



alternatieve LED-klok

met DCF-sturing

Iedereen die de Duitse stad Düsseldorf bezocht heeft, heeft waarschijnlijk de Rheinturmuhur wel eens gezien. Het is een digitale klok die in de zenderannex uitkijktoren van de stad verwerkt is en gebruik maakt van lampen die in de betonnen constructie van dit 234 meter hoge bouwwerk zijn aangebracht. De hier voorgestelde schakeling maakt gebruik van 48 LED's en simuleert daarmee de werking van deze bijzondere klok. De schakeling is opgebouwd rond een compacte Atmel-controller en wordt aangestuurd via de DCF-tijdzender.



Iedereen die nog nooit van Rheinturmuhur in Düsseldorf gehoord heeft, kan via het Internet foto's van deze 234 meter hoge gecombineerde zender-/uitkijktoren opvragen. Er is zelfs een originele screensaver op basis van deze klok te downloaden (<http://www.duesseldorf.de>). Om er zeker van te zijn dat men ook zonder modem en PC een idee krijgt van de opzet van de alternatieve DCF-gestuurde LED-klok, heeft de lokale VVV ons desgevraagd een foto van de Rheinturm beschikbaar gesteld (figuur 1).

Gezamenlijk vormen 39 van de 62 ramen die in de lengterichting van de

toren zijn aangebracht, het grootste digitale uurwerk ter wereld. De 39 verlichte ramen stellen van boven naar beneden twee urentellers (tientallen en eenheden), twee minutentellers (tientallen en eenheden) en twee secondentellers (tientallen en eenheden) voor. In figuur 2 is dat te zien. De toeschouwer kan bijna overal vanaf de Rijnboulevard in Düsseldorf de exacte tijd van de toren aflezen.

DE SCHAKELING

Bij de elektronische simulatie heeft de auteur (figuur 3) gele LED's (D2...D40) ingezet voor de tijdweergave. De groene LED's D46...D48 representeren

ontwerp: D. de Müller

1



Figuur 1. Het voorbeeld voor de alternatieve LED-klok is de Rheinturm uit Düsseldorf. De verlichte stippen vormen het langste digitale uurwerk ter wereld.

terwijl de LED's D41...D45 de bakenverlichting vertegenwoordigen. Deze laatste is absoluut noodzakelijk omdat, zoals de screensaver ook al laat zien, rond de toren (als gevolg van de lokale luchthaven) veel door de lucht vliegt. De plaatsing van de LED's op de display-print (zie **figuur 4**) komt overeen met de opzet van het schema uit **figuur 2**. Hierdoor is het eenvoudig voor te stellen hoe een verkleinde uitvoering van de Rheinturmuhur er uit zal gaan zien. Uiteraard is voor deze alternatieve LED-klok zo'n complexe constructie niet nodig. Het monteren van de print in een transparante kunststof cylinder geeft de klok al een bijzondere uitstraling.

Terug naar de schakeling. Dankzij het gebruik van een programmeerbare Atmel-controller, is de schakeling eenvoudig van opzet gebleven. Naast de controller vinden we een spanningsregelaar en een paar andere IC's. In dit geval zijn dat de 7218A (van Intersil, Harris of Plessey) en een display-driver. Deze laatste bevat alle functies die

de verlichting van het draaiende restaurant,

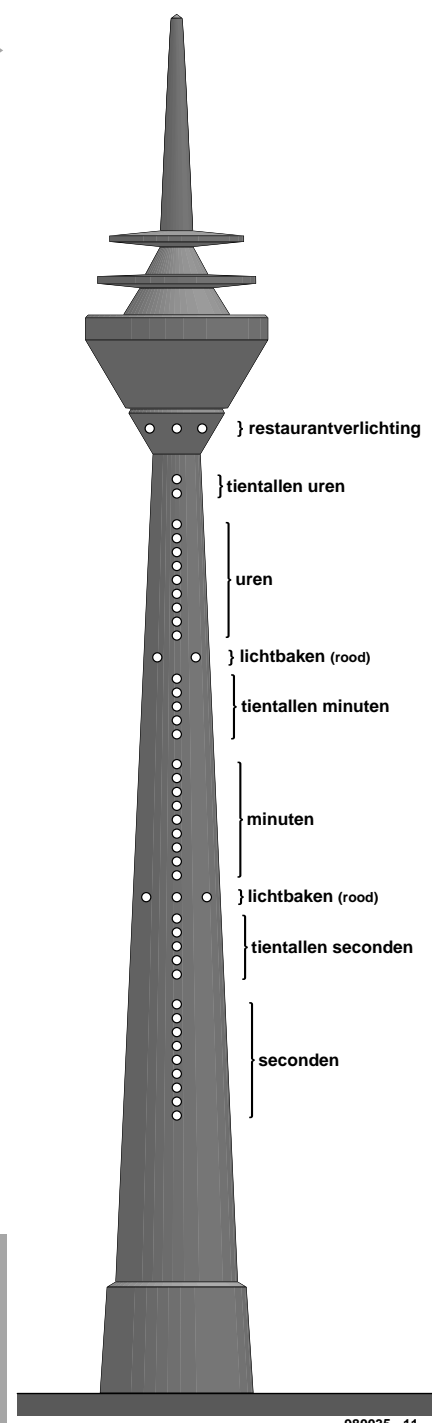
nodig zijn om met behulp van een microcontroller of microprocessor een LED-display aan te sturen. In de volgende Elektuur zullen we daar via een datakaart nader op terugkomen. De ICM7218A beschikt over twee stuurlijnen die verbonden zijn met de microcontroller (WRITE en Mode) en waarmee naar keuze een 4-bits commando of een 8-bits datawoord (byte) naar het display kan worden gestuurd. De opeenvolgende datawoorden worden iedere keer met een positieve WRITE-impuls in een 8 byte groot intern geheugen opgeslagen. De data kunnen naar keuze direct of gecodeerd (hexadecimaal of binair-naar-7-segment) weggeschreven worden. Bij de hier beschreven toepassing wordt de decoder uiteraard niet gebruikt. De verschillende LED's van de klok kunnen door de microcontroller probleemloos via de acht drivers individueel aangestuurd worden.

Gewoonlijk stuurt de ICM7218A tot maximaal acht 7-segmentsdisplays met een gemeenschappelijke anode in multiplex-mode aan. Omdat de seg-

ment- en digit-aansluitingen allemaal met connector K1 verbonden zijn, is het mogelijk, mits de software in de Atmel-controller wordt aangepast, ook gebruik te maken van 7-segment LED-displays. Uiteraard gaat dan het bijzondere karakter van deze klok verloren. Wordt gebruik gemaakt van het voorgestelde display, dan wordt dit via K1 en een stukje vlakbandkabel verbonden met K2.

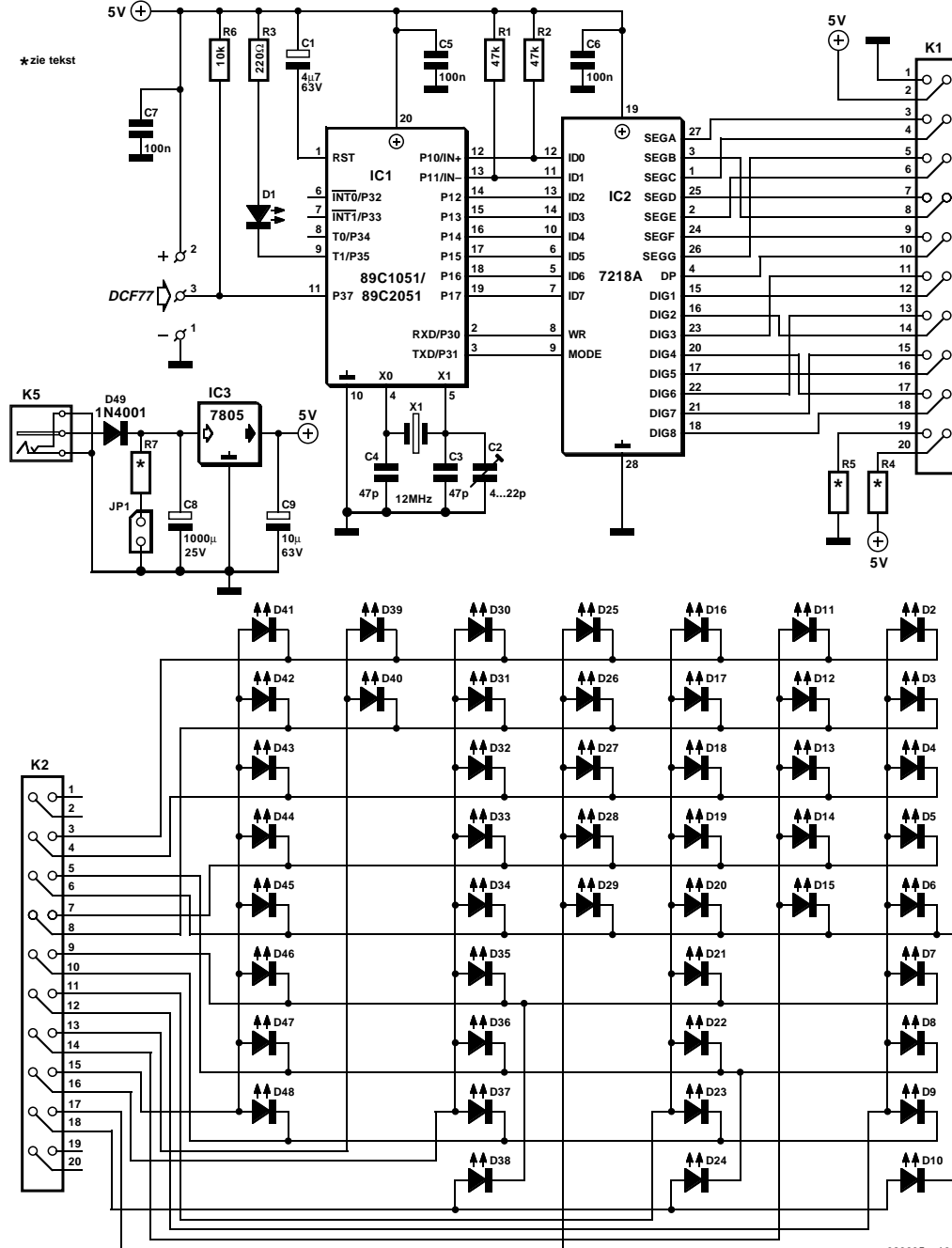
In het schema zijn van links naar rechts de LED-groepen (met doorverbonden anode) met de navolgende digit-lijnen van de display-driver verbonden. D41...D48 (baken- en restaurantverlichting) met digit 7, D39...D40 (tientallen uren) met digit 6, D30...D37

2



Figuur 2. De volgorde van de LED's op de display-print komt overeen met de opzet van de Rheinturm-klok.

980035 - 11



980035 - 12

Figuur 3. De schakeling van de klok: weinig IC's en veel LED's. Op de DCF-ingang wordt een goedkope DCF-module aangesloten.

(eenheden uren) met digit 5, D25...D29 (tientallen minuten) met digit 4, D16...D23 (minuten eenheden) met digit 3, D11...D15 (tientallen seconden) met digit 2 en D2...D9 (eenheden seconden) met digit 1.

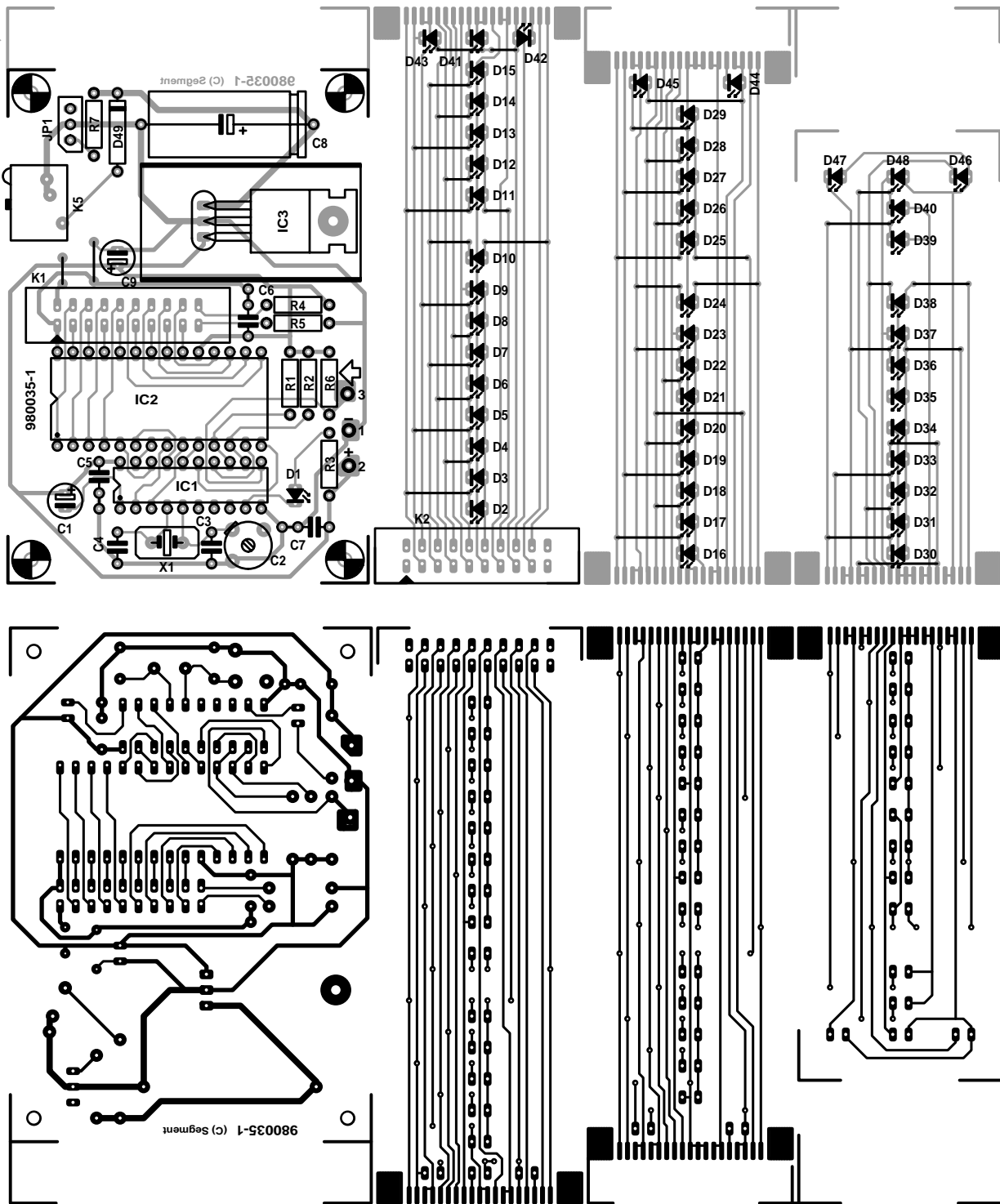
De horizontale segmentlijnen lopen van boven naar beneden in de volgorde A, B, C, D, E, F, G en DP. Samen dus acht aansluitingen, en dat terwijl bij de eenheden negen LED's in gebruik zijn. Feitelijk ontbreekt dus een aansluiting voor het negende segment. Vandaar dat voor drie LED's (D10, D24 en D38) in het schema een speciale regeling gekozen is. De anodes van deze LED's zijn gezamenlijk met de lijn van digit 8 verbonden (pen 18 op K1, K2 en IC2). Op de display-print is de volgorde exact omgekeerd. Daar nemen deze drie LED's de

toppositie in hun LED-rij aan. De LED's die via de anode met de digit-7-lijn zijn verbonden (D41...D48), worden op de anode op zodanige wijze aangestuurd dat de rode bakken-LED's (D41...D45) in het secondaritme knipperen en de groene LED's (D46...D48) (restaurantverlichting) continu branden. De weerstanden R4 en R5 kunnen als voorschakelweerstand gebruikt worden indien op K1 als experiment een ander display wordt aangesloten. Vandaar dat ook pen 1 van K1 met massa en pen 2 met de voedingsspanning verbonden is. Ook R7 is voor experimentele toepassingen aangebracht. Hij kan als voorschakelweerstand voor een LED (aansluiten op de pennen

van JP1) gebruikt worden. Dan is duidelijk zichtbaar of de netadapter spanning levert. Bij de standaardtoepassing kunnen de drie weerstanden achterwege

blijven.

De display-driver bevat, afgezien van C6 die voor de ont koppeling aanwezig is, geen extra onderdelen. Op de microcontrollerprint zijn wel enkele extra componenten te vinden. Zo zorgt C5 voor de ont koppeling van de voedingsspanning en heeft C7 een identieke functie voor de DCF-module. Condensator C1 wekt een resetpuls op. LED D1 die verbonden is met de ritme van de ontvangen DCF-impulsen. Ze kan daarmee behulpzaam zijn



Figuur 4. Zowel de microcontroller- als de display-print is enkelzijdig uitgevoerd. De display-print bestaat uit drie delen die men eerst loszaagt en daarna weer met elkaar verbindt.

Onderdelenlijst

Weerstanden:

R1,R2 = 2 × 47 k
 R3 = 1 × 220 W
 R4,R5,R7 = zie tekst
 R6 = 1 × 10 k

Condensatoren:

C1 = 1 × 4m7/63Vradiaal
 C2 = 1 × 4...22 pF trimmer
 C3,C4 = 2 × 47 p
 C5...C7 = 3 × 100 n
 C8 = 1 × 1000 m/25 V
 C9 = 1 × 10 m/63 V

Halfgeleiders:

D1,D46...D48 = 4 × LED groen, high eff.
 D2...D40 = 39 × LED geel, high eff.
 D41...D45 = 5 × LED rood, high eff.
 D49 = 1 × 1N4001
 IC1 = 1 × geprogrammeerde 89C1051 of 89C2051 (Atmel), EPS 986505-1
 IC2 = 1 × 7218A (Intersil, Harris, Plessey)
 IC3 = 1 × 7805

Diversen:

PC1...PC3 = 3 × soldeerpen
 X1 = 1 × 12-MHz-kristal

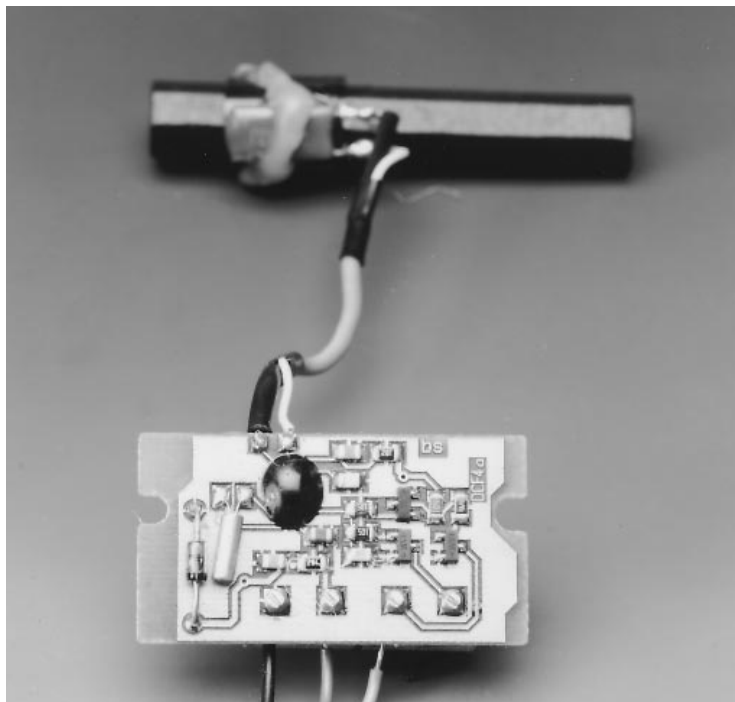
K5 = netadapter-aansluitbus, voor printmontage

JP1 = 1 × jumper

K1,K2 = 2 × 20-polige boxheader voor printmontage met 2 20-polige vlakbandconnectoren en vlakbandkabel. koellichaam voor IC3 (bijv. ICK35SA van Fisher)

DCF-module, bijvoorbeeld BN641138 (Conrad)

Combinatiepakket EPS 980035-C, bestaande uit print en controller
 Wie de print zelf etst, kan de geprogr. controller ook los bestellen: EPS-nr. 986505-1 (zie service-pagina's)



Figuur 5. De DCF-module is in hoofdzaak met SMD-componenten opgebouwd. Ze wordt via drie draadjes met de controller-print verbonden.

bij het uitrusten van de ferrietantenne. De impulsen die de module levert worden door de microcontroller op pin 11 (P37) voor decodering ingelezen (zie ook het kader "DCF-klok met 829 bytes").

Voor het aansluiten van de DCF-module zijn op de print drie pennen beschikbaar: massa (1), voeding (2) en de DCF-impuls (3). R6 is een pull-upweerstand voor de open-collector-uitgang van de DCF-module.

De interne oscillator van de Atmel-controller werkt met het externe 12-MHz-kristal zo nauwkeurig dat de klok ook bij het wegvallen van het DCF-signaal nog langdurig de juiste tijd aangeeft. Zij die zonder DCF-sig-

naal de klok optimaal willen laten werken, kunnen met trimmer C2 de oscillator exact afregelen. Helemaal zonder DCF-module kan de schakeling overigens niet werken, er is immers niet voorzien in een instelmogelijkheid (hoewel... u kunt natuurlijk de klok om 12 uur 's nachts inschakelen, dan loopt ze ook zonder DCF-module correct).

Tot slot nog iets over de voeding. Op K5 wordt een netadapter met een uitgangsspanning van 9...12 V bij een stroom van circa 150 mA aangesloten. De controller-print verbruikt samen met de DCF-module maar weinig, slechts 18 mA. Indien de display-print wordt aangesloten, komt daar circa

120 mA voor de LED's bij. Brandt het maximale aantal LED's, dan blijft de totale stroomopname toch beperkt tot zo'n 150 mA.

HET BOUWEN

De printen zijn in **figuur 4** terug te vinden en zijn door hun enkelzijdige opzet eenvoudig gebleven.

Wordt goed gekeken, dan is bij de componentenopstelling te zien dat op de controller-print twee kleine draadbruggen moeten worden aangebracht. Vergeet ze niet! Wat meer werk brengen de draadbruggen op de display-print met zich mee, want dat zijn er een heleboel. Voordat met het solderen kan worden begonnen, moeten de printen van elkaar worden gescheiden. Omdat de printsporen dicht bij elkaar zitten moet er nauwkeurig gesoldeerd worden. Let bij de opbouw verder goed op de polariteit van de dioden en de elektrolytische condensatoren.

Speciaal voor de verbindingen tussen de drie achter elkaar te schakelen delen van de display-print eindigen de koperbanen in korte bredere sporen. Daarnaast is een aantal extra vlakjes aangebracht om de constructie te versterken.

Leg de printen met de koperzijde naar boven op het tafelblad en soldeer korte stukjes draad op de verbrede koperbanen. Op de extra vlakjes aan de zijkant kunnen desgewenst ijzeren staafjes gebruikt worden om extra stevigheid te realiseren. Een andere mogelijkheid om de constructie te verstevigen is het gebruik van kunststof papierklemmen die in de kantoorboekhandel te koop zijn. Gewoonlijk worden deze lange smalle klemmen gebruikt om een aantal vellen A4-papier eenvoudig te bundelen. De klemmen kunnen zijdelings op de printen geschoven worden.

DCF-klok met 829 bytes

De complete DCF-klok is gerealiseerd met 829 bytes aan machinencode, een compacte opzet. De software is relatief eenvoudig en bestaat uit twee blokken. Enerzijds wordt er serieel data ingelezen (via P3.7) en in registers opgeslagen. In **figuur 7** is de opzet te zien van het codewoord dat de DCF-zender (opgesteld in Mainflingen nabij Frankfurt) via de lange-golf op 77,5 kHz verstuurt. De code bevat 35 bits voor tijd- en datum informatie en 10 bits die voor andere functies beschikbaar zijn. De zender verstuurt de code in een raster van 1 seconde (uitgezonderd de 59^{ste} seconde van iedere minuut) in de vorm van een burst op de draaggolf. Deze burst is 100 ms lang bij een logische nul en 200 ms bij een logische één. De flank van de puls markeert nauwkeurig het begin van een seconde. Om de decoder aan te geven waar de code of cyclus begint en eindigt, wordt gedurende de 59^{ste} seconde geen data verzonden.

Zodra twee minuten achter elkaar een geldige code is ingelezen, wordt deze informatie gebruikt om de klok gelijk te zetten.

Nast het inlezen van die seriële code houdt de controller ook zelf een klokfunctie bij. Na een reset wordt een aantal registers leeg gemaakt en worden hierin de uren, minuten en seconden opgeslagen. Verder wordt timer0 in de 8-bits auto-reload-mode gezet, zodat hij iedere 250 μ s een interrupt opwekt. Bij een interrupt worden de inhoud van de accu en het program status word (PSW) opgeslagen. Door de routine worden twee registers bijgehouden: één telt van 0 tot 100 (250 μ s \Leftrightarrow 100 = 25 ms), de ander tot 40 (40 \Leftrightarrow 25 ms = 1 s). Met deze secondenpuls worden de registers opgehoogd en is de klok dus beschikbaar. Is er geldige DCF-informatie ontvangen, dan wordt hiermee de registerinhoud voor de uren en minuten gesynchroniseerd.

Het weergeven van de informatie op een display kost wat extra rekenwerk. Eerst wordt een byte opgesplitst in twee digits, daarna wordt de hexadecimale code omgezet in een positie. Decimaal 7 heeft de hexadecimale code 0111, en uiteindelijk licht dan de zevende LED op. Dit converteren gebeurt met behulp van het achtereenvolgens vergelijken met de cijfers 0...9. Is de positiecode eenmaal gevonden, dan wordt deze via een immediate-instructie aan de display-code toegevoegd.

Hoe de DCF-module aangesloten moet worden, is te zien op de foto's van **figuur 5 en 6**. Wordt van boven op de vier aansluitklemmen gekeken, dan vinden we van links naar rechts de DCF-uitgang (geïnverteerd), DCF-uitgang (niet-geïnverteerd), de voedingsspanning (+1,2....15 V) en massa. In figuur 5 is de met SMD-componenten bestukte printzijde van de module te zien. De verbindingsdraden met de controllerprint zijn hier (van links naar rechts) massa, +5 volt en de niet-geïnverteerde DCF-uitgang. Voor een verbinding over grotere afstand is het aan te bevelen een afgeschermde drie-aderige kabel te gebruiken.

Bij beide uitgangen van de module is gebruik gemaakt van een zogenaamde open-collector-uitgang. Hierbij is de collector van een NPN-transistor dus met de uitgang verbonden. Met deze transistor kunnen spanningen van maximaal 30 V met een stroom van maximaal 1 mA naar massa geschakeld worden.

Alvorens de spanning wordt ingeschakeld, is het belangrijk om alles nog eens goed te controleren. Voordat IC1 en IC2 in hun voetjes worden gestoken, moet de netadapter worden aangesloten en de voedingsspanning op de IC-voetjes worden gecontroleerd. Op de uitgang van IC3 (verbonden met C9) en op pen 20 (van het voetje) van IC1, op pen 9 van IC2 (ook op het voetje) alsmede op pen 2 van K1 moet een spanning van 5 V ($\pm 5\%$) gemeten worden.

Neem nu de netadapter los, steek beide IC's in de voetjes en sluit de DCF-module aan. Na het aansluiten van de netadapter moeten de zogenaamde restaurant-LED's direct gaan branden en de LED's van de bakens in een seconde-ritme gaan knipperen. Vervolgens start de klok met de weer-

gave van de tijd: 00:00:00. Om de klok de gelegenheid te geven zich in te stellen op de juiste tijd, moeten we hem tenminste twee minuten de tijd geven. Als gedurende deze tijd de DCF-informatie zonder storingen ontvangen wordt (LED D1 moet dan rustig knipperen), is alle relevante tijdinformatie in het geheugen ingelezen en verschijnt de tijd op het display.

Als gevolg van het multiplexen van het display is de ontvangst in de nabijheid van de controller-print, display-print en de vlakbandkabel wat moeilijker. Ga daarom in eerste instantie op zeker, en plaats de DCF-module op een wat grotere afstand van de schakeling. Daardoor heeft de antenne geen last van de stoorsignalen die de controller- en display-prints opwekken. Ontvangstproblemen zijn ook te verwachten in de directe nabijheid (afstand circa 1 m) van ingeschakelde televisies.

Indien D1 een storingsvrije ontvangst signaleert, moet na circa 2 minuten op het display de exacte tijd zichtbaar zijn. Zodra ook maar één bit in deze fase verminkt wordt ontvangen, begint de opstartprocedure van 2 minuten opnieuw. Loopt de klok eenmaal en staat de juiste tijd op het display, dan loopt hij dankzij het kwartskristal ook zonder DCF-sigitaal lange tijd nauwkeurig. Indien nodig kan de oscillator met C2 een beetje bijgesteld worden. In de praktijk is het voldoende wanneer tenminste één keer per dag een geldig DCF-sigitaal wordt ingelezen. Hiermee wordt de klok gelijkgezet.

(980035)

Figuur 6. De opbouw van het door de DCF-77-zender verzonden datawoord dat 35 bits groot is.

