapparatuur met microcontrollerbesturing en experimenteert graag met HF-techniek. Ook is hij goed in het repareren van allerlei elektronische apparatuur. Daarnaast speelt hij graag piano en kerkorgel.