

# Elektor 1,2-GHz-universeelteller (1992/93)

## voorbij de magische 1GHz-grens

Jan Buiting (redactie Retrotronica)

Het project "1,2-GHz-universeelteller" gaat terug tot november 1992, toen het eerste van de in totaal drie artikelen in Elektuur verscheen. Het was een tijd waarin de grote projecten die in het laboratorium werden ontwikkeld qua ontwerp en ergonomie een hoog niveau bereikten, zodat de behuizing en de layout van de frontplaat belangrijke aspecten van het ontwerp waren, evenals de bediening per software, eenvoudig testmogelijkheid door de gebruiker en de mogelijkheid om een compleet bouw pakket inclusief boek te kopen.



Zoals bij veel Retrotronica-afleveringen, is het onderwerp niet willekeurig gekozen uit het omvangrijke Elektuur-archief vanaf het oudste bewaard gebleven nummer. Nee: het onderwerp heeft de onuitroeibare gewoonte van Elektuur overleefd om "hardware" – en dan vooral laboratorium-prototypes – na een paar jaar weg te gooien. In dit geval ging het om een grote container die in juli 2006 onder een laboratoriumvenster van het voormalige Elektor-hoofdkantoor in Beek was geplaatst. Net als bij enkele andere instrumenten die ik in deze serie heb beschreven, kon ik voorkomen dat het onderwerp van deze aflevering een harde landing in die container zou maken, en hoefde ik daar zelf niet in te duiken.



### Taal- en vertaalperikelen

De discrepantie tussen de werktitel van het project ("High Frequency Counter") en die van het eigenlijke tijdschriftartikel ("1,2-GHz-universeelteller") is een fraai

bewijs de standvastigheid van de vier 'taalgroepen' die op het Elektuur-hoofdkwartier werkten en moesten proberen om het materiaal dat door overwegend Nederlandse en Duitse labmedewerkers werd aangeleverd, voor hun respectieve 'nationale' edities klaar te stomen ('lokaliseren' heet dat in hedendaags computerjargon). En dat ging aanzienlijk verder dan alleen maar vertalen.

De Duitse auteur van het project, Bernard C. Zschocke, had zijn project aanvankelijk "Hochfrequenz-zähler" genoemd, een naam die na het passeren van de Duits-Engelse woordenboeken van het lab uiteindelijk als "High Frequency Counter" op de frontpaneel-folie van het instrument terecht kwam. Achteraf gezien was dat niet de beste naam voor het instrument, want er blijkt niet

uit wat er wordt 'geteld' en ook niet hoe 'hoog' dat 'high' eigenlijk was. Maar in elk geval op de Engelse afdeling waar ik werkte, werd de artikelserie naar behoren getiteld: *1.2 GHz Multifunction Frequency Meter*. Ik herinner me een discussie met enkele redactie- en labcollega's dat 'frequentieteller' een veelvoorkomende foute benaming is – je kunt 'frequentie' niet tellen – maar alleen gebeurtenissen (zoals pulsen) per tijdseenheid (zoals seconden). Tevergeefs... de naam "Frequency Counter" kwam toch in hoofdletters op het frontpaneel van het instrument terecht.

Op de naam van de auteur braken velen hun tong dankzij maar liefst vier medeklinkers op een rij, en die werd met veel tikfouten door de mangel gehaald, behalve natuurlijk door de Duitse afdeling van Elektuur. Gelukkig heeft geen van deze catastrofes het Elektuur-publiek bereikt. Het gerucht gaat echter dat de auteur (alleen voor de Duitse editie) het pseudoniem "Urban" wilde gebruiken, waar dan op een gegeven moment door een zekere redacteur "U-bahn" van werd gemaakt.

## Destijds, in 1992

Bijna 30 jaar geleden was het traject dat een project moest doorlopen tot de definitieve publicatie in het tijdschrift Elektuur en de verkoop van printen, niet fundamenteel anders dan vandaag de dag. Auteurs stuurden projectvoorstellen in een gefrankeerde enveloppe op en wachtten geduldig op het *ja/nee/misschien later* van de redactie, dat per post of telefoon werd doorgegeven. Na een ja en de nodige onderhandelingen werd het project als een conceptontwerp doorgestuurd naar het labteam, dat de elektronica reproduceerbaar moest maken voor de nabouwer (of zelfs voor verkoop als bouwpakket), een bijpassende print moest ontwerpen en een softwareproduct bijvoorbeeld in de vorm van een EPROM moest maken. In het geval van de frequentiemeter uit 1992/93 nam dit proces ongeveer een jaar in beslag, hoewel het originele materiaal van de heer Zschocke, inclusief zijn tekst, heel behoorlijk was en weinig 'nabewerking' en 'redigeren' in Beek vereiste. Volgens deel 1 van de artikelenreeks was het project "een waardige opvolger van onze beroemde microprocessorgestuurde frequentiemeter uit 1985, waarvan er over de hele wereld duizenden in gebruik zijn". Dat project uit 1985 (heeft iemand er nog een? – laat het me weten!) ging tot 250 MHz en was een stroomvretende bak vol TTL-chips vergeleken met de lichtgewicht, draagbare versie uit 1992 met een 80C32-microcontroller, een U664-prescaler (of equivalent), een LC-display en batterijvoeding. De upgrade was substantieel, gerecht-

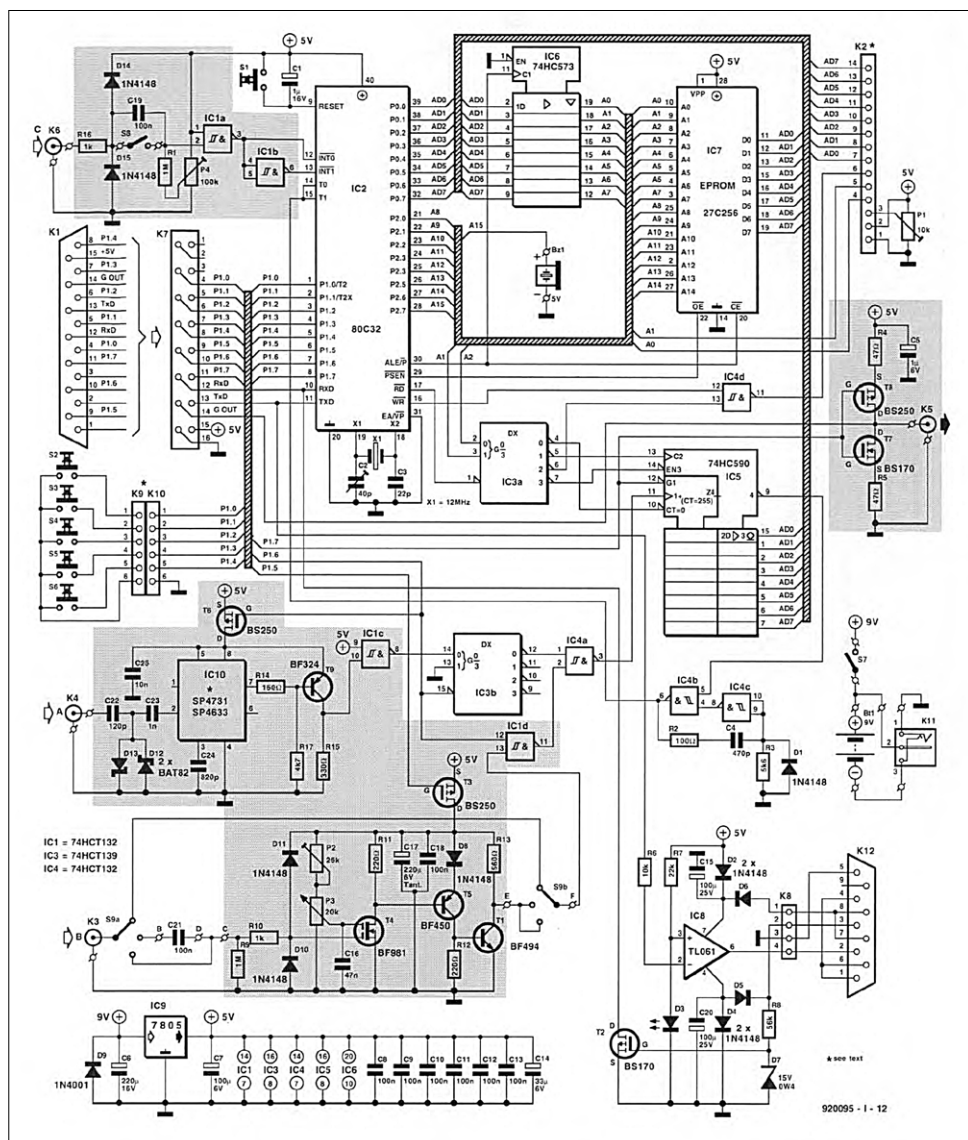
vaardigd en een goede weerspiegeling van wat er door hobbyisten in 1993 met een redelijke kans op succes kon worden gebouwd. En de magische 1GHz-barrière werd doorbroken!

Opmerkelijk en misschien wel verstandig was dat het ontwerp uit 1992 in de artikelen niet werd vergeleken met de toenmalige professionele instrumenten van HP, Tektronix en consorten. Toch had het project indrukwekkende specificaties, waarvan ik er een paar in het kader heb genoemd.

## Is dit vintage?

Kijkend naar het schema van de 1,2-GHz-universeelteller in **figuur 1** (gereproduceerd van een scan) kon ik een neiging om het ontwerp 'over te doen' met componenten uit het jaar 2020 niet onderdrukken. De arceringen in het oorspronkelijke schema en de goede presentatie van een complex ontwerp zijn een grote hulp. Een klein gedachtenexperiment:

- 80C32, EPROM, IC5, IC3 (MCU-sectie) → Arduino, ESP32
- K12, IC6, T2 en omgeving (pseudo RS-232) → een USB-poort



Figuur 1. Het schema van de 1,2-GHz-universeelteller toont het samengaan van een 40-pins DIP-microcontroller (hier een 80C32) en discrete elektronica, zoals midden jaren '90 gebruikelijk. Omdat veel functionaliteit in de software was verstopt, was de resulterende onderdelenlijst opmerkelijk kort (gescande reproductie).





Figuur 2. Een blik in het inwendige van de 1,2-GHz-universeelteller.

Let op de metalen afscherming rond de prescaler waar frequenties tot 1,2 GHz kunnen optreden (hopen we).

- 7805 (voeding) → een of andere recente LDO-regelaar
- 9V-voeding → 6V-voeding
- LCD → OLED
- BAT82's → HP28xx diodes met extreem geringe capaciteit

De 80C32 was in die tijd iets bijzonders, een gevolg van de kennelijke liefde van Elektuur voor de Intel 8051/8052-serie en de afgeleiden daarvan, die minstens twee decennia lang populair bleven, vooral in Duitsland. De 'C32 was een low-power CMOS-MCU die gebruik maakte van externe (EP)ROM en een klein beetje interne RAM, dus uitstekend geschikt voor hobbyisten. Talloze serieuzere projecten die in Elektuur

verschenen, gebruikten de winnende combinatie 80C32 + 27C128/256/512, die laatste kant-en-klaar geprogrammeerd via de Elektuur Product Service (EPS).

Voor de GHz-prescaler werden in het artikel verschillende alternatieven genoemd, waaronder de SP4731 en SP4732 van Plessey, de SDA4212 van Siemens, de U664B van Telefunken en de SAB6456 van Philips. Met uitzondering van de SP4732 hadden ze allemaal de neiging om te oscilleren, met willekeurige waarden op het display tot gevolg, vooral bij geen of te kleine ingangssignalen. Dit is echter normaal en een gevolg van de achterliggende werking van deze chips. Nu ik er aan denk, ik heb de willekeurige waarden van mijn zelfgebouwde 600MHz-teller met een 11C90-prescalerchip altijd beschouwd als een bewijs van extreme gevoeligheid, net zoals een reflex-ontvanger op het randje van oscilleren. Dit ontwerp had wel een breedbandige 15dB-voorversterker vóór de prescaler, iets wat volgens mij ontbreekt bij de 1,2GHz-teller.

### De behuizing – meer dan een kastje

Er is veel aandacht besteed aan het ontwerp van een professioneel ogende behuizing voor de teller, inclusief de 'driekleurige' frontplaat-folie die via de EPS verkrijgbaar was. De foto van de geopende teller (**figuur 2**) laat zien dat de printen perfect in de Vero-behuizing (uitgevoerd in twee grijs tinten) passen. In het artikel is een hele pagina gewijd aan het boorsjabloon voor het frontpaneel. Deze printen waren nodig:

- hoofdprint (met een uitsparing voor de PP3/6LR61 batterijhouder);
- druktoetsprint (voor Digitast-toetsen);
- LCD-print (Philips LTN211-F10, later vervangen door Sharp LM16A21 en Hitachi LM016L).

Het deel dat de zelfbouw van het project uit de afzonderlijke componenten en printen beschrijft is extreem lang en gedetailleerd – in huidige, door embedded platforms gedomineerde, tijdschriften komt dat niet meer voor. Zo moest bijvoorbeeld het prescaler-gedeelte op de print volledig worden afgeschermd met blik, inclusief een deksel. Als we weer naar figuur 2 kijken, zien we dat het prescaler-IC in een voetje is gemonteerd, waarschijnlijk om het gemakkelijk te kunnen uitwisselen. Ik had verwacht dat deze zeer hoogfrequente chip direct op de print gesoldeerd zou worden om strooicapaciteiten tot een minimum te beperken. Ook die getwiste draden tussen de BNC-connector en de 'A'-ingang van de print zijn (voorzichtig uitgedrukt) geen goed voorbeeld – de hoogste frequentie die toen in het lab beschikbaar was, was 512,000 MHz, en dat is nu nog steeds zo (onze vintage HP 8640B HF-generator).

### Test en afregeling

De testprocedure voor het project weerspiegelde toen al het 'ingebbede' karakter ervan: in de firmware van het instrument is een aantal routines ingebouwd om hardwarecomponenten af te vragen en te testen, en de resultaten op het eigen display weer te geven. De testroutine als geheel bestaat uit drie secties:

- LCD
- hoofdprint
- seriële I/O

## Beknpte specificaties

### Meter/teller:

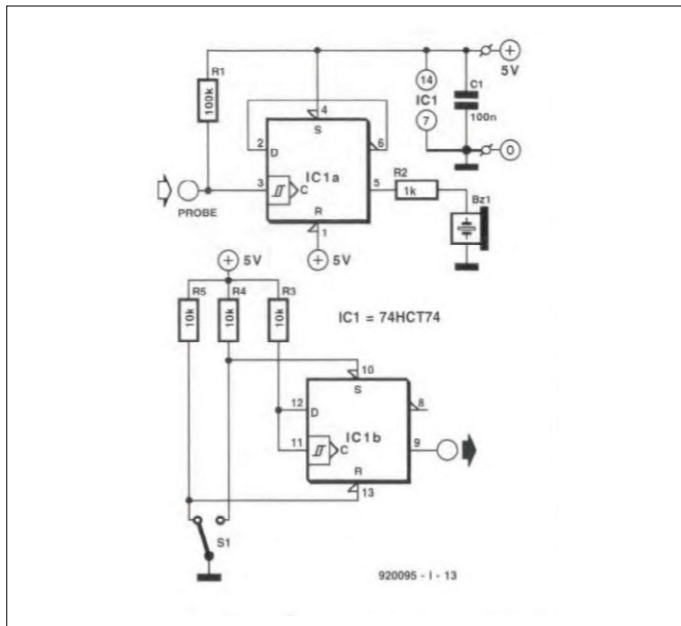
- Frequentiemeter: 1 MHz tot 1,2 GHz
- Periode: (1/frequentie): 1 ps tot 4.000 s
- Toerenteller: 0,001 tot 4×10<sup>6</sup> rpm
- Event (puls) teller: 1 tot ca. 4×10<sup>9</sup>
- Teller-preset: 1 tot 4×10<sup>9</sup>

### Generator:

- Timer: 1 μs tot 4.000 s
- Pulsgenerator: 8.500 s (0,117 MHz) tot 4 μs (250 kHz)
- Puls/pauze-verhouding: 1:1 tot 1:4×10<sup>9</sup>
- Puls-burst-lengte: 1 tot 4×10<sup>9</sup>

### Gebruikersinstellingen:

- Enkelvoudige/continue meting
- Floating gate tijd
- Weergave van tussentijdse metingen
- Periode-analyse (nauwkeurige meting van lage frequenties bij korte poorttijden)
- Rustniveau
- Puls-polariteit
- Buzzer aan/uit



Figuur 3. Je kunt niet alles testen door bits en bytes heen en weer te schuiven! In sommige gevallen kan ouderwetse hardware te hulp schieten. Hier dient een enkele 74HCT74 als logische-signaalgenerator en als logische probe met audio-uitgang. Wow!

Ervan uitgaande dat de CPU, EPROM, LCD, kristal en adreslatch goed functioneren, wordt de testroutine 'menu' gestart door de MENU- of ENTER-toets bij het inschakelen ingedrukt te houden; met dezelfde toetscombinatie wordt het menu verlaten (BREAK). De drie subsysteemtests lijken bijzonder volledig, en moeten een goed hulpmiddel zijn geweest bij het lokaliseren van problemen in zo'n ingewikkelde schakeling.

Hoewel ik het me nauwelijks kan voorstellen, hadden sommige gebruikers wellicht geen oscilloscoop ter beschikking als hulpmiddel bij het testen van de teller. Het was echter niet zo erg geen PC met een RS-232 poort te hebben, omdat de relevante test een min of meer optionele functie van de teller betrof: afstandsbediening en uitlezing.

In de artikelreeks is ook een 'goud-van-oud' hulptestschakeling beschreven die in **figuur 3** is gereproduceerd. Eén enkele 74HCT74 ('bistabiele') volstaat; deze fungeert tegelijkertijd als een eenvoudige pulsgenerator en een hoorbare 'digitale probe'. Net als u vroeg ik me af wat de frequentiestabiliteit en de resulterende resolutie van het instrument was; jammer genoeg "hangt het allemaal af van het 12MHz-kristal". In het prototype werd een goedkoop computerkristal gebruikt. In het artikel staat: "[het afregelen van de centrale oscillator] ... kan het beste gedaan worden door een bekende, zeer nauwkeurige testfrequentie op de ingang van de meter te zetten en trimcondensator C2 zo af te regelen dat deze frequentie wordt weergegeven". Achteraf gezien had de CPU op 10 MHz moeten worden geklokt, dan had als referentie een professionele frequentiestandaard, een kristaloven of zelfs de eigen 10MHz-frequentiestandaard van Elektuur kunnen worden gebruikt. Vandaag de dag zouden we een GPS-gestuurde oscillator gebruiken.

## Bundel

Ongeveer anderhalf jaar na de publicatie in het tijdschrift bleek uit de EPS-printverkoop dat het project nog meer commer-



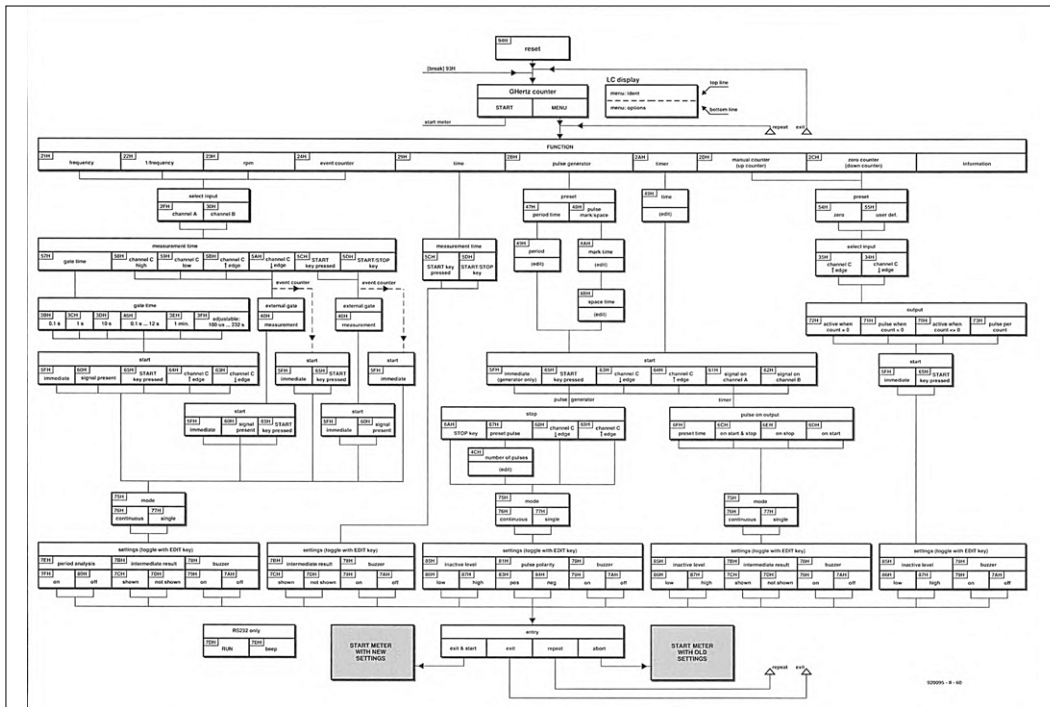
Figuur 4. De door Elektor Duitsland en een onderdelenleverancier verkochte 'bundel' bestond uit een boekje en een zeer complete onderdelenkit. De bundel verscheen voor het eerst in 1995, dus ruim na de publicatie van de GHz-teller in Elektuur.

cieel potentieel had. De Elektor-medewerkers in Aken lieten kits samenstellen door een adverteerder in het tijdschrift (waarschijnlijk Geist Elektronik) en verkochten die onder de naam Elektor Duitsland, samen met een boek (in plaats van de gefotokopieerde artikelen). Dit was exclusief voor Duitsland, en was wellicht de eerste keer dat het team van Elektor Duitsland een 'bundel' (pakket) verkocht op basis van een ontwerp dat in een tijdschriftartikel was gepubliceerd. (Tegenwoordig doet Elektor dit 24/7 in vier talen).

Het pakket, afgebeeld in **figuur 4**, is inmiddels een zeldzaamheid; naar verluidt werden er zo'n honderd stuks verkocht, niet slecht gezien de ongeveer 2000 losse printen, EPROM's en frontpanelen die verkocht waren. De witte doos bevat alle componenten om de teller te bouwen, dus inclusief de voorgeboorde kast, EPROM, frontplaatfolie en alle mechanische onder-



Figuur 5. Inhoud van de kit (1995). Omwille van de authenticiteit zijn niet alle papieren zakjes met componenten geleegd.



Figuur 6. Naast een tekstuele beschrijving is in 1993 een tekening gemaakt van de indrukwekkende menustructuur en gebruikersopties van de teller. Het origineel had het formaat 40 x 26 cm en werd als vouwblad bij het boek geleverd.

delen. Herinneringen aan het Heathkit-tijdperk! De inhoud van het pakket dat ik in 2006 heb 'gered' was onaangeroerd, en tot mijn vreugde vond ik een stuk massief koperdraad van het 'je-weet-maar-nooit'-soort en stukjes blik voor de afscherming van de prescaler. Weerstand, voetjes, IC's, druktoetsen, display, BNC-connectoren, de geprogrammeerde EPROM – alles is er, netjes verpakt in kleine, witte papieren zakjes (figuur 5). Ook het boek dat deel uitmaakt van de bundel is een aanwinst. Het bevat de drie delen van het artikel in een formaat dat iets groter is dan de eigenlijke teller in zijn Vero-behuizing.

### Mag ik het menu?

De voorbereiding van deel 2 van het artikel liep vertraging op toen een redacteur van de Nederlandse sectie van Elektor vond dat het menu van het instrument goed moest worden gedocumenteerd en geïllustreerd. Tot dat moment hadden de meeste labmedewerkers niet veel meer uit het menu geselecteerd dan 'Press Enter to Continue', laat staan dat ze zich aan de talloze diep verborgen opties waagden. En dus besteedde Dick Lubben in zijn rustige bureau in Beek een kleine twee werkweken aan het in kaart brengen en documenteren van de softwarestructuur van de teller – tot in het kleinste detail, culminerend in een enorm vel papier waarop alle denkbare opties, teksten en foutcodes worden weergegeven. Een fantastische prestatie die naar behoren werd toegejuicht; het resultaat werd niet alleen op een hele pagina in deel 2 afgedrukt maar ook als vouwblad

samen met het Duitstalige boek meegeleverd. **Figuur 6** toont een poging om het 400 x 260 mm grote origineel (op glanzend papier gedrukt – sic) te reproduceren.

### Tantaalperikelen

Ik heb geprobeerd het instrument aan de praat te krijgen door een nieuwe 9V-batterij in de houder aan de onderzijde te plaatsen en het instrument aan te zetten met de kleine schuifschakelaar. Er gebeurde niets en toen ik met een DMM op enkele punten de voedingsspanning mat, vond ik slechts ongeveer +3 V achter de aan/uit-schakelaar. Het was duidelijk dat de batterij ergens overmatig door werd belast; ik dacht meteen aan een of meer elektrolytische condensatoren tussen de voedingsrails, en dan vooral de tantaaltjes C14 en C17. Achteraf gezien was ik blij dat ik maar een paar seconden een batterij gebruikte en geen labvoeding, omdat dan waarschijnlijk een paar componenten zouden zijn opgeblazen. Ik ben van plan de nodige reparaties uit te voeren om te zien of het instrument daadwerkelijk werkt – daar heb ik alle vertrouwen in.

De drie afleveringen van de 1,2-GHz-universeelteller zijn in PDF-formaat beschikbaar in het online-archief van Elektor voor Elektor Green- en Gold-leden [1][2][3]. Ze staan ook op de DVD Elektor 1990-1999. Het verdient geen aanbeveling te proberen de schakeling na te bouwen, omdat diverse onderdelen niet meer leverbaar zijn. ◀

190382-C-04

**EST<sup>D</sup> 2004**

Retrotronica is een rubriek over oude elektronica en legendarische Elektor-ontwerpen. Bijdragen, suggesties en vragen zijn meer dan welkom; stuur uw telex of telegram naar [redactie@elektor.nl](mailto:redactie@elektor.nl)

### Weblinks

- [1] 1,2-GHz-universeelteller, deel 1. Elektor november 1992: [www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-199211/37898/](http://www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-199211/37898/)
- [2] 1,2-GHz-universeelteller, deel 2. Elektor december 1992: [www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-199212/37914/](http://www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-199212/37914/)
- [3] 1,2-GHz-universeelteller, deel 3. Elektor januari 1993: [www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-199301/37932/](http://www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-199301/37932/)