



AVR-USB-Board

met universele USB-driver

DRAADLOZE
MINI-MEETMODULES

FREESCALE
EXPERIMENTEERKIT

Praktijktest
18 functiegeneratoren



Overall microcontrollers

We hebben dit onderwerp al eerder aangesneden in Elektuur, maar in deze uitgave valt het extra sterk op: microcontrollers overheersen in elektronicaschakelingen. Vroeger was het een sport voor de ontwerper om bepaalde functies met behulp van slimme analoge of digitale schakelingen te realiseren en daarbij liefst zo weinig mogelijk componenten te gebruiken. Tegenwoordig neem je gewoon voor elk project een microcontroller en laat die met behulp van wat programmeerwerk precies doen wat je wilt. Dat is de vooruitgang. Veel (vooral oudere) elektronici zullen dikwijls met weemoed terugdenken aan die 'goeie ouwe tijd' zonder microcontrollers. Toch bieden die microcontrollers echt wel voordelen; Ze zijn relatief goedkoop, bieden ontzettend veel mogelijkheden (de vroegere hardware wordt nu grotendeels vervangen door software) en zorgen ervoor dat schakelingen veel minder componenten hoeven te bevatten. Prachtig toch? Het vergt wel een heel andere aanpak bij het ontwerpen van een schakeling en je moet je natuurlijk wel verdiepen in de werking van deze veelkunnigen en het programmeren ervan, maar we merken dat steeds meer elektronici hiermee aan de slag gaan. Veel projecten die door lezers worden ingestuurd, maken gebruik van een microcontroller. Natuurlijk hoeft niet elke schakeling gebruik te maken van microcontrollers, maar in dit nummer besteden we extra veel aandacht aan allerlei soorten microcontrollers en toepassingen ermee. Zo gaan we aan de slag met een controller-reeks van Freescale, we verdiepen ons verder in het fraaie experimenteelbord van Microchip, we laten zien hoe je in een standaard controller zelf een USB-driver kunt implementeren en we stellen een draadloos meetsysteem voor. Mocht u nog niet in de microcontrollers zijn gedoken, dan is dit het moment om dat toch eens te proberen!

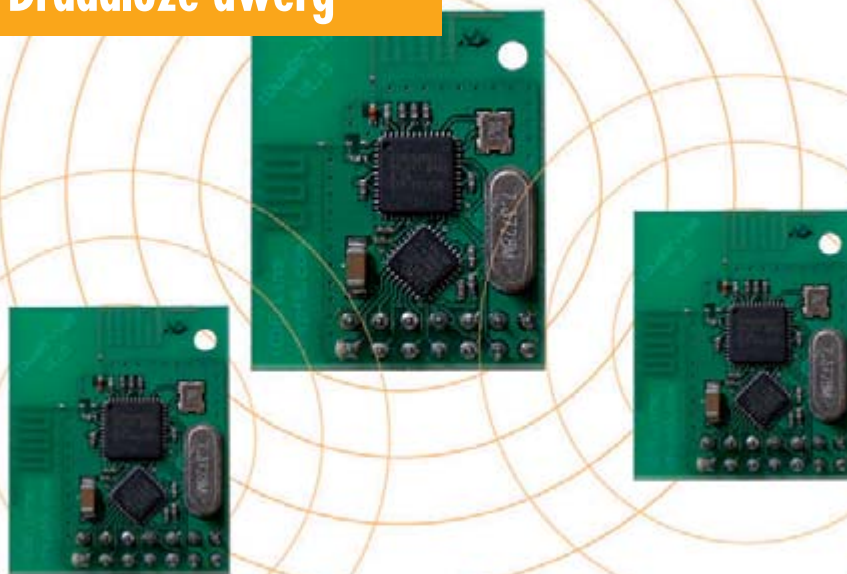
Harry Baggen

AVR stuurt USB

Is het mogelijk om met een controller uit het pre-USB tijdperk een USB-apparaat te ontwikkelen, zonder hiervoor extra IC's te gebruiken?

Deze vraag hebben enkele ontwerpers zich gesteld. Na ettelijke avonden denk- en programmeerwerk blijkt het antwoord "Ja" te zijn. Dit heeft geresulteerd in een USB-I/O Board op basis van een standaard AVR-controller, zonder speciale USB-chips!

48 Draadloze dwerg



Het hier beschreven iDwaRF-systeem bestaat uit een WirelessUSB-transceiver van Cypress in combinatie met een Atmel-AVR.

Zo ontstaat een 2,4 GHz draadloze module met netwerkmogelijkheden. Dit systeem maakt gebruik van gratis software voor de implementatie van het protocol en biedt ruimte voor het ontwikkelen van eigen toepassingen.

praktijk

- 32** Aan de slag met de SpYder
- 38** AVR stuurt USB
- 48** Draadloze dwerg
- 58** Gsm-display aan de pc
- 68** Miniproject: Kalkbestrijder
- 74** Ethermeter

techniek

- 44** Universele USB-driver
- 62** Explorer-16 - deel 3
- 70** Labpraatje:
De opbouw van HEX-files
- 71** Ontwerptips:
Van 5 naar 3,3 V
Open CMOS-ingangen

info & markt

- 6** Colofon
- 8** Mailbox
- 10** Jaargang-CD 2006
- 11** Nieuws en achtergronden
- 18** Golvenmakers
- 84** Volgende maand

infotainment

- 77** Retro-tronica:
8052-BASIC-compuboard
- 78** Hexadoku

38

32 Aan de slag met de SpYder

In een korte serie artikelen zullen we de krachtige MC9S08 van fabrikant Freescale nader bekijken. In dit eerste deel wordt nader ingegaan op deze controller en de bijbehorende ontwikkeltools SpYder en CodeWarrior. Voor de volgende maand staat een zeer interessante toepassing met een versnellingssensor op het programma.



18 Golvenmakers



Wie in detail wil weten wat er precies gebeurt in een schakeling, heeft niet genoeg aan een multimeter en een oscilloscoop: een signaalbron die precies doet wat je wilt, is minstens zo belangrijk. Een functiegenerator dus. In dit artikel bespreken we de techniek in de generator, vatten we samen wat-ie moet kunnen en waarom, en voelen we een 18-tal uiteenlopende modellen aan de tand.



Losse nummerprijs : Nederland € 6,85
België € 7,10

Abonnementen: Riet Maussen
e-mail: abonnementen@elektuur.nl

Bestellingen/verkoop: Nicolle vd Bosch
e-mail: verkoop@elektuur.nl

Standaard-jaarabonnement

Nederland: € 72,00
België: € 73,50
buitenland:
priority-mail Europa € 108,00
buiten Europa € 141,00
standard-mail Europa € 96,00
buiten Europa € 114,00
studie-abonnement Nederland € 57,60
België € 58,80
CJP-abonnement € 64,80

Colofon

47e jaargang nr. 3, maart 2007
ISSN 0013-5895

Elektuur wil mensen inspireren om zich elektronica eigen te maken door het presenteren van bouwbeschrijvingen en door het signaleren van ontwikkelingen in de elektronica en technische informatica.

Elektuur is een uitgave van
Segment B.V., Special Interest Media
P. Treckpoelstraat 2-4, Beek (Lb.)
Postbus 75, 6190 AB Beek, Nederland
Tel.: +31 (0)46- 4389444,
Fax +031 (0)46-4370161

Elektuur verschijnt elf maal per jaar, in juli/augustus verschijnt een dubbelnummer. Onder de naam Elektor verschijnen Engelstalige, Franstalige en Duitstalige edities. Elektor is in meer dan 50 landen verkrijgbaar.

Internationaal hoofdredacteur:
Mat Heffels

Redactie: Harry Baggen (hoofdred.),
Thijs Beckers (redactie@elektuur.nl)

Internationale redactie:

Jan Buiting, Ernst Krempelsauer,
Jens Nickel, Guy Raedersdorf

ABO-PLUS-jaarabonnement

Nederland: € 81,95
België: € 83,45
buitenland:
luchtpost Europa € 117,95
buiten Europa € 150,95
surface-mail Europa € 105,95
buiten Europa € 123,95
studie-abonnement Nederland € 67,55
België € 68,75
CJP-abonnement € 74,75

Een abonnement kan op ieder gewenst tijdstip ingaan en loopt automatisch door, tenzij het 2 maanden voor de vervaldatum schriftelijk is opgezegd. De snelste en goedkoopste manier om een nieuw abonnement op te geven is die via de antwoordkaart in dit blad. Reeds verschenen nummers op aanvraag leverbaar (huidige losse-nummerprijs geldt).

Adreswijzigingen s.v.p. minstens 3 weken van tevoren opgeven met vermelding van oude en nieuwe adres en het abonneenummer.

Redactiesecretariaat:

Hedwig Hennekens
(secretariaat@segment.nl)

Technische redactie:

Ton Giesberts, Paul Goossens,
Luc Lemmens, Christian Vossen
(techdept@segment.nl)

Vormgeving:

Giel Dols

Directeur/uitgever:

Paul Snakkers

Marketing:

Carlo van Nistelrooy

Hoofd klantenservice:

Margriet Debei

Abonnementen:

Riet Maussen
(abonnementen@elektuur.nl)
Tel. 046-4389424

Bestellingen:

Nicolle v.d. Bosch
(verkoop@elektuur.nl)
Tel. 046-4389414

Hoofd advertentieverkoop:

Frank van de Raadt
(advertenties@elektuur.nl)
Tel. 046-4389444

Advertentietarieven, nationaal en internationaal, op aanvraag. Alle advertentiecontracten worden afgesloten conform de Regelen voor het Advertentiewezen gedeponeerd bij de rechtbanken in Nederland. Een exemplaar van de Regelen voor het Advertentiewezen is op aanvraag kosteloos verkrijgbaar.

De afdeling klantenservice is bereikbaar:

maandag t/m donderdag van 08.30 tot 17.00 uur

vrijdag van 08.30 tot 12.30 uur

Voor al uw vragen over abonnementen, kunt u deze afdeling bellen onder nummer 046 - 4389424.

Voor bestellingen belt u : 046 - 4389414

Voor het afhandelen van uw abonnement of bestelling vraagt Uitgeversmaatschappij Segment uw persoonsgegevens. Het klantenbestand van Segment is als persoonsregistratie aangemeld bij het College Bescherming Persoonsgegevens onder nr. M 1024093.

De door u verstrekte gegevens kunnen gebruikt worden om u te informeren over relevante diensten en producten. Stelt u daar geen prijs op, dan kunt u dit doorgeven aan: Uitgeversmaatschappij Segment, Afdeling lezersmarkt, Postbus 75, 6190 AB Beek.

Prijswijzigingen voorbehouden.

Druk: Hoontetijl, Zwolle
Distributie: Aldipress, Utrecht

Auteursrecht

Niets uit deze uitgave mag vervaelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

De auteursrechtelijke bescherming van Elektuur strekt zich mede uit tot de illustraties met inbegrip van de printed circuits, evenals de ontwerpen daarvoor.

In verband met artikel 30 van de Rijksoctrooiwet mogen de in Elektuur opgenomen schakelingen slechts voor particuliere of wetenschappelijke doeleinden vervaardigd worden en niet in of voor een bedrijf. Het toepassen van de schakelingen geschiedt buiten de verantwoordelijkheid van de uitgever. De uitgever is niet verplicht ongevraagd ingezonden bijdragen, die hij niet voor publicatie aanvaardt, terug te zenden. Indien de uitgever een ingezonden bijdrage voor publicatie aanvaardt, is hij gerechtigd deze op zijn kosten te (doen) bewerken. De uitgever is tevens gerechtigd een bijdrage te (doen) vertalen en voor haar andere uitgaven en activiteiten te gebruiken tegen de daarvoor bij de uitgever gebruikelijke vergoeding.

HO²⁰⁰⁷
PRINT

Nederlands
uitgeversverbond

Groep uitgevers voor vak en wetenschap

© SEGMENT B.V. - 2007
Printed in the Netherlands

Werken met de dsPIC-familie

Ik ben zeer blij met uw artikelreeks over de dsPIC-familie van microcontrollers van Microchip. Het zou echter jammer zijn als het enthousiasme van de lezers wordt getemperd door een aantal (bekende) problemen waar oplossingen voor bekend zijn. Vandaar dat ik het volgende onder uw aandacht wil brengen:

De dsPIC-familie van microcontrollers van Microchip is zeer laagdrempelig en daarom uitstekend geschikt om kennis te maken met een dergelijk product en de bijbehorende ontwikkelomgeving. Zelf werk ik al een jaar met de dsPIC-30F6014A. Een lid van een sub-familie waar in uw artikelen helaas geen aandacht aan wordt besteed. Waarom helaas: Ten eerste werkt de dsPIC30F familie op 5 volt, dat integreren met andere elektronica voor de hobbyist meestal eenvoudiger maakt. Verder kan de dsPIC30F-familie veel vaker worden geprogrammeerd (ge-flashed). Voor de dsPIC30F-familie wordt een nominaal aantal herprogrammeeracties van 100.000 gespecificeerd, tegen 'slechts' 1000 voor de producten waar u in het artikel aandacht aan besteedt.

Daarnaast is er nog een zeer belangrijk aspect dat niet onvermeld mag blijven. Voor acceptatie is het belangrijk dat de tooling welke wordt geboden redelijk probleemloos werkt. Nu is dat echter niet altijd het geval. Er zijn twee zaken van belang en ik hoop dat u hier aandacht aan wilt schenken. Ten eerste de MPLAB-versie welke u bijlevert, versie 7.50. Deze blijkt in de praktijk nogal eens onstabiel te zijn omdat hier een groot aantal nieuwe features in is opgenomen. Zelf neem ik actief deel aan de nieuwsgroepen van Microchip en deze instabiliteit wordt hier door veel deelnemers bevestigd. Dit uit zich in crashen en het niet altijd correct functioneren van breakpoints tijdens debuggen. Zeer belangrijk is het volgende: Instabiliteit wordt vaak waargenomen indien de software wordt gebruikt op een dual core PC. Dit wordt ook bevestigd door Microchip in de betreffende nieuwsgroep. Het goede nieuws is dat voor beide problemen een oplossing is. Versie 7.51 van MPLAB is inmiddels opgevolgd door versie 7.51 waarin een aantal problemen is opgelost. Verder kan



het dual core probleem worden opgelost door gebruik te maken van een utility van Microsoft. Met deze utility kan na installatie van MPLAB de software worden toegekend aan één van de cores van de dual core processor, wat uit eigen ervaring nagenoeg alle instabiliteit oplost. Deze utility moet opnieuw worden uitgevoerd na een her-installatie van een (nieuwe) versie van MPLAB. De utility kan worden gevonden op <http://www.robpol86.com/Pages/imagecfg.php>. Dat de dsPIC-familie een 'volwassen' familie is mag worden geïllustreerd door het feit dat ik zelf bezig ben met het ontwikkelen van een pre-emptive real time kernel voor deze familie, AVIX genaamd. Door de snelheid en relatief grote hoeveelheden geheugen van deze controllers kan een dergelijk 'operating systeem' perfect worden gebruikt, wat de eenvoud van programmeren voor een aantal aspecten vereenvoudigt (en andere aspecten weer compliceert, maar dat terzijde).

Leon van Snippenberg
Software Architect - Technical Automation / IPS

Hartelijk dank voor uw uitgebreide commentaar, we geven dit bij deze door aan andere lezers via de Mailbox-rubriek.

Vreemd schema in Audio-Special

Na het ontvangen van de Audio Special ben ik meteen begonnen erin te lezen. Op pagina 8, figuur 4, struikel ik in het schema: De halve 6SN7 als ingangsbuis heeft een kathodeweerstand van 180 kOhm/0,25 W en een anodeweerstand van 330 Ohm/2 W. Dat kan zo niet werken (de buis staat zwaar afgeknepen en de anode ligt vrijwel op 410 V) en het zal wel een vergissing zijn. Vermoedelijk zijn de weerstandswaarden van kathode en anodeweerstand verwisseld.

J. H. Stil.

Daar is inderdaad wat fout gegaan. Er is inmiddels een nieuw schema beschikbaar waarin alle weerstandswaarden correct zijn aangegeven. Dit vindt u in ons forum bij het thema Audio. Bij het bericht 'Audio Special: fout in schakeling' staat een pdf-bestand met het gecorrigeerde schema.

Optische encoder

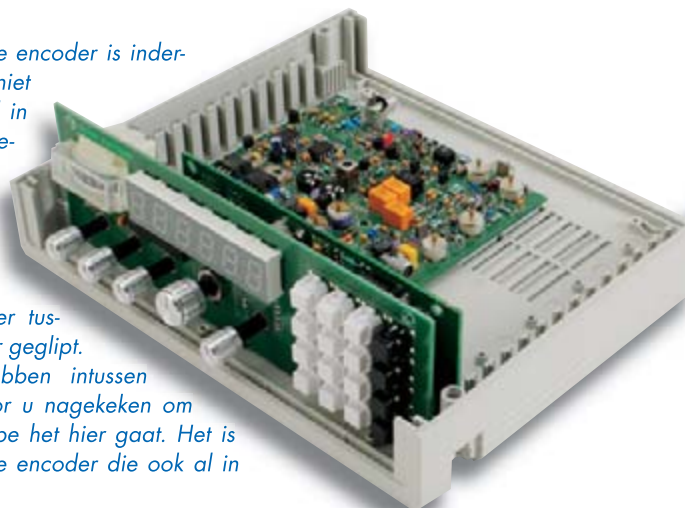
In het artikel van de kortegolf-ontvanger op blz. 37 2de kolom wordt melding gemaakt over het gebruik van een optische decoder. Dit om fijn-afstemming met 100 Hz te krijgen. Echter

er wordt niet vermeld welk fabrikaat en part-nummer. Kunt u mij misschien enig advies hierin geven.

L. Moll

Het type encoder is inderdaad niet vermeld in het schema en de onderdelenlijsten, dat is er tussendoor geglipt. We hebben intussen wel voor u nagekeken om welk type het hier gaat. Het is dezelfde encoder die ook al in

*de KG-ontvanger van 1999 is toegepast:
Bourns ECW1J-B24-AC0024
(o.a. verkrijgbaar bij Farnell)*



Jaargang-CD 2006

Harry Baggen

Nieuwe versie met HTML-user-interface

Samen met deze uitgave verschijnt ook de nieuwe jaargang-CD 2006, met alle artikelen die vorig jaar in het blad zijn verschenen. Ditmaal wordt de inhoud heel anders gepresenteerd dan in voorgaande jaren: de CD heeft een grondige vernieuwingskuur ondergaan!

De jaargang-CD van Elektuur is voor onze lezers inmiddels een bekend begrip: deze verschijnt al sinds 1995. In de eerste jaren werd een zelf ontworpen viewer toegepast omdat er in die tijd nauwelijks nog sprake was van een of andere artikelstandaard voor computers. Maar vanaf jaargang 1998 werd overgestapt op het pdf-formaat voor de artikelen en dat is tot op heden zo. Voor de weergave wordt het bekende programma Acrobat Reader van Adobe toegepast, waarvan ook op elke CD de meest recente versie in vier talen beschikbaar is. Een speciaal voor deze CD geschreven user-interface zorgt daarbij voor een eenvoudige en overzichtelijke bediening en biedt een zoekfunctie om gemakkelijk onderwerpen te kunnen opsporen.

In de loop der jaren is het user-interface-programma regelmatig aangepast aan eisen en wensen van de computergebruikers en natuurlijk aan nieuwe Windows-versies. Toch ontstonden er nogal eens problemen bij gebruikers door een of andere incompatibiliteit. Ook het installeren van meerdere jaargangen op harddisk was niet zo eenvoudig, daarvoor werd de laatste jaren een apart programma (Diskmirror) meegeleverd om dit mogelijk te maken.

Met ingang van de jaargang-CD 2006 hebben we gekozen voor een compleet nieuwe user-inter-

face die HTML-gebaseerd is en gebruik maakt van de standaard webbrowser die op uw computer aanwezig is. Op deze wijze ho-



pen we een betere en overzichtelijkere bediening te bieden en bovendien worden op deze wijze veel hardware-gerelateerde problemen voorkomen.

Even wennen

Het is natuurlijk wel even wennen als je de oude jaargang-CD's gewend bent, maar we denken dat u daar heel snel overheen bent na enig spelen met de nieuwe versie.

Nadat de CD in de drive is gestopt, start deze automatisch (als de Autostart-functie van uw pc tenminste is geactiveerd, anders moet u dubbelklikken op het pro-

gramma *Server2Go.exe* op de CD). Vervolgens wordt op de computer een webserver-applicatie gestart (een Apache-webserver en een MySQL-databank-server). Afhankelijk van de computersnelheid duurt het enige tijd om deze te laden. Dan wordt de standaard-webbrowser van uw pc gestart en verschijnt de openingspagina van de 2006-jaargang-CD. Hier kunt u de gewenste taal kiezen (vier verschillende) en hierna verschijnt een scherm met een aantal menupunten waaruit u kunt kiezen. De mees-

layouts die niet compleet in de artikelen zijn afgebeeld, vindt u apart onder *Extra print-layouts*. Verder zijn op deze CD ook alle nieuwsartikelen van 2006 opgenomen.

Waarschijnlijk voelt u zich in dit nieuwe systeem na vijf minuten klikken al helemaal thuis, het is bijzonder overzichtelijk van opzet.

Gemakkelijk op harddisk

Het gebruik vanaf harddisk is met deze nieuwe versie heel eenvoudig geworden. Het enige wat u hoeft te doen, is op de harddisk een nieuwe map aan te maken (bijv. *Elektuur2006*) en de complete inhoud van de CD daar naar toe te kopiëren. Vervolgens maakt u in het startmenu of op de desktop een shortcut aan die verwijst naar het programma *Server2Go.exe* in die map. Toekomstige jaargangen zullen eenvoudig in deze map kunnen worden toegevoegd en worden dan automatisch in het totaaloverzicht opgenomen. Het enige nadeel van het nieuwe systeem is dat het niet compatibel

is met het oude systeem; oude jaargangen kunnen dus niet rechtstreeks vanuit het nieuwe menu doorzocht worden. Maar in de computerwereld verandert alles zo snel dat je op een bepaald moment toch ergens een streep onder moet zetten en opnieuw moet beginnen. We hopen dat de nieuwe opzet bevalt. Hebt u wensen of opmerkingen, of wilt u met andere lezers discussiëren over de nieuwe jaargang-CD, dan kunt u daarvoor terecht in een aparte forumgroep die we daarvoor hebben opgezet (zie www.elektuur.nl - forum).

Alle supplementen van vorig jaar, zoals de booklets over Visual Basic, C en i-Trinx, zijn ook op de CD aanwezig (onder het menupunt *Supplementen*). Print-

(070057)

Philips Lighting ontwikkelt meetgereedschap voor HID-lampapplicaties

Philips Lighting, een divisie van Royal Philips Electronics, heeft met behulp van het ontwikkelplatform MATLAB een oplossing ontwikkeld waarmee leveranciers van elektronische ballastonderdelen voor HID-lampen kunnen bekijken of de hoogfrequente rimpelstroom van deze lampen binnen de gestelde grenzen blijft. Grote gebouwen zoals de Eiffeltoren en het

de aangeleverde meetdata. Een eis aan deze oplossing was dat het programma gemakkelijk gedistribueerd kan worden, zodat leveranciers van elektronische schakelapparatuur deze applicatie ook kunnen gebruiken. Don Couwenberg, HID consultant bij Philips Lighting was verantwoordelijk voor de ontwikkeling van de oplossing. "We wilden een breed inzetbare

oplossing ontwikkelen, zodat we toeleveranciers kunnen helpen aan de industriestandaarden voor rimpelstroom te voldoen. Maar het handmatig analyseren van de rimpelstroom aan de hand van de grote hoeveelheid data is tijdrovend. Daarvoor hadden wij een intelligente oplossing nodig."

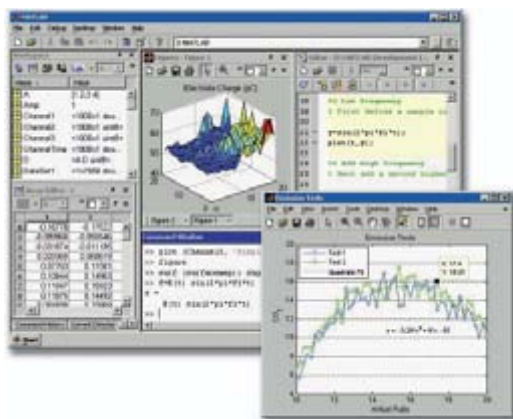
Philips Lighting gebruikte hiervoor MATLAB, een programmeeromgeving van leverancier The Math-



Sydney Opera House worden verlicht met High Intensity Discharge (HID) lampen. Dit soort enorme oppervlakten vraagt namelijk om meer licht dan de conventionele gloeilampen of fluorescerende lampen kunnen leveren. HID-lampen zijn zeer geschikt voor de verlichting van enorme openlucht locaties, omdat ze een hoge efficiëntie hebben en grote hoeveelheden licht kunnen produceren uit een relatief kleine lamp. De lampen worden voornamelijk ingezet voor decoratieve en gevelverlichting.

In HID-lampen wordt het licht gegenereerd door een zeer heet gas (plasma), dat ontstaat door een elektrische stroom door het in de lamp aanwezige gas te sturen. Een speciale voeding zorgt voor de juiste stroom en spanning. Hierbij genereert deze voeding gewoonlijk ook een rimpelstroom met frequenties hoger dan 10 kHz. Wanneer deze rimpelstroom 1,5 % van de nominale stroom in de lamp overschrijdt, is de kans op uitval van de lamp groter.

Het proces om de rimpelstroom te bepalen is zeer complex. Philips Lighting zocht met andere lampproducenten, zoals Osram, General Electric en Sylvania, daarom naar een softwareoplossing om de rimpelstroom te berekenen uit



Works. De ingenieurs bij Philips Lighting zetten MATLAB in als belangrijkste tool om een algoritme te ontwikkelen dat een aantal metingen van spanning en stroom analyseert. Hiermee wordt het verloop van de rimpelstroom bepaald. Daarnaast ontwikkelden de ingenieurs in MATLAB ook de grafische user interface waarop zowel het verloop van de rimpelstroom als de goed/fout indicator te zien is. Met behulp van de MATLAB Compiler is een standalone versie gemaakt die gebruikers kunnen inzetten zonder MATLAB aan te hoeven schaffen. Philips Lighting test momenteel de prerelease van het programma.

Meer info:
www.mathworks.nl
www.lighting.philips.com

Vinculum: USB-flashdrive interface voor microcontrollers

FTDI heeft een ontwikkelplatform met de benaming DLP-VLOG geïntroduceerd, dat is gebaseerd op het Vinculum Universal Serial Bus (USB) hostcontroller-IC. De print in deze ontwikkelkit bevat een eenvoudige datalogger-applicatie die in staat is om temperatuur, vochtigheid en spanning te meten en de meetgegevens op te slaan op de bijgeleverde 32 MB USB-flashdrive. De applicatie demonstreert aan de hand van een Microchip-microcontroller in combinatie met een Vinculum-IC hoe vrijwel ongelimiteerd data-opslag kan worden toegevoegd aan een kleine microcontroller. De DLP-VLOG biedt een compleet referentie-ontwerp dat de ontwerper kan gebruiken als basis voor nieuwe Vinculum-ontwikkelingen; ook kan dit ontwerp dienen als uitgangspunt voor soortgelijke datalogger-applicaties. Vinculum biedt een USB-host-functionaliteit voor microcontroller-gebaseerde producten waarbij hiervoor nog geen hardware-functies aanwezig waren. Een



groot aantal producten voor de consumentenmarkt en industriële toepassingen kan met deze chip eenvoudig worden voorzien van een USB-aansluiting. Het Vinculum VNC1L-1A IC van FTDI bevat een USB host-interface en ondersteunt de meeste populaire klassen van massageheugen, printers en human interface descriptors (HID). Tot de HID-klasse apparaten behoren onder ande-

re muizen en toetsenborden. In combinatie met flash-drives beheert het Vinculum-IC zelf de File Allocation Table (FAT) structuur met behulp van een compacte commandoset.

Het IC bezit speciale 8- en 32-bits processorkernen, een dubbele DMA-controller, 64 K embedded flash-geheugen en 4 K intern SRAM-geheugen. Daarnaast biedt de Vinculum twee USB 2.0

low- en full-speed-poorten, host- en slave-poorten, een universal asynchronous receiver/transmitter (UART), een seriële perifere interface (SPI) en een parallelle first-in first-out (FIFO) interface. Verder zijn ook nog een PS2 legacy toetsenbord- en muis-interface aanwezig en maximaal 28 I/O-pennen voor algemeen gebruik, afhankelijk van de gekozen configuratie.

De DLP-VLOG ontwikkelkit bevat tevens een C-compiler, programmer en debugger, plus C-sourcecode voor de microcontroller. Twee Windows-hulpprogramma's worden meegeleverd voor het converteren van data naar floating-point waarden en voor het instellen van de real-time-klok. Alle documentatie, source-code en programma's zijn aanwezig op de meegeleverde USB-flashdrive.

Meer info:
www.alcom.nl
www.ftdichip.com

Pincet-RLC-meter

Smart Tweezers is een handig klein meetinstrument dat door zijn unieke gepatenteerde mechanische constructie heel eenvoudig kleine componenten (vooral SMD's) kan doormeten, ook als deze al op een print zijn gemonteerd. Daartoe is de meter voorzien van twee vergulde meetpennen in de vorm van een pincet die gemakkelijk met één hand op de aansluitpunten kunnen worden geplaatst.

Het kleine maar nauwkeurige apparaat bezit de volgende meetfuncties:

Inductie, capaciteit, weerstand

Naast de aanduiding van de componentwaarde worden ook nog additionele parameters of



meetcondities op het LCD-scherm-pje getoond. Een meetbalk geeft bovendien een analoge indicatie van de gemeten input.

Spanning

Smart Tweezers is ook een voltmeter. In de AUTO MODE kun-

nen DC-spanningen van 100 μ V tot 800 mV. In de TRACE MODE toont het apparaat net als een oscilloscoop de vorm van het AC-ingangssignaal.

Continuïteit/Open Test

Smart Tweezers kan tevens door-

verbindingen detecteren. Een pieper laat zich horen bij weerstandsmetingen onder het minimum, of om weer te geven dat er een tijdelijk open contact aanwezig is.

Het meetapparaat heeft een joystickachtige knop om te kiezen voor verschillende metingen, een functie te selecteren of een instelling te veranderen. U hoeft maar aan de knop te draaien en er bij de gewenste functie of instelling op te klikken om deze te activeren.

Het apparaat wordt momenteel door Printtec voor een speciale actieprijs geleverd.

Meer info:
www.printtec.nl

Landelijke Radio Vlooiemarkt 2007

Advertentie



Op zaterdag 17 maart 2007 wordt de meest bezochte gebeurtenis op radioamateurgebied in Nederland, de landelijke Radio Vlooiemarkt gehouden in het Autotron in Rosmalen. Er zijn meer dan 320 stands en in 2006 steeg het aantal bezoekers boven de 4500.

Het doel van de markt is en blijft het bevorderen van zelfbouw. Naast gebruikte mag ook nieuwe apparatuur worden aangeboden, evenals nieuwe onderdelen, meetinstrumenten, antennes, hobbygereedschappen, enz. Illegale apparatuur wordt niet toegelaten.

Meer en meer blijkt dat de Landelijke Radio Vlooiemarkt in Den Bosch ook een echte dag voor de amateur is. Men komt om er iets te kopen natuurlijk, maar ook voor de vele demo's, om oude bekenden weer te ontmoeten of zomaar voor de gezelligheid. De 32ste Radio Vlooiemarkt wordt weer oergezellig, maar behoudt

wel het ware karakter van een vlooiemarkt. Uit het buitenland blijft de belangstelling groeien.

De zusterverenigingen over onze grenzen zijn ook geïnformeerd en in hun verenigingsbladen hebben ze aan dit evenement de nodige aandacht geschonken. Ook dit jaar zijn al weer vele buitenlandse standhouders ingeschreven.

De vlooiemarkt is geopend van 9.00 tot 15.30 uur, de entreprijs is ongewijzigd en is € 6,- per persoon. Het Autotron heeft ruime parkeergelegenheid (betaald). De kassa's gaan al om 8 uur open, u kunt dan alvast het gebouw in. Er zal naast de normale kassa's ook weer één voor gepast geld zijn. Naast horecafiliteiten in de hal zijn in het Autotron restaurants en bars aanwezig waar u ook wat kunt eten of drinken.

Meer info:
www.radiovlooiemarkt.nl

Kleinste GPS-ontvanger ter wereld



Infineon Technologies en Global Locate hebben samen een GPS-chip ontwikkeld die volgens beide bedrijven momenteel de kleinste GPS-ontvanger ter wereld is. De chip is bedoeld voor toepassing in mobiele telefoons, Smartphones en portable navigatiesystemen. De nieuwe chip met de benaming 'Hammerhead II' is gebaseerd op de inmiddels welbekende eerste Hammerhead-chip van beide fir-

ma's. Het nieuwe type werd ten opzichte van zijn voorganger verder geoptimaliseerd wat betreft afmetingen en stroomverbruik. De miniatur component heeft met zijn afmetingen van 3,74 x 3,59 x 0,6 mm nog maar een oppervlak van minder dan 14 mm².

De kleine GPS-ontvanger bevat een LNA (Low Noise Amplifier), een RF down-converter en basisband-technologie voor de signaalverwerking op een enkele RFCMOS-chip. Het IC heeft een gevoeligheid van -160 dBm en kan zijn positie in minder dan één seconde bepalen.

Monsters van de nieuwe ontvanger-chip zijn nu reeds beschikbaar, grotere productie-aantallen zullen vanaf februari verkrijgbaar zijn.

Meer info:
www.infineon.com/gps

Elektuur organiseert in samenwerking met NI en Dirksen Opleidingen

Lezingen- en praktijkdag



Binnenkort organiseert Elektuur samen met National Instruments en Dirksen Opleidingen weer een lezingen- en praktijkdag voor Elektuur-lezers. Ditmaal zal het ontwerpen, simuleren en meten van een schakeling met behulp van Multisim 10 centraal staan, plus de mogelijkheid om de simulatie te koppelen aan het opgebouwde hardware-prototype. Op deze dag kunnen de deelnemers ook uitgebreid zelf op de PC aan de slag om ervaring op te doen.

We hebben er in Elektuur al vaak op gewezen dat ontwerpen en simuleren van elektronicaschema's op de computer tegenwoordig nauwelijks nog weg te denken is bij het ontwikkelen van een schakeling. Op die manier kunnen mogelijke ontwerpfouten al in een vroeg stadium worden onderkend - lang voordat er echte prototypen zijn opgebouwd. Op deze

lezingendag zullen enkele specialisten van National Instruments u laten zien welke voordelen simulatie en virtuele instrumentatie bieden in het ontwerpproces en hoe u zo de ontwikkeltijd kunt verkorten. Ook de toepassing van SPICE-modellen en diepgaande analysemogelijkheden zoals Monte-Carlo-analyse zullen nader bekeken worden. Dit alles zal worden toegelicht aan

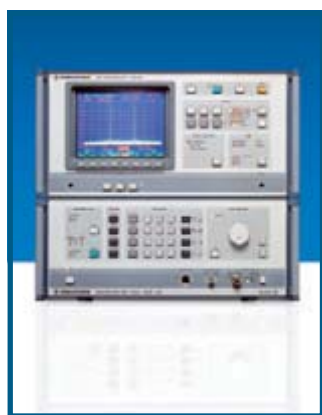
de hand van het veelzijdige programma Multisim 10.

Verder zullen op deze dag verschillende demonstraties worden gegeven van meetproducten van National Instruments, om te laten zien hoe deze bij het meten aan schakelingen kunnen worden ingezet en op welke wijze meetprocedures kunnen worden opgezet.

Bij dit alles kunnen de deelne-

mers zelf 'hands-on' meewerken achter een aantal computers die ter beschikking staan in de cursusruimtes van Dirksen Opleidingen in Arnhem.

In de volgende uitgave van Elektuur zullen we uitgebreider ingaan op deze dag en het programma.



20 jaar spectrum-analyse

eerste spectrum-analyser, de FSA. Vanaf dat moment heeft Rohde & Schwarz een belangrijke rol vervuld als pionier in het ontwikkelen van innovatieve oplossingen.

Een van de grote successen anno 2006 is de ESU EMC-receiver die, dankzij een uniek concept, de traditioneel tijdrovende EMC-metingen wel tot een factor 100 weet te verkorten.

Al vele jaren groeit het Rohde & Schwarz productsegment spectrum-analyse sneller dan de markt en slaagt het bedrijf erin nieuwe producten die technisch grensoverschrijdend zijn te ontwikkelen. De elektronica-specialist uit München zet zo de trend in meetnauwkeurigheid, snelheid, betrouwbaarheid en flexibiliteit. Het succesverhaal begon in 1986 met de R&S FSA, toen-

tertijd een nieuwkomer die de standaard zette met zijn HF-performance, bedieningsgemak en een kleurenscherm. De tweede generatie - de R&S FSE-familie - introduceerde voor het eerst modulatie-analyse van digitaal gemoduleerde signalen in een high-end spectrum-analyser. De RMS-detector werd door de standaardisatiecommissies in de testspecificaties voor het meten van onder andere adjacent channel power opgenomen. De R&S FSIQ werd geïntroduceerd in 1998 en werd een begrip op het gebied van ontwikkeling van 3GPP-technieken.

Vandaag de dag bestaat het hele spectrum-analyser-segment van Rohde & Schwarz uit een vijftal instrumentklassen. Voor elke toepassing en elk budget is er een uitvoering beschikbaar, variërend van de 3 GHz hand-

held tot het 50 GHz desktopmodel. De cross-platform software-opties zorgen voor een op maat gesneden oplossing voor onder andere mobiele radio, wireless networking, close range communication en algemene metingen zoals noise figure, phase noise en power metingen.

20 Jaar spectrum-analyse is een mijlpaal die Rohde & Schwarz graag wil vieren samen met haar afnemers. Onder de naam LISA ("Leading in Spectrum Analyse") zal daarom een unieke verjaardagsaanbieding van kracht zijn. Tot eind februari 2007 biedt Rohde & Schwarz bij inruil twintig procent korting aan op de aanschaf van een nieuwe R&S spectrum-analyser.

Meer info:
www.rohde-schwarz.nl

De Duitse meetapparaten-fabrikant Rohde & Schwarz kan aan bijna elke denkbare meetwens voldoen. De productportfolio behelst 33 instrumenten op het gebied van spectrum-analyse, variërend van een handheld spectrum-analyser tot een high-end microwave signal-analyser. In 1986 betrad de elektronica-firma succesvol het gebied van spectrum-analyse met haar



150, 250 en 500 W aan 4 ohm met hoog rendement

Zetex Semiconductors heeft een serie referentie-ontwerpen voorgesteld voor subwoofer-verster-

Referentie-ontwerp klasse-D versterker

kers. Deze maken gebruik van een speciale tegenkoppelings-architectuur om vervorming en stoorsignalen te minimaliseren. Bovendien bezitten deze ontwerpen een hoge dempingsfactor, een belangrijke eigenschap bij subwoofer-versterkers om de luidspreker goed onder controle te houden.

De ontwerpen zijn allemaal gebaseerd op de klasse-D modulator-IC's uit de ZXCD-serie van Zetex. De zogenaamde closed-loop referentie-ontwerpen ZX-CDSUBEV hebben volgens de fabrikant een dempingsfactor van 285, een totale vervorming (THD+N) van minder dan 0,05% tot 90% van het maximale vermo-

gen en een vlakke frequentiecarakteristiek tot 250 Hz. Daarmee zijn ze uitstekend geschikt voor subwoofer-toepassingen.

De uitstekende audio-eigenschappen van de ZXCDSUBEV-ontwerpen zijn vooral te danken aan het bijzondere tegenkoppelsysteem dat hierin wordt toegepast. Daarbij wordt het terugkoppelsignaal afgeleid van de gefilterde versterkeruitgangen, waardoor eventuele misaanpassingen in de brugschakeling en niet-lineaireiteiten in de uitgangsfilters ook worden gecompenseerd. De versterkerschakeling heeft bovendien een zeer goede voedingspanningsonderdrukking (PSRR), zodat de voeding voor de ver-

sterker niet gestabiliseerd hoeft te worden voor het behalen van uitstekende prestaties.

Een speciaal modulator-IC uit de ZXCD-serie van Zetex vormt het hart van de versterkerschakeling. Dit IC vormt een ideale combinatie met de Zetex-FET's in de uitgangstrap. Fabrikanten van subwoofers kunnen kiezen uit enkele topologieën (zowel single-ended als brugschakeling) waarmee uitgangsvermogens van 150, 250 en 500 W aan 4 ohm mogelijk zijn. Zetex biedt daarnaast nog meer configuraties voor andere vermogens.

Meer info:
www.zetex.com



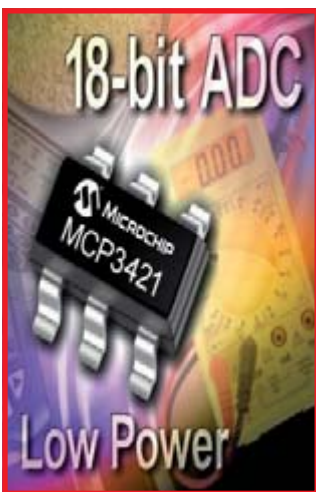
USB-meetmodule voor trillingen en geluid

De nieuwe USB-module Model DT9837 van Data Translation is een zeer nauwkeurige data-acquisitiemodule die geschikt is voor portable trillings- en geluidsmetingen. De module bevat vier 24-bits sensoringangen waarop ICP (IPIE) sensoren direct, zonder externe voeding, kunnen worden aangesloten. De kleine robuuste module wordt van energie voorzien via de USB-aansluiting met een pc of laptop. Alle ingangen zijn voorzien van BNC-bussen voor eenvoudig

en betrouwbaar aansluiten. Elk van de vier meetingangen levert 4 mA voor de ICP (IPIE) sensoren. Daarnaast is elke ingang voorzien van een anti-aliasing filter. AC- of DC-koppeling kan naar wens worden ingesteld. De vier simultaan werkende delta-sigma A/D-converters hebben elk een samplesnelheid van 52 kHz. Alle kanalen kunnen worden gesynchroniseerd met een tachometer-ingang. Naast de vier simultaan-ingangen is ook nog een 24-bits D/A-converter aanwe-

zig voor het nauwkeurig genereren van analoge signalen. Voor de software biedt Data Translation uitgebreide mogelijkheden. De DT9837 wordt ondersteund door alle DT open layers voor .NET Class bibliotheek software inclusief quickDAQ, LVLink, DT Measure Foundry en DAQ Adaptor voor MATLAB

Meer info:
www.tech5.nl
www.tech5.be



Hoogste resolutie in een 6-pens SOT23-behuizing

Microchip heeft een analoog/digitaal-omzetter op de markt

18-bits delta-sigma A/D-omzetter van Microchip

gebracht die de hoogste resolutie biedt in een 6-pens SOT23-behuizing. De laagvermogen delta-sigma converter MCP 3421 heeft een resolutie van 18 bits en is voorzien van een geïntegreerde spanningsreferentie, oscillator en programmeerbare versterker (PGA, Programmable Gain Amplifier). Dit reduceert het aantal benodigde externe componenten en maakt zo een compacter totaalontwerp mogelijk.

De MCP3421 A/D-converter communiceert via een I²C-compatibele seriële interface. Hij werkt vanaf een enkele voedingsspanning tussen 2,7 en 5,5 V en verbruikt bij 5 V en continue con-

versie slechts 155 A. Bovendien kan de gebruiker met de ingebouwde PGA het signaal voorafgaand aan de analoog/digitaal-omzetting laten versterken met een factor 1, 2, 4 of 8. Hierdoor is zelfs bij kleineingangssignalen een zeer hoge conversieresolutie haalbaar.

De MCP3421 is onder meer geschikt voor toepassing in industriële producten zoals draagbare instrumenten, druksensoren, weegapparatuur en multimeters. Op medisch gebied valt te denken aan gebruik in hartbewakingsmonitoren en bloedglucosemeters. Weegschalen en draagbare meetapparatuur behoren ook tot de toepas-

singen voor de consumentenmarkt, terwijl de A/D-omzetter tevens in voertuigen kan worden ingezet in sensorinterfaces en brandstofmeters.

Monsters van de MCP3421 zijn beschikbaar via sample. microchip.com, grotere aantallen kunnen worden besteld via www.microchipdirect.com. Voor ontwerpers die deze component willen evalueren biedt Microchip het MCP3421 Evaluation Board (typenummer MCP3421EV) aan.

Meer info:
www.microchip.com/MCP342



Aan de hand van deze resultaten kunnen we nu de winnaar uitroepen.

In het november-nummer van vorig jaar heeft onze internationale jury de winnaars van onze grote R8C-ontwerpwedstrijd bekend gemaakt. (Alle inzendingen zijn met beschrijving, schema en software op <http://www.elektuur.nl/r8c/winners.htm> te vinden.) De eerste prijs hebben we destijds nog niet bepaald. In plaats daarvan hebben we enkele inzendingen geselecteerd die door ons als groot Elektuur-project gebracht zouden kunnen worden. In plaats van zelf de eerste prijs te bepalen, hebben we de lezers opgeroepen via een formulier op onze website hun persoonlijke winnaar te kiezen.

De winnende inzending van de R8C-ontwerpwedstrijd is geworden: het project

'Speedmaster' van Markus Simon.

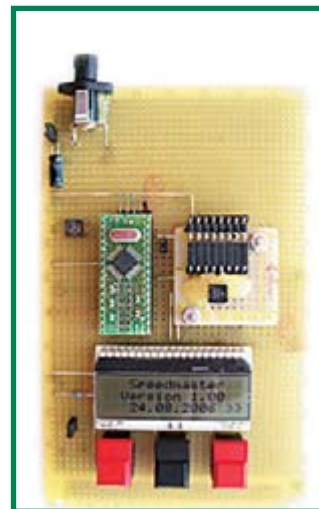
Dat betekent niet alleen dat zijn slimme versnellingsmeter in het volgende nummer als bouwproject gepubliceerd wordt, maar ook dat het ontwerp in productie wordt genomen. Geïnteresseerden zullen dus binnenkort een volledig opgebouwde print kunnen kopen. Een passende behuizing is ook reeds gevonden. Meer informatie over de

R8C-wedstrijd: de eerste prijs

R8C/13-controller en de gebruikte MMA7260 versnellingssensor is te vinden in het overzicht van de inzendingen op de R8C-wedstrijdpagina. Bijzonder aan het winnende ontwerp is dat de controller niet alleen de versnelling meet, maar met deze gegevens ook de snelheid en de afgelegde weg berekent.

Elders in dit nummer wordt dezelfde versnellingssensor overigens ook vermeld bij het Freescale-project, waarvan het eerste deel in dit nummer staat. In het tweede deel van dit project (aprilnummer) beschrijven we namelijk een klein bordje waarop de MMA7260 toegepast wordt. Dit printje kan ook gebruikt worden voor het winnende Speedmaster-project!

Het winnende ontwerp maakt gebruik van het experimenteerboard voor R8C/13 uit december 2005, dat bij veel ontwerpers beslist nog een belangrijke



functie vervult. Omdat de broncode van de software vrij beschikbaar is, valt te verwachten dat menig gebruiker zijn eigen gespecialiseerde versie ontwikkelt.

(070064)

Advertentie



Golvenma

18 functiegeneratoren op

Rolf Blijleven

Wie in detail wil weten wat er precies gebeurt in een schakeling, heeft niet genoeg aan een multimeter en een oscilloscoop: een signaalbron die precies doet wat je wilt is minstens zo belangrijk. Een functiegenerator dus. In dit artikel bespreken we de techniek in de generator, vatten we samen wat-ie moet kunnen en waarom, en voelen we een 18-tal uiteenlopende modellen aan de tand.

Wat is de huidige *State of the Art* in signaalgeneratoren? Om een antwoord te krijgen op die vraag zijn we eerst gaan winkelen op Internet. We zien naast de 'klassieke' functiegenerator ook de *Arbitrary Waveform Generator* (AWG), waarmee vrij definieerbare golfvormen te maken zijn. Dit type wordt veel toegepast in de industrie en de prijs is vaak een getal van 4 of 5 cijfers, maar de prestaties zijn er dan ook wel naar (zie voorbeeld in **figuur 1**). In dit artikel gaan we echter niet hoger dan zo'n € 600, maar ook dan is er al een grote diversiteit in prijzen.

Al vanaf zo'n € 100 heeft u een tafelmodel en voor € 25 of zelfs gratis maakt de geluidskaart in uw PC ook de nodige golven. Zo'n groot prijsverschil maakt nieuwsgierig en achterdochtig tegelijk: wat kun je dan nog met die goedkope? Zijn die dure niet te duur? In deze inleiding proberen we enig overzicht te verschaffen in deze wirwar. We kijken eerst naar de technologie in de generator. Daarna bespreken we de meest fundamentele functies en de meer uitgebreide. We noemen onmisbare voorzieningen en wat handig, minder handig of zelfs overbodig is. Tenslotte brengen we verslag uit van 18 toestellen die we zelf onder handen mochten hebben.

Elektronica in de generator

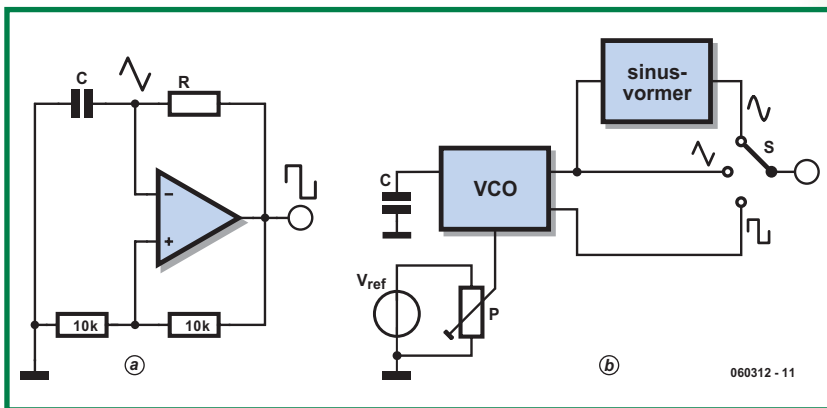
De stormachtige ontwikkelingen in de halfgeleiderindustrie van de afgelopen decennia hebben ook hun vruchten afgeworpen voor de ontwerpers van signaalgeneratoren. Maken we een eerste onderscheid tussen digitaal en analoog, dan vinden we de goedkopere toestellen in de analoge categorie. Dat komt doordat vrijwel complete functiegeneratoren als IC in de handel zijn. Voorbeelden zijn de MAX038 van Maxim of de XR2206 van Exar. Zo'n chip is opgebouwd rond een spanningsgestuurde oscillator (VCO). Meestal is dat een relaxatie-oscillator (**figuur 2a**) waarvan terugkoppelweerstand R is vervangen door een stroomsturing die de condensator sneller of langzamer oplaadt, dus waarmee de frequentie wordt verhoogd of verlaagd (**figuur 2b**). De oscillator maakt een driehoek en een blokgolf, de driehoek wordt afgetakt naar een trap die er een sinus van maakt. Deze drie golfvormen

zijn selecteerbaar aan de uitgang. Vervorming en symmetrie van de golfvorm kunnen worden afgeregeld door middel van een potmeter aan twee pootjes op de chip en ook een TTL-sync-uitgang is aanwezig. Met luttele externe componenten heb je al een frequentiebereik van 0,2 Hz tot 2 MHz. En goedkoop, zoals gezegd: een losse XR2206 kost nog geen 5 Euro.

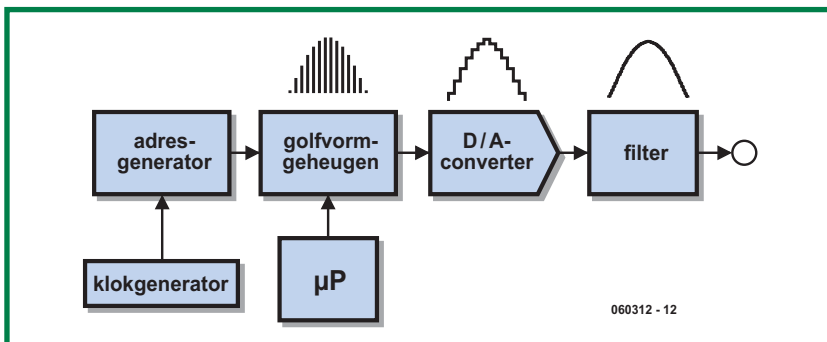
kers de testbank



Figuur 1. Foto van een professionele generator van Agilent, type N5182MXG, met een frequentiebereik tot 6 GHz.

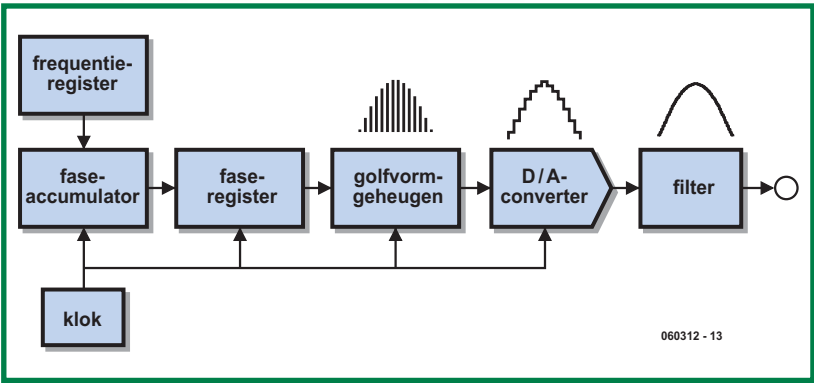


Figuur 2. Principe van analoge generatoren in chipvorm. 2a: De eenvoudigste opzet van een oscillator met een opamp, enkele weerstanden en een condensator. 2b: Op functiegenerator-chips wordt dit principe toegepast in een spanningsgestuurde oscillator (VCO). De driehoek wordt in een aparte trap omgevormd tot sinus. Zo zijn er drie golfvormen te selecteren.

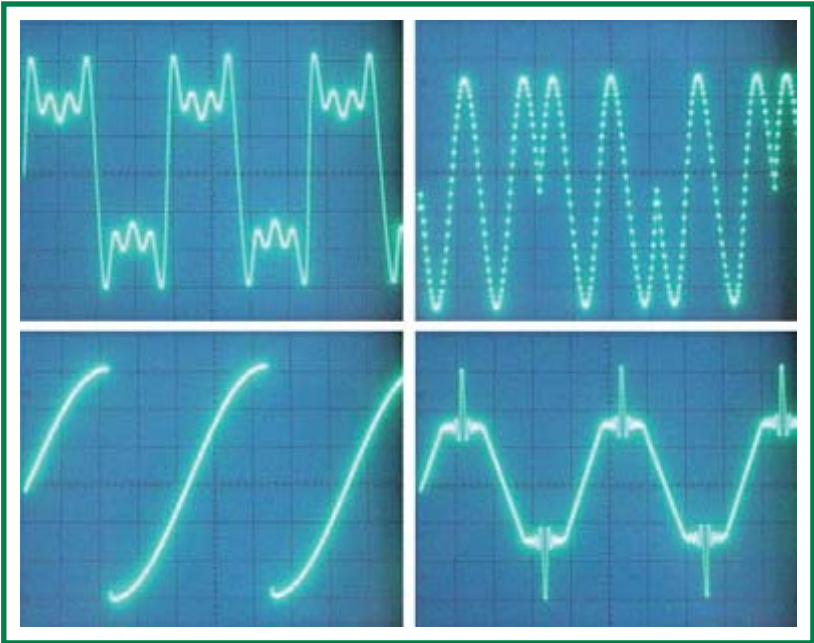


Figuur 3. Blokschema van een Arbitrary Waveform Generator – in feite een omgekeerde geheugenscoop.

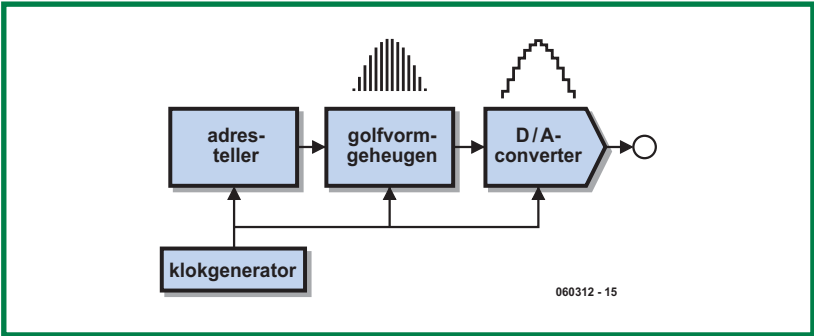




Figuur 4. Blokschema van Directe Digitale Synthese.



Figuur 5. Enige willekeurige golfvormen op de WG-810 van M&R Systems. Zie ook de bespreking van dit toestel.

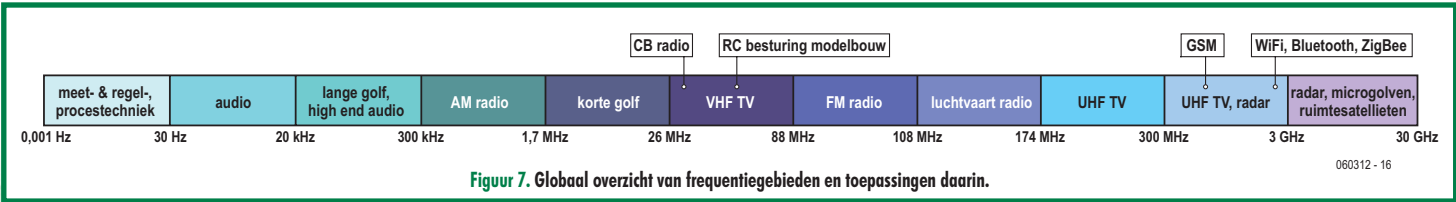


Figuur 6. Blokschema van een eenvoudige functiegenerator. De variabele klok kan gebaseerd zijn op DDS.

In de digitale hoek zijn de twee belangrijkste methoden in de afgelopen tien jaar nauwelijks veranderd, maar wel goedkoper geworden. Je krijgt meer golfvorm voor je geld dan tien jaar geleden. De Arbitrary Waveform Generator (AWG) hanteert de meest recht-toe-recht-aan methode, in feite is het niets anders dan een omgekeerde geheugenscoop. Het blokschema ziet u in **figuur 3**. De golfvorm is opgeslagen in een geheugen en dit fungeert als opzoektabel. Een klok stuurt een adresgenerator die de geheugenlocaties uitleest. De inhoud daarvan wordt toegediend aan een D/A-omzetter. Diens uitgangssignaal wordt door een filter afgerond (ontdaan van harmonischen). Het geheugen kan ROM zijn voor vaste golfvormen, maar ook RAM voor vrij definieerbare golfvormen; dan zit er ook altijd een microprocessor of -controller aan vast om de boel te besturen. Het aantal bits per geheugenlocatie bepaalt de verticale resolutie van de golfvorm. Met 14 bits kan één stapje in de golfvorm 2^{14} (= 16.384) verschillende waarden aannemen. Het aantal geheugenlocaties is bepalend voor de horizontale resolutie van de golfvorm. Soms maakt een slimme besturing het mogelijk om stukjes golfvorm willekeurig te herhalen. Essentieel aan deze opzet is dat de kloksnelheid oftewel de sample-frequentie variabel is: voor een hogere frequentie moet de klok sneller tikken. Voor heel lage frequenties wordt dikwijls eenzelfde locatie gedurende meerdere klokpulsen ‘vastgehouden’.

De andere digitale methode heet *Direct Digital Synthesis* (DDS) (**figuur 4**). Gaan we vanaf de uitgang stroomopwaarts, dan zien we eerst hetzelfde als bij de AWG: een filter, een DAC en golfvormgeheugen, maar aan de bron wordt het anders. Het hart van dit systeem is de fase-accumulator. Die krijgt twee ingangssignalen: een klok en een getal in een programmeerbaar frequentieregister. Daarmee bepaalt-ie een fasehoek en dat is de spronggrootte waarmee door de opzoektabel wordt gesprongen. Voor lage frequenties is het getal in het faseregister klein: elke (of bijna elke) geheugenlocatie in de tabel komt aan bod. Maar hoe hoger de frequentie, hoe groter de spronggrootte, dus hoe meer tussenliggende waarden worden overgeslagen. Theoretisch is de maximale uitgangsfrequentie de helft van de klokfrequentie, maar dan is alleen de frequentie nog over, van de golfvorm zelf zien we niets terug. In de praktijk ligt die grens daarom lager, afhankelijk van de toepassing en het gebruikte filter is tot 40% van de klokfrequentie nog haalbaar.

Inherent aan DDS is faseruis. Het probleem is dat de periodetijd van het gewenste uitgangssignaal niet altijd een geheel veelvoud van de spronggrootte kan zijn. Zou je afkappen, dus het resterende deel van een sprong negeren en weer vooraan beginnen, dan krijg je een frequentiefout: de periodetijd wordt korter, dus de frequentie hoger. Dat wil je niet in een functiegenerator. Een andere optie is ‘doortellen’: het aantal samples dat je over hebt aan het einde van de tabel overslaan aan het begin. Dit zijn weliswaar zaken om rekening mee te houden in het ontwerp, maar de voordelen van DDS liegen er niet



Figuur 7. Globaal overzicht van frequentiegebieden en toepassingen daarin.

om. Ten eerste zijn frequentieveranderingen heel gemakkelijk te realiseren met DDS, veel makkelijker dan met een AWG. Sweepen is een kwestie van steeds het frequentieregister ophogen. Ook grote en abrupte sprongen zijn een fluitje van een cent (zie enkele voorbeelden in **figuur 5**). Ten tweede, we zeiden het al, je krijgt meer golf voor je geld tegenwoordig: alles tot en met de DAC past in één chip. De kleinste telg in de AD9800-familie van Analog Devices is de AD9833. Hij is te klokken tot 25 MHz, zit in een 10-pens μ SOIC, trekt een luttel 30 milliwatt en kost nog geen tientje. Dat zijn specificaties die nog niet zo lang geleden de gemiddelde elektronicus met de vinger op het voorhoofd had doen tikken. En er zijn ook toepassingen te over, getuige bijvoorbeeld de kortegolf-ontvanger uit de editie van afgelopen december.

Het is dan ook niet verwonderlijk dat fabrikanten een acceptabele functiegenerator kunnen maken die een goedkope mengvorm is van bovengenoemde methoden (**figuur 6**). De klokgenerator, gebaseerd op DDS, stuurt een binair tellertje dat een vaste tabel in ROM uitleest. DAC erachter, klaar is Kees. Talloze varianten zijn denkbaar. Misschien iets voor een volgende ontwerpwedstrijd?

Basisvoorzieningen

Wat moet-ie kunnen? Iedere functiegenerator die deze naam waardig is, biedt een **sinus**, een **driehoek** en een **blokgolf**. Volledigheidshalve: een sinus is de meest zuivere toon die er bestaat, in muziektermen is het een grondtoon zonder boventonen. Dat maakt hem de golfvorm bij uitstek voor het meten aan filters en het bepalen van bandbreedte. Een driehoekspanning is vanwege zijn vorm een snelle diagnosehulp: deuken, aftoppingen en andere vervormingen zie je met een driehoekspanning onmiddellijk. Een hulpmiddel dus om vervorming te constateren (vervorming meten is een veel complexere tak van sport, zie kader). Een blokgolf maakt het trio compleet, deze doet niet meer dan snel heen en weer schakelen tussen twee gelijkspanningen. Ze is daarom o.a. te gebruiken als klok voor digitale schakelingen, maar ook onmisbaar om te zien hoe stabiel een versterkertrap is: een versterkertrap die overshoot vertoont op een blokgolf heeft oscilleerneigingen en dat is ongewenst. Een belangrijke kwaliteitseis aan een blokgolf is de flanksteilheid: hoe korter hoe beter.

Instelbare duty cycle, dus 'hoe lang hoog ten opzichte van laag' in een periode, is ook handig voor allerlei digitale toepassingen. Op veel generatoren zie je die terug als **symmetrie-instelling**, waarmee ook de driehoek tot zaagtand is te vervormen en vaak ook de sinus 'scheefgetrokken' kan worden. Een variabele **DC-offset** maakt het pakket basisvoorzieningen compleet.

Extra's

Dikwijls is het nodig dat de frequentie kan **sweepen**, een zwaai maken van laag naar hoog of omgekeerd. Sommige generatoren kunnen zelf sweepen, veel hebben een **VCF-ingang** (voltage controlled frequency). De gelijkspanning op die ingang bepaalt de frequentie. FM en FSK-signalen worden hiermee ook mogelijk. **Frequenties nauwkeurig afregelen** kan in principe ook met die VCF-ingang en verder moeten de bedieningsorganen ervoor geschikt zijn. In vroeger dagen was dat vaak een draaiknop met een forse diameter en dat is beslist geen onzin. Stel bijvoorbeeld dat je wilt afregelen op

440,0 Hz in een bereik dat loopt van 200 Hz tot 2 kHz. Stel bovendien dat de instelknop een slag van 330 graden kan maken. Dan komt 1 graad overeen met 5 Hz regelbereik, dus met een friemelig klein knopje lukt dat gewoon niet. De **breedte van het frequentiebereik** speelt daarom ook een rol. Het totale frequentiebereik van het apparaat is meestal opgedeeld in overlappende stappen die je kunt kiezen met een schakelaar. Een stap beslaat vaak een factor 10, dus bijvoorbeeld op de 100-kHz-stand kun je van 20 kHz naar 200 kHz. Maar een factor 100 of 200 komt ook voor: de 10-kHz-stand reikt dan van 500 Hz tot 100 kHz. Het voordeel is dat je heel breed kunt sweepen, het nadeel is dat je niet of nauwelijks op een bepaalde frequentie kunt afregelen. Wie het **totale frequentiebereik** van een generator wil uitkiezen, moet eerst bedenken wat de toepassing

Gouwe ouwe

Met het IC XR2206 van Exar zijn talloze ontwerpen van functiegeneratoren gemaakt. Ook in het Elektuur-lab zijn enkele bijzonder populaire meetapparaten met dit IC ontworpen. Het eerste ontwerp stamt uit december 1977 en was bijzonder populair, er zijn meer dan 10.000 printen van verkocht. In de jaren daarna zijn er nog meer ontwerpen verschenen. In de jaren 80 verscheen een sterk verbeterde versie in de zogenaamde 'meetserie' en van deze versie staan momenteel nog steeds twee werkende exemplaren in ons lab. Op de foto is er eentje te zien. In prijs zijn alle componenten uit deze schakeling nog altijd verkrijgbaar, deze uitstekende functiegenerator kun je dus nog steeds nabouwen. Een ingescande versie van dit artikel uit december 1984 kan gratis worden gedownload van de Elektuur-website (kijk bij het artikel 'Golvenmakers' in het maartnummer).



zal zijn. **Figuur 7** geeft een overzichtje van frequentiegebieden en de toepassingen die je daar zoal in aantreft. Wij bespreken hier apparaten die tot 2 MHz gaan met een paar uitschieters naar 10 of 20 MHz. Een aantal geeft de frequentie weer op een **display** en bij een deel daarvan is de frequentieteller ook te gebruiken voor externe signalen.

Enkele generatoren geven op het display ook de **grootte van het signaal** weer. Die is bij veel generatoren behoorlijk uit de kluiten gewassen. 10 V_{tt} is niets bijzonders, maar dat is dikwijls veel te fors. Het uitgangssignaal moet ook tot millivolts kunnen gaan. Een ingebouwde verzwakker is daarom handig, instelbaar op bijvoorbeeld -20, -40 en -60 dB, met daarnaast een fijnregelaar.

Dit alles op een rijtje te hebben gezet gaan we over tot het bespreken van de 18 kandidaten.

H-Tronic FG-200



Dit is één van de goedkoopste generatoren in de test. Opgebouwd rond een 2206 levert dit toestel sinus, driehoek en blok-golf, instelbaar in 6 stappen van 1 Hz tot 100 kHz, traploos regelbaar tussen 0,2 en 2,4 maal de ingestelde decade. Het bereik gaat dus van 0,2 Hz tot 240 kHz. Voor het uitgangsniveau heb je een enkele knop, dus instellen is vrij grof.

Er zijn twee AC-uitgangen, samen overlappend van 10 mVt tot 12 Vt en de DC-uitgang gaat van 100 mVt tot 10 Vt. DC-offset is traploos instelbaar tussen -5 en +4 V. Dit alles gemeten komt perfect over-

een met de specs in de handleiding die slechts bestaat uit twee kantjes met meer dan de helft veiligheidsvoorschriften. De bediening komt geheel terecht neer op "lees wat er bij de knoppen staat, dan wijst het zich vanzelf". De vervormings-spec is 1%. Bij hogere frequenties vertoont de sinus deukjes en ziet de driehoek eruit als een tent die de wind van links krijgt. Toch is de FG-200 een klasse beter dan het enige goedkopere alternatief, de geluidskart-generator.

Wie zonder luxe kan, krijgt met dit toestel uitstekende waar voor zijn geld.

Goodwill Instek GFG-8015G



Hij komt een tikje oostblokachtig over met zijn donkerbeige kast met schuine zijkan-ten en luifel boven de knopjes, maar hij komt uit Taiwan.

De handleiding bevat niet alleen uitgebreide specificaties en "dit doen de knoppen", maar ook het schema wordt in detail uitgelegd. Het is een analoge generator met alle standaardvoorzieningen.

De bediening is overzichtelijk en goed doordacht: de offset kun je uitzetten (in plaats van afregelen op 0), met een ver-

zwakker in 2 stappen van elk 20 dB is de kleinste amplitude onder 10 mVt te krijgen, hij heeft een invertierknopje en een VCF-in waar je een externe sweep aan kunt hangen.

Een klein minpuntje is dat de frequentieknop vrij grof is, maar verder is dit een alleszins redelijke generator voor een zeer concurrerende prijs.

ELV SFG-7002 M



De Duitstalige handleiding is erg uitgebreid en voorzien van alle schema's. Dit toestel is namelijk bedoeld als bouwpa-ket en ook als zodanig leverbaar vanaf € 129 in goedkopere behuizingen. Wij hadden de duurste (€ 200) kant-en-klare in een metalen kast onder handen.

Onze eerste indruk is dat-ie op ooghoogte geplaatst moet worden, anders zien we niet goed wat we doen: een beugel om 'm mee schuin te zetten ontbreekt. Hij heeft geen display maar naast het standaardsetje kan-ie wel sweepen en in een

symmetrie- en een offsetregelaar is ook voorzien. De range-schakelaar heeft 4 standen die niets doen, maar het frontje is in die standen ook blanco, dus het zal wel zo horen. De symmetrieknop doet het niet op de sinus, en geheel rechtson wordt de driehoek een gelijkspanning.

Maar toch is dit met name voor de hob-byist een aanrader: veel generator voor weinig geld.

Hij is opgebouwd rond een MAX038 en die wordt niet meer gemaakt, dus wacht niet te lang.

Voltcraft 7202

Uiterlijk ziet deze generator er best aantrekkelijk uit met een groot aantal druk- en draaiknoppen waar van alles en nog wat mee kan worden ingesteld, vooral als je daarbij de prijs bekijkt: 220 Euro ex. BTW.

Een 5-digit frequentieteller toont direct de ingestelde frequentie. Bij deze Voltcraft 7202 hadden we de meegeleverde reservezekering nodig, want vers uit de doos aangesloten deed-ie niks (daarna werkte hij overigens probleemloos). Gezien de uitgebreide voorzieningen (zie tabel) is hij zeker scherp geprijsd, maar bij nader

inzien steken de specificaties wat pover-tjes af bij de naaste burens in deze prijs-klasse. De blokgolf lijkt in de hoge regio-nen meer op een sinus, het regelbereik is met een factor 200 van laag naar hoog zeer grof, de kleinste uitgangsamplitude is met 125 mVt nog steeds vrij fors.

Made in Korea, vermoedelijk in dezelfde fabriek als de FG8220, de Dynatek DSG 310 en de Voltcraft MXG-9802A. Dit is qua bediening wel de betere van de vier, maar helaas nog steeds geen aanrader.



Thurlby Thandar Instruments TG210

Dit is een van de goedkopere analoge generatoren van TTi.

Vergelijken we hem met zijn iets duurde-re broertje, de TG315, dan zien we hier maximaal 2 MHz in plaats van 3, geen display en slechts een 20-dB-verzwakker, wel weer een symmetrieknopje, een DC-offset met klik in de nulstand, een sweep-in, een Aux-out, een 600 Ohm en een 50 Ohm uitgang. Met de 20-dB-verzwakker actief gaat-ie niet lager dan 20 mVt en geheel linksom heeft-ie een kleine loze hoek, maar de knoppen zijn toch groot

genoeg om behoorlijk nauwkeurig mee af te kunnen regelen.

Bijzonder in vergelijking met de andere apparaten is dat-ie ook heel langzame signalen kan leveren, langzamer dan gespecificeerd: wij maten ongeveer 5 millihertz.

Verder een degelijk apparaat, prettig om mee te werken, doet wat 't belooft en ietsje meer: gewoon goed.



Digimess FG200

Wellicht enigszins verwarrend is dat deze FG200 goedkoper en ook iets minder uitgebreid is dan de FG100 van Digimess, maar vergeleken met de dichtsbijzijnde in zijn prijsklasse vinden we een aantal leuke extra's: hij kan sweepen, lineair en logaritmisch, en hij heeft een frequentie-teller die ook voor externe signalen te gebruiken is.

De frequentieknop is een 10-slags potme-ter, maar maakt de belofte van hogere nauwkeurigheid helaas niet waar. Het kan ook aan de frequentieteller liggen, maar van diens 4-cijferige display blijven

vaak de 2 minst significante cijfers heen en weer stappen tussen twee waarden. Dat gaat synchroon met een gate-LED. De meegeleverde handleiding is wel erg summier.

Geen woord over die gate-LED bijvoor-beeld en ook niet over een aantal andere voorzieningen. Hij heeft wel veel LEDjes, maar dat is een kwestie van smaak.

Weliswaar een redelijk veelzijdig toestel voor een redelijke prijs, maar toch niet zo gründlich als de naam doet vermoeden.



Voltcraft MXG-9802A



Dit toestel is ook verkrijgbaar onder de merknaam Metex en evenals de FG8220 en de DSG 310 die we hier ook bespreken, afkomstig uit Korea. De viertalige handleiding beperkt zich tot een beknopte omschrijving van de functies. Het apparaat heeft een RS232-interface, maar hoe je die kunt benutten staat jammer genoeg nergens. Als functiegenerator is-ie redelijk compleet met alle standaardvoorzieningen en ingebouwde sweep, die zich hetzelfde gedraagt als bij de DSG 310 (zie aldaar). De frequentieknop is beter dan bij zijn broertjes, namelijk een 4,5-

slags potmeter waarmee behoorlijk nauwkeurig is af te regelen. Helaas is de frequentieteller onder de 1 kHz erg grof en vergt-ie ook nogal wat gegoochel met de gate- en resetknopjes. De langste gate-tijd is 't meest nauwkeurig, maar als je de frequentie wijzigt moet je dan wel zo'n 20 seconden wachten op je uitlezing. Hij heeft twee teller-ingangen. De hoogste gaat tot 2,7 GHz, maar als het meetsignaal onder zo'n 1 Vtt zakt, raakt-ie de kluts kwijt.

Conclusie: kan veel maar heeft ook nogal wat nukken.

M&R Systems WG-810



Modern vormgegeven met aparte toetsen voor de basisfuncties en verder een menu-toets, selectietoetsen en een draaiknop om door de menu's op het LCD mee te navigeren, alles is overzichtelijk en functioneel. Naast het standaardsetje signalen zijn er zaagtand, ruis en veel meer: deze generator maakt echt willekeurige golfvormen. Ingebouwd zijn nog 7 extra golfvormen waarvan je 2 kunt 'morphen', zeg maar uit vorm trekken. De ene is een blokgolf waarvan je de hoeken naar de nullijn kunt trekken tot een sinus, de andere is een sinus met instelbare fase-aan-

snijding. Met 8 bits verticale resolutie tot 10 MHz - vandaar de naam - zijn de resolutie en vervorming wel wat bescheiden (zie tabel), maar de kracht schuilt aan de achterkant: via de RS-232 poort kun je zelfgemaakte golfvormen laden, met apart leverbare Spro-software of met een terminalprogramma, te vinden op de site van Mair & Rohner.

Een zeer veelzijdig instrument voor een concurrerende prijs. Vakwerk!

B + K Precision 4010A



Deze vrij forse doos is ontworpen in de USA en gemaakt in Taiwan. Het front is overzichtelijk ingedeeld. De knop voor de frequentie-instelling is maar voor de helft voorzien van een schaalverdeling, dus aan begin en eind van de slag heb je een blinde hoek.

Wat op andere toestellen niet veel voorkomt, is een sync-uitgang, omschakelbaar voor CMOS. Het uitgangsniveau is dan regelbaar tussen 4 en 14 V. CMOS spreekt aan tussen 1/3 en 2/3 van de voedingsspanning, dus als die 5 V of min-

der is - bij batterijvoeding niet ondenkbaar - dan is de ondergrens van 4 V nog steeds te hoog. Handig voor relaissturing? Wij vinden het nut beperkt. Storend is dat het INVerteerknopje niets doet. In vergelijking met andere apparaten in dezelfde prijsklasse laat deze 4010A het afweten. De specificaties zijn niets bijzonders, de sinusvervorming is met 4% bij 1 kHz vrij hoog en het apparaat neemt veel plaats in beslag op de werkbank.

Er zijn goedkopere apparaten die beter presteren.

Thurlby Thandar Instruments TG315

De TG315 is een middenklasse analoge generator van het Britse Thurlby Thandar Instruments. Een lichtbeige doos met het standaardsetje sinus, driehoek, blokgolf van 0,03 Hz tot 3 MHz bij een amplitude van 20 mVt tot 20 Vt. Een numeriek display geeft frequentie en amplitude of offset weer. De frequentie is instelbaar in 7 stappen met een fijnregelaar op de juiste plaats, namelijk pal onder de frequentie-aanduiding. Druk je het symmetrie-knopje in, dan deel je de frequentie door 10 en kun je met een draaiknop de golfvorm naar links of naar rechts scheef trekken:

driehoek wordt zaagtand en de duty-cycle van de blokgolf wordt instelbaar. Het display geeft het uitgangssignaal naar keuze weer als top-top- of RMS-waarde en is ook bij hoge frequenties nog betrouwbaar. Dat scheelt weer een voltmeter. De amplitude kan worden verzwakt met 20, 40 en 60 dB en is beschikbaar aan twee uitgangen van 50 en 600 ohm.

Een beetje jammer is dat-ie alleen op een extern stuursignaal kan sweepen, maar wie dat niet per se nodig heeft, haalt hiermee een professioneel apparaat in huis.



Digimess FG 100

In 2000 kocht Vann Draper in de UK de Digimess-reeks van het Duitse Grundig. Deze FG 100 is ook nog te vinden onder die merknaam. Hij heeft minder knoppen en is kleiner behuïsd dan de Digimess FG 200, maar hij is € 86 duurder. Daarvoor krijgen we een groter frequentiebereik (tot 20 MHz) en een RS232-interface waarmee alles vanaf de pc te besturen is. Software gemaakt onder Labview is apart verkrijgbaar, maar de uitgebreide handleiding (in Duits en Engels) bevat ook een voorbeeld in Q-BASIC. De bediening via het frontpaneel is menugestuurd en rede-

lijk intuïtief, met de handleiding erbij heb je het zó onder de knie. Hij is DDS-gebaseerd: de sweep gaat duidelijk in stapjes. Naast het standaardsetje signalen heeft-ie ook een op- en neergaande zaagtand, en is de duty-cycle van de blokgolf instelbaar. De menusturing zorgt ervoor dat-ie niet, zoals bij analoge generatoren vaak wel kan, buiten de gespecificeerde grenzen gaat.

Een compact en compleet toestel dat onder software-besturing complexe testsequenties kan maken.



Dynatek DSG 310

De *look & feel* van behuizing, display en knoppen is gelijk aan die van de FG8220, maar hij komt dan ook uit dezelfde Koreaanse fabriek, via dezelfde importeur in Nederland.

We noemen de verschillen: hij is € 50 goedkoper, gaat tot 10 MHz, heeft geen fijnregelaar voor frequentie en maar één ingang voor de frequentieteller. Ook deze DSG 310 heeft zijn eigenaardigheden. De sweep kan alleen van laag naar hoog en de ingestelde frequentie beïnvloedt de breedte van de sweep. Bijvoorbeeld, in

het 10-kHz-bereik kun je de uitgang instellen tussen zo'n 500 Hz en 10 kHz, nogal grof dus. Ga je nu sweepen, dan begint-ie bij de ingestelde frequentie en klimt-ie zover als 't gaat in dat bereik. Anders gezegd, met de f-knop linksom gaat-ie van 500 Hz naar 105 kHz. Je scoop raakt onherroepelijk ergens het spoor bijster.

Deze DSG 310 is weer een veelkunner, maar met karaktertrekken waar niet iedereen blij mee zal zijn.



ELV MFG 9001M



De MFG 9001 van de Duitse firma ELV is leverbaar in verschillende behuizingen, geheel opgebouwd of als bouw pakket. Het apparaat dat wij hebben getest, zat in een degelijke metalen kast. Het is een vrij forse kast, maar het brede front biedt wel veel functionaliteit.

Alle standaardfuncties zijn aanwezig en hij kan sweepen, de onder- of bovengrens van de sweep is nauwkeurig instelbaar en de breedte is maximaal een factor 10. De ingebouwde frequentieteller kan ook voor externe signalen dienen en - bijzonder -

apart van een offset worden voorzien, hij heeft sweep-out en prettig is ook dat-ie tot v r onderin de millivolts uitgangssignaal kan geven. Een schuinzetbeugel ontbreekt, dus hij moet op ooghoogte en de BNC's zitten wat dicht op elkaar, maar de bediening is overzichtelijk genoeg: de handleiding (uitsluitend in het Duits) hadden we niet nodig.

Als kant-en-klaar toestel heeft deze MFG 9001 al een uitstekende prijs/kwaliteitsverhouding. Als bouw pakket wordt dat nog een stuk beter.

Seintek G5100



Dit compacte apparaat is DDS-gebaseerd en heeft 8 programma's die je naar believen kunt instellen en terughalen. Daar lijkt het hoofdzakelijk voor bedoeld: een keer instellen, daarna niet meer aankomen. Wat ermee kan, is verder nogal standaard (zie tabel). De bediening is op het moeizame af: 12 toetsjes voor de vaste functies en nog 8 voor de menustructuur zitten onhandig dicht bij elkaar. Hij heeft ook een draaiknop die inklikt, maar - verwarrend - alleen elke tweede klik iets wijzigt. Het selecteren en instellen van een parameter vergt daardoor nogal wat

getoets en gedraai, maar letterlijk  lles is te wijzigen. Te veel flexibiliteit kan een doolhof worden.

De meegeleverde software voegt helaas geen enkele functionaliteit toe. Een gemiste kans is dat daarmee geen programma's in volgorde geschakeld kunnen worden, want dan was dit toestel bij uitstek geschikt geweest voor opstelling in langdurige tests onder besturing van een PC, waar hij eerder lijkt thuis te horen dan op de werkbank.

Goodwill Instek SFG-2110



Alle standaardfuncties en veel meer zijn aanwezig op deze Synthesized Function Generator. Hij is DDS-gebaseerd, de bediening is daardoor anders dan bij analoge generatoren. Frequentie instellen gaat nauwkeurig en snel via een numeriek toetsenbordje en een druk op de juiste eenheidstoets. Daarnaast kun je ieder cijfer in het display apart selecteren en omhoog of omlaag draaien met een knop die prettig 'inklikt'. Sweepen kan ook: smal of breed en langzaam of snel. Ook handig is dat je tot 10 instellingen kunt opslaan en weer terugroepen. De ingebouwde fre-

quentieteller is ook te gebruiken voor externe signalen tot maar liefst 150 MHz. Weliswaar raakt die teller onder 9 Hz de kluts kwijt terwijl dat volgens de specs bij 5 Hz moet zijn, maar een kniesoor die daarop let. Op functionaliteit en vooral bedieningsgemak steekt deze SFG-2110 met kop en schouders uit boven andere apparaten in deze prijsklasse.

Voor wie geen RS232-interface en niet hoger dan 10 MHz hoeft, maar wel een frequentieteller wil, is dit met afstand de beste keuze.

FG-8220

De merknaam van dit toestel is onzeker. Het logo op het front kan van alles zijn en de handleiding zwijgt erover, maar na enig speurwerk stelden we vast dat dit een product is van Dagatronics uit Korea. Hij is wat duurder, gaat tot zo'n 20 MHz en heeft verder ook redelijk goede specificaties (zie tabel). Alle standaardvoorzieningen zijn aanwezig en sweepen kan-ie ook, met instelbare breedte en snelheid. Je kunt er ook FM- en FSK-signalen mee maken: de generator levert de draaggolf, het signaal moet je aanbieden aan de VCF-ingang. De ingebouwde frequen-

tieteller is ook te gebruiken voor externe signalen, via twee ingangen met ieder hun eigen bereik. Veel toeters en bellen, maar toch zijn we niet echt enthousiast. De koeling maakt lawaai, de draaiknopjes zitten te dicht bij elkaar en zijn vrij grof. Het sweep-patroon is geen nette zaagtand, amplitudeweergave ontbreekt en de uitlezing van de frequentieteller is instabiel en verandert mee als je de amplitude wijzigt.

Hij kan veel, maar wie hem koopt zal ook aan veel dingen moeten wennen.



Hameg HM8030-6

Hameg's HM8000-serie bestaat uit een voeding (€ 210) in een modulaire behuizing die plaats biedt aan twee vrij te kiezen modules. Wij hadden een exemplaar met een HM8030-6 functiegenerator en een HM8021-4 1.6 GHz frequentieteller, maar ook een LCR-meter, een labvoeding en een programmeerbare multimeter zijn leverbaar. De aan/uitschakelaar zit op het mainframe, en die frames zijn stapelbaar tot 5 hoog. De bediening van de functiegenerator is overzichtelijk en wijst zichzelf. Hij kan sweepen, van hoog naar maximaal een factor 10 lager, pe-

riodetijd en onder- en bovengrens zijn snel en precies instelbaar. De duty-cycle-regeling werkt alleen op de blok golf, dus een zaagtand kun je er niet mee maken. Twee toetsjes kunnen het signaal ieder 20 dB verzwakken, met in totaal maximaal -40 dB demping komt het uitgangssignaal tot 5 mVt.

De specificaties zijn onberispelijk en de modulaire opzet is aantrekkelijk voor wie minimaal twee modules nodig heeft, maar kwaliteit en degelijkheid zijn zelden goedkoop.



Metrix MTX 3240

Dit apparaat krijgt in elk geval de prijs voor de meest aparte vormgeving! Het is een vrij hoge maar ondiepe behuizing waarvan de frontplaat iets achterover helt. Even wennen, maar door de vorm is het apparaat goed te bedienen en af te lezen. Er zit een bijzonder groot en duidelijk display op dat alles tegelijk laat zien: frequentie, uitgangsspanning, offset-spanning en duty-cycle. De bediening is gemakkelijk dankzij het beperkte aantal druktoetsen met duidelijke functies en de centrale draaiknop. Alleen het instellen van het sweep-bereik kost enig nadenken.

Het frequentiebereik is niet al te ruim met 5 MHz, maar alle signalen (ook een blok) blijven er tot aan de hoogste frequentie goed uit zien. Met de duty-cycle-instelling kan niet alleen de blok golfsymmetrie worden beïnvloed, maar ook de sinus en driehoek worden scheefgetrokken. Er zit aan de achterkant een aansluiting voor een optische RS232-verbinding, maar de kabel moet apart worden aangeschaft. Lab-view-drivers worden wel meegeleverd. In de handleiding wordt helaas niet vermeld of er verder nog iets via de pc kan worden ingesteld of geprogrammeerd.





merk & model	prijs € ex BTW	f _{min} [Hz]	f _{max} [MHz]	flank ¹ blokgolf	vervorming sinus tot 100 kHz ²	asym ³	sweep	VCF in
H-Tronic FG-200	110	0,2	0,240	g.g.	< 1%	✗	✗	✗
Goodwill Instek GFG-8015G	170	0,2	2	< 100 ns	< 1%	✓	✗	✓
ELV SFG 7002	200	0,1	10	< 12 ns	< 1%	✓	lin	✗
Voltcraft 7202	220	0,2	2	< 140 ns	< 1%	✓	lin	✓
TTi TG210	240	0,02	2	< 100 ns	< 0,5%	✓	✗	✓
Digimess FG200	255	0,2	2	< 100 ns	< 2%	✓	lin, log	✓
Voltcraft MXG-9802A	265	2	2	< 150 ns	< 1% @ 1 kHz	✓	lin, log	✓
M&R Systems WG-810	285	1	2	< 50 ns	< 2%	✓	lin, log	✓
B+K Precision 4010A	300	0,2	2	< 120 ns	4% @ 1 kHz	✓	✗	✓
TTi TG315	300	0,03	3	< 100 ns	< 0,5% in audiobereik	✓	✗	✓
Digimess FG100	385	0,5	20	< 15 ns	< 1% in audiobereik	✗	lin	✗
Dynatek DSG 310	385	0,1	10	< 35 ns	< 1%	✓	lin	✗
ELV MFG9001M	385	0,1	20	< 12 ns	0,75%	✓	lin	✓
Seintek G5100	435	1	156	< 35 ns	< 1,5%	✓	lin	✓
Goodwill Instek SFG-2110	450	0,1	10	< 120 ns	< - 55 dBc tot 200 kHz	✓	lin, log	✓
Uni FG8220	495	0,2	20	< 25 ns	< 1,5%	✓	lin	✓
Hameg MH8030-6	515 ⁴	0,05	10	15 ns typ	< 0,5%	puls	lin	✗
Metrix MTX-3240	570	0,1	5,1	< 40 ns	<0,5% tot 50 kHz	✓	lin, log	✓

Legenda

✓ = aanwezig ✗ = niet aanwezig ns = niet gespecificeerd

¹ flanksteilheid van de blokgolf

² tenzij anders aangegeven

³ asymmetrie-regeling (duty cycle), puls = alleen voor bloksignaal

⁴ € 210 voor het mainframe + € 305 voor de generator

⁵ frequentieteller-ingang voor externe signalen

⁶ d.m.v toets instelbare verzwakking v.h. uitgangssignaal

⁷ Uitgang op logisch niveau synchroon met het signaal. T=TTL, C=CMOS, Cv=CMOS, variabel

⁸ Display-weergave van frequentie (f) en amplitude (A) in volt-top-top (tt) en/of volt-effectief (rms)

⁹ Taal v.d. meegeleverde handleiding: Engels, Duits, Frans, Nederlands, Spaans, Italiaans

¹⁰ B-k = kabel BNC-krokodillenklem; B-B = kabel BNC-BNC; RS-232 = seriële kabel; sw = software

merk & model	f-cnt in ⁵	DC-offset [V]	Vout _{min} [mVtt]	demping [dB] ⁶	sync out ⁷	display ⁸ f A	manual ⁹	accessoires ¹⁰
H-Tronic FG-200	✗	- 4 ... + 5	10	✗	✗	✗	E	✗
Goodwill Instek GFG-8015G	✗	± 10	ns	- 20, - 40	T/Cv	✗	E	B-k,
ELV SFG 7002	✗	± 7	ns	- 20, - 40	T	✗	D	✗
Voltcraft 7202	✓	± 10	125	- 20	T/Cv	✓	E	B-k,
TTi TG210	✗	± 10	20	- 20	T/C	✗	E	B-k,
Digimess FG200	✓	± 5	1	- 20, - 40, - 60	T	✓	E, D	B-B
Voltcraft MXG-9802A	✓	± 10	1	- 20	T	✓	E, D, F, Ned	B-B
M&R Systems WG-810	✓	± 7	5	- 20	T	✓	E, D	netadapter
B+K Precision 4010A	✗	± 10	ns	- 20	T/Cv	✗	E	B-k
TTi TG315	✗	± 10	2	- 20, - 40, - 60	T/C	✓	E	E
Digimess FG100	✗	± 2,5	10	nvt	T	✓	E, D	B-B, B-k
Dynatek DSG 310	✓	ns	ns	- 20	T	✓	E	B-k
ELV MFG9001M	✓	± 5	1	- 20, - 40, - 60	T	✓	D	✗
Seintek G5100	✗	± 7,5	5	- 20	T	✓	E	B-B, RS-232, sw
Goodwill Instek SFG-2110	✓	± 10	24	- 20	T/Cv	✓	E	2 x B-k
Uni FG8220	✓	± 5	ns	- 20	T/C	✓	E	B-k
Hameg MH8030-6	✓	± 5	5	- 20, - 40	T	✓	E, D, F, Sp	✗
Metrix MTX-3240	✓	± 10	1	✗	T/Cv	✓	E, D, F, Sp, I	✗

Velleman USB-functiegenerator

Velleman had op het moment van deze test geen actuele functiegenerator beschikbaar uit zijn assortiment meetapparaten, maar gaf wel aan binnenkort met een interessant nieuw apparaat te komen. Het gaat hierbij om een functiegenerator met USB-aansluiting, die bediend wordt via de PC.

Enkele eigenschappen:

- Frequentiebereik 0,01 Hz...2 MHz
- Optische scheiding tussen generator en pc
- Sinus met geringe vervorming, < 0,08%
- DDS-generator met 8192 samples wave-table, willekeurige golfvormen kunnen op de pc worden samengesteld
- Max. sample-rate 50 MHz

Conclusie

Of je nu af en toe eens een versterkertrapje wilt doorfluiten, of dat je dagelijks vele uren met je generator doorbrengt, je wilt meestal gewoon snel het gewenste signaal instellen en dan verder met je project. En ook al zijn de specificaties van alle apparaten voor iedereen toegankelijk via Internet (en raak je daardoor gemakkelijk in de verleiding om louter op basis daarvan een aanschaf te doen), de grootheid 'bedieningsgemak' laat zich niet vangen in een datablad. Toch is het, zoals bij elk stuk gereedschap, een van de belangrijke eigenschappen. Daarom hebben we daarop de nadruk gelegd bij het beoordelen van de 18 kandidaten. Hoe beoordeel je bedieningsgemak? Ten eerste moet het frontpaneel logisch zijn ingedeeld, je moet overal makkelijk bij kunnen. Het lijkt zo vanzelfsprekend, maar er zijn nog steeds apparaten waarbij je ongemerkt per ongeluk twee toetsen indrukt in

plaats van één, of waarbij de regelknopjes zo dicht naast elkaar zitten dat je bij het afstellen van de ene soms ook een draai geeft aan de andere. Ten tweede, stel je hebt 'm grijpklaraar staan, opgewarmd en wel, hoe lang ben je dan bezig voordat je een sinus van 440,0 Hz aan de uitgang hebt staan? Het lijkt misschien een simplistische test, maar bij sommige toestellen is de frequentieregelaar zo grof dat het gewoon helemaal niet lukt, bij andere is het een kwestie van seconden, bij weer andere van ettelijke minuten. Het record staat op naam van de Seintek G5100, daar ben je echt een hele tijd bezig. Als je die stand eenmaal hebt voorgeprogrammeerd, dan roep je die wel weer op in minder dan 10 seconden.

Verder hebben we gelet op functionaliteit en kwaliteit ten opzichte van de prijs, en naar innovaties. Het laat zich omschrijven als de geschiedenis van de elektronica-in-

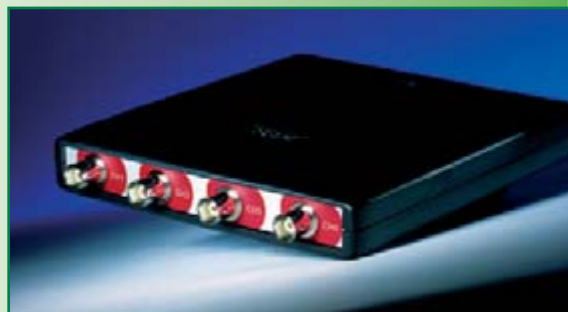
Functies genereren op de PC

Koestert u zich graag in het schijnsel van uw computerscherm? U bent de enige niet. Met wat software kunt u ook meetsignalen door uw geluidskaart laten genereren. Wie meer wil, kan een USB-scoop overwegen: sommige hebben namelijk ook een ingebouwde functiegenerator. Daarover straks meer, nu eerst langs de gevonden voorwerpen: freeware. Hoger dan zo'n 20 kHz komt er niet uit een geluidskaart, maar het leuke is dat je er meteen mee aan de slag kunt en via de speakers kunt horen wat je doet. Op www.marchandelec.com vonden we een handzaam windowtje met twee kanalen apart instelbaar op sinus, driehoek, blokgolf, zaagtand, puls, witte ruis of roze ruis. Drie schuifregelaars: frequentie, dB's links, dB's rechts, meer is het niet. We hingen de scoop eraan. De sinus houdt 't aardig vol tot zo'n 18kHz, maar de andere golfvormen vertonen ook bij lage frequenties allerlei deuken en hobbels, waarvoor de maker ook waarschuwt. Wel handig dat frequentie en amplitude continu regelbaar zijn, dus je kunt 'met de hand' sweepen.

Geen freeware maar behoorlijk populair is de Sound Card Function Generator van Virtin (www.virtins.com). De demo doet het 7 dagen op proef, daarna kun je voor ca \$25 een licentie kopen. Ook twee kanalen, ook hier weer het standaardsetje signalen inclusief twee kleuren ruis. Instelbaar zijn frequentie, amplitude, tijdsduur en begin- en eindfrequentie van de sweep. Je stelt in en je vuurt af. Er zit een scoop-programmaatje bij, maar tijdens het spelen kun je niets bijregelen, wel naderhand sleutelen aan het plaatje. We grepen toch al gauw naar onze eigen scoop. De sinus ziet er redelijk

strak uit, maar boven circa 10 kHz begint het signaal danig in te zakken. Wel wordt er een bibliotheek meegeleverd met vrij te laden golfvormen, zoals een overtuigend hartfilmpje en een veel nettere blokgolf dan de ingebouwde. Het bestandsformaat leent zich voor eigen variaties: 1024 regels met het sample-nummer en tweemaal de y-coördinaat. Dus al met al toch best veelzijdig. Wie geen bezwaar heeft tegen een krap frequentiebereik kan voor een habbekrats al uit de voeten. Wie daarentegen flink wat meer wil en bovendien ook andere meetapparatuur wil aanschaffen, moet zeker een USB-scoop overwegen. In september 2005 hebben we daar al een test aan gewijd, maar we noemen het hier omdat ze soms ook een ingebouwde generator bezitten. De HandyScope HS4 van het Friese TiePie Engineering (www.tiepie.nl) is een goed voorbeeld. Het is veel meer dan alleen een generator: ook een multimeter, een oscilloscoop dus, een transiënt recorder en een spectrum analyser zitten erop. En vervorming meten volgens de regelen der kunst, zoals elders in dit artikel besproken, komt hiermee ook binnen handbereik.

De USB-scopentest is apart te downloaden van www.elektuur.nl. De bestandsnaam is N090522.pdf



Vervorming meten

In de audiowereld is het omgeven met hype, in de telecomunicatie kan het de grens zijn tussen goed verstaanbaar en rotzooi op de lijn. Totale Harmonische Distorsie (THD) is het complex van vervormingen dat een signaal onderweg van de ingang naar de uitgang van een versterker(trap) ondergaat. Wil je dat kwantificeren, meet dan de golfvorm aan de ingang en trek die af van de golfvorm aan de uitgang: het verschil is THD, per definitie. Klinkt simpel, maar is het beslist niet. Je kunt dat sommetje namelijk pas op een eerlijke manier maken wanneer de meetopstelling zowel de versterking als de fase-draaiing van de te meten trap ongedaan maakt. Achter die noodzakelijke compensatie loert een enorme bron van meetfouten, en die onder controle krijgen en houden is lastig en vooral erg tijdrovend.

Een andere methode is deze: neem een sinus als meetsignaal, haal diens frequentie aan de uitgang eruit met behulp van een notch-filter en wat je dan over houdt is THD. Het lijkt ook weer reuze elegant, maar er kleven toch allerlei misen en maren aan. Zo moet het testsignaal een zeer zuivere sinus zijn. Voor meer dan 0,1% THD haalt de gemiddelde audiofiel al de neus op, dus het testsignaal moet minder dan 0,05% vervorming bevatten. Dat zie je alleen in de duurdere generatoren.

De moderne methode werkt met een spectrum analyser: meet het spectrum van het testsignaal en laat daar een Fourier-analyse op los. Ook daarbij moet hetingangssignaal zo weinig mogelijk vervorming bezitten, want die zie je anders ook weer terug in de componenten van het ontlede uitgangssignaal.

dustrie in de afgelopen drie decennia. De grote jongens hebben het overleefd door zich puur te richten op de professionele gebruiker: uitstekende apparatuur, maar met prijzen die alleen passen in het budget van een groot-industrieel - die hebben we niet besproken. Europese firma's als Thurlby Thandar Instruments en Metrix volgen zo'n zelfde strategie, maar bieden aan de onderkant van hun gamma nog steeds beperkte maar zinvolle functionaliteit met uitstekende specs voor een betaalbare prijs. Anderen zoals Digimess en ELV geven meer uitgebreide mogelijkheden met aanvaardbare specs, maar drukken de kosten door de productie uit te besteden in het verre oosten. In Taiwan produceert men zo al meer dan dertig jaar. Met die ervaring vult Goodwill Instek de gaten in de markt slim op. Hun GFG-8015G is wat ons betreft een goede keuze in de basis: goede specs, zeer scherp geprijsd. In Korea heeft men nog niet die lange ervaring, maar wel een tomeloze werklust: 5 van de 18 geteste apparaten zijn afkomstig van Dagatronics in Seoul. Vier daarvan zijn opgebouwd rond hetzelfde basisonwerp en bieden ontegenzeggelijk zeer veel functionaliteit voor een lage prijs. Ze lijken gericht op de beginnende gebruiker, want bij alle vier heeft de handleiding hetzelfde uitgebreide hoofdstuk met voorbeelden van toepassingen en dat is

zeker sympathiek. Maar het ademt haastwerk: de specs zijn matig en de bediening is weinig doordacht, je krijgt knopjes voor variabelen die niet variabel zouden moeten zijn. En het is ook duidelijk gericht op massaproductie: iedereen kan vandaag duizend generatoren bestellen met zijn eigen naam erop en wat knopjes meer of minder, overmorgen landt het vliegtuig met uw bestelling.

De keuze voor het beste apparaat laten we aan de lezer over, want het blijft uiteindelijk toch een kwestie van wat je ermee wilt en hoeveel geld je ervoor over hebt. We sluiten af met twee eervolle vermeldingen: de FG100 van Digimess en de WG-810 van M&R systems. Deze twee lijken op elkaar qua bediening: overzichtelijk en goed doordacht. De FG100 heeft iets betere specs en kan heel complexe tests uitvoeren onder pc-besturing, maar wat de WG-810 duidelijk onderscheidt van de rest is de mogelijkheid om zelf golfvormen te definiëren. En dat ook nog voor een betaalbare prijs. M&R Systems verdient meer bekendheid.

(060132)

Fabrikant	Type	Internet-adres fabrikant	Distributeur/dealer NL/B	Internet-adres
B+K Precision	4010A	www.bkprecision.com	o.a. Elquip	www.elquip.com
Digimess	FG100/FG200	www.digimessinstruments.co.uk	o.a. Farnell	www.farnell.nl
Dynatek	DSG 310		o.a. Havoned, DDS, Rato	www.havoned.nl , www.d-d-s.nl , www.rato.be
ELV	SFG 7002/MFG 9001M	www.elv.de	ELV	www.elv.de
Goodwill Instek	GFG-8015G/SFG-2110	www.goodwill.com.tw	o.a. Havé Digitap	www.have-bv.nl
Hameg	HM8001 + 8030	www.hameg.com	o.a. Air Parts, Display, DDS, Rato	www.air-parts.com , www.rato.be , www.display.nl , www.d-d-s.nl
H-Tronic	FG-200	www.h-tronic.de	o.a. Conrad NL	www.conrad.nl
Metrix	MTX-3240	www.chauvin-arnoux.fr	o.a. PrintTec	www.printtec.nl
M&R Systems	WG-810	www.mrsys.at	o.a. Conrad NL	www.conrad.nl
Seintek	G5100	www.seintek.com	o.a. DDS	www.d-d-s.nl
Uni	FG 8220	www.seintek.co.kr	o.a. DDS	www.d-d-s.nl
TTI	TG210/TG315	www.tti.co.uk	o.a. ABtronix, TTMS, Rato	www.abtronix.com , www.ttms.nl , www.rato.be
Voltcraft	7202/MXG-9802A	www.conrad.de	o.a. Conrad NL	www.conrad.nl

Aan de slag met S

Ontdek Freescale's nieuwe MC9S08, SpYder en CodeWarrior

Jan Buiting & Luc Lemmens, in samenwerking met
Inga Harris (applications engineer bij Freescale Semiconductor Inc.)

In een korte serie artikelen zullen we de krachtige MC9S08 van fabrikant Freescale nader bekijken. In dit eerste deel wordt nader ingegaan op deze controller en de bijbehorende ontwikkeltools SpYder en CodeWarrior. Voor de volgende maand staat een zeer interessante toepassing op het programma. Met het oog op de reproduceerbaarheid is daarbij gekozen voor een 16-pens PDIP-behuizing.



Freescale Semiconductors (voorheen Motorola) behoort tot een van de belangrijkste fabrikanten van microcontrollers. Toch was de verspreiding van hun controllers onder studenten en hobbyisten tot op heden bescheiden. Dat kwam misschien vooral omdat tot voor kort voor deze controllers geen goedkope ontwikkel-tools beschikbaar waren. Maar sinds het bedrijf geen onderdeel meer uit maakt van Motorola, richt het zich met nieuw elan op de massamarkt. En met de recente introductie van een e-commerce-site en de verspreiding van gratis samples, compilers, debuggers en low-cost ontwikkelgereedschappen wordt de Freescale-microcontroller nu bereikbaar voor iedereen die hierin geïnteresseerd is. Ook Elek-tuur speelt hierbij een actieve rol, in nauwe samenwerking met Freescale. Het nieuwste tool, de SpYder (gefabriciseerd door SoftTec Microsystems), is een nieuwe stap op weg naar een brede productverspreiding.

Voorgeschiedenis

Het overzicht in **figuur 1** laat zien hoe de microcontroller-kernen van Free-

scale zich in de loop der tijd hebben ontwikkeld. De 8-bits HC5- en HC11-controllers werden geïntroduceerd in de jaren '80 en waren bij veel ontwerpers al direct populair. In de late jaren '90 kwamen de HC08 (8-bits) en de HC12 (16-bits) op de markt, maar

Spyder is dol op bugs en werkt samen met 8- en 16-potige microcontrollers

deze controllers hebben nooit het eerdere succes geëvenaard en zijn ook nooit doorgedrongen tot de massamarkt. In het begin van 2000 werd de 16-bits HC12 opgevolgd door de 8-bits HCS08-serie, die is voorzien van de zogenaamde *Background Debug Module* (BDM), een belangrijk hulpmiddel bij het ontwikkelen van de benodigde programmacode.

De 8-bits HCS08 en de recente RS08-microcontrollers beschikken over een enkeldraads background debug interface. Hiermee kan het niet-vluchtige geheugen aan boord van de controller in-circuit worden geprogrammeerd. Ook beschikt deze interface over slimme mogelijkheden om in de achtergrond te debuggen. Met name deze module maakt het mo-

gelijk om met handige gereedschappen een low-cost controller-toepassing te realiseren. De BDM-interface zal ook aanwezig zijn op de 32-bits microcontroller 68K/ColdFireVI die later dit jaar zal verschijnen.

BDM: zelf maken of kopen

In 2005 verraste *freegeeks.net* (inmiddels opgegaan in *www.freescale.net*) de microcontroller-wereld met een open-source-tool genaamd TBDML. In de eerste 12 maanden is dit programma 1454 keer gedownload, wat een succes mag worden genoemd. De opvolger van dit handige stuk gereedschap is nu beschikbaar in twee versies: Gebruikers van de HC08-serie kunnen kiezen voor de OSBDM. Details hierover zijn te vinden in het Freescale-forum [1]. Dit zelf te bouwen hulpmiddel kan voor minder dan € 10,- worden gebouwd. Als alternatief kan ook een kant-en-klare SpYder worden

pYder

gekocht. Deze ondersteunt op dit moment al de MC9S08QG, de MC9S08QD en de MC9RS08KA. En zodra nieuwe controllers worden geïntroduceerd, zal deze lijst nog groter worden. **Vanaf deze maand zal, in samenwerking met Elektuur, deze SpYder Discovery**

Kit tegen een gereduceerde prijs worden aangeboden.

OSBDM en SpYder doen in beginsel hetzelfde. Ze verzorgen de interface tussen de ontwikkelomgeving



ving (Windows-pc met IDE-software) en de feitelijke microcontroller. Dit is schematisch weergegeven in **figuur 2**. Het voornaamste doel van deze tools is het verschaffen van goedkope en gemakkelijke programmeerhulpmiddelen.

Meer over SpYder en BDM

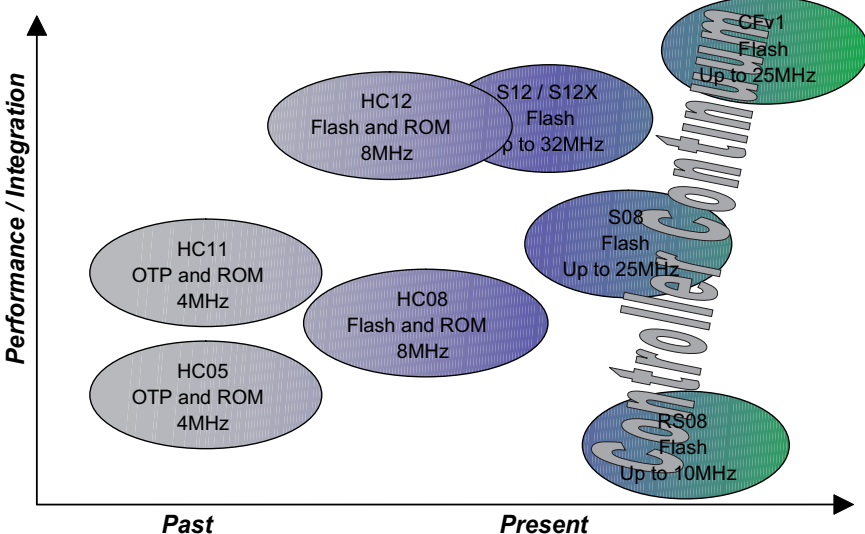
De 2g-versnellingsmeter, die in deel 2 zal worden beschreven, wordt bestuurd door een Freescale MC9S08QG-controller en de SpYder Discovery Kit. Deze kit is een nieuw USB-naar-BDM ontwikkelgereedschap voor de Freescale MC9S08QG, de MC9S08QD en de MC9RS08KA 8-bits controllers (**figuur 3**). Voor wie nog onbekend is met BDM: het is Freescale's versie van ICD, debugWIRE, JTAG etcetera, voor hun recente 8-bits en 16-bits producten. De BKGD-pen op deze controllers biedt een enkeldraads *background-debug-interface* met de debug-module aan boord van de controller. In het hoofdstuk *development tools* van elke datasheet van de HCS08 of RS08 is meer informatie te vin-

MC9S08QG4/QG8 kenmerken

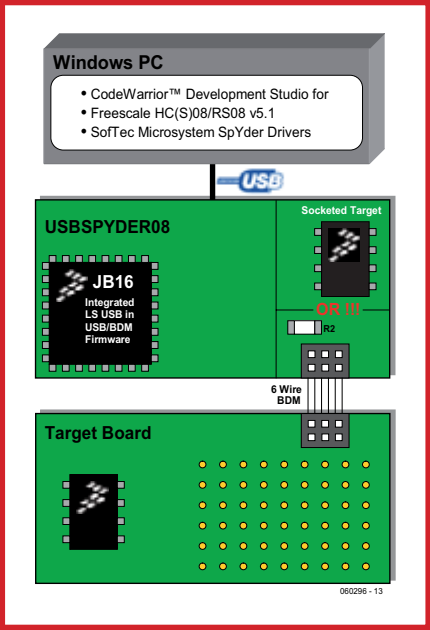
- 4-8 KB Flash, ook bruikbaar voor EEPROM-emulatie
- 512 bytes RAM
- Internal Clock Source (ICS)
- bussnelheid tot 10 MHz
- on-chip klokoscillator
- PLL om een hogere CPU-klok te genereren
- ondersteuning voor extern kristal (alleen bij PDIP16-uitvoering)
- 2% nauwkeurigheid over het gehele temperatuurbereik
- diverse modes voor stroombesparing
- seriële communicatie
- diverse timers voor I²C (synchroon), SPI (synchroon) en SCI (asynchroon)
- 2-kanaals timer/PWM-module (TPM)
- 8-bits modulo-timer-module (MTIM) met 8-bits prescaler
- diverse analoge functies, waaronder temperatuursensor
- 8-kanaals A/D-converter met een resolutie van 10 bits
- analoge comparator
- gratis ontwikkelgereedschap ((SpYder en CodeWarrior Special Edition)
- on-chip ICE en BDM
- 8-pens behuizingen: PDIP (!), NB-SOIC, DFN
- 16-pens behuizingen: PDIP (!), TSSOP, QFN

Freescale en Elektuur

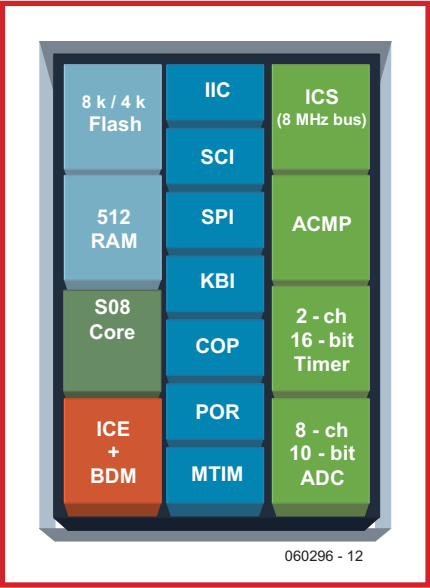
Dankzij een exclusieve samenwerking tussen Elektuur en Freescale Semiconductor is het mogelijk onze lezers enkele bijzondere zaken aan te bieden. Naast de publicatie van een aantal artikelen over de Freescale-microcontrollers zal bovendien de SpYder Development Kit voor een sterk gereduceerde prijs worden aangeboden. En aan nieuwe ideeën wordt al gewerkt, binnenkort meer hierover.



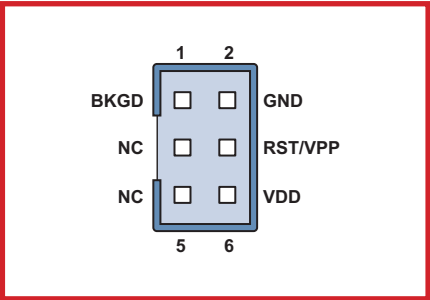
Figuur 1. Deze roadmap geeft een overzicht van microcontrollers die de afgelopen jaren door Freescale op de markt zijn gebracht.



Figuur 2. SpYder krijgt een plaatsje tussen een USB-aansluiting op de pc en een Freescale microcontroller-board dat werkt met BDM.



Figuur 3. Interne opzet van een MC9S08-controller.



Figuur 4. De aansluitgegevens van Freescale's BDM-connector.

den over deze debug-modules en hoe men deze kan gebruiken. Hoewel de interface enkeldraads is, wordt standaard een 6-pens stekker (BDM-poort) gebruikt voor de verbinding met het ontwikkelbord (**figuur 4**). De eerder genoemde BKDG-pen wordt primair gebruikt voor het serieel doorgeven van achtergrondinstructies en voor datatransport. Tijdens de reset wordt deze pen gebruikt om te kiezen

tie aan van een normale USB-stick. Samen met de geïntegreerde ontwikkelomgeving CodeWarrior biedt SpYder de gebruiker alles wat nodig is om succesvol code te schrijven, te compileren, de data in de target-chip te laden en vervolgens het programma te debuggen. Doordat het programma op de controller tijdens het debuggen op de volledige kloksnelheid draait, kunnen de hardware en de software real-

MC9S08QG8CPBE is een heel lange naam voor een 8-bits controller in een 16-pens PDIP-behuizing

tussen de actieve debug-mode of het toepassingsprogramma. Ook wordt over deze pen een sync-puls gegeven met een specifieke tijdsduur, waarmee de host (de ontwikkelomgeving op de PC) kan bepalen wat de kloksnelheid moet worden voor de BDM-communicatie. De BDC-instructies worden serieel verzonden van de host-computer naar de BKDG-pen van de bewuste HCS08-of RS08-controller. Alle instructies en data worden verzonden volgens een specifiek protocol met het MSB voorop. Met deze enkeldraads interface is een relatief eenvoudige interface-schil gecreëerd om instructies van de host-computer te vertalen in bruikbare BDC-aanwijzingen. In het geval van de SpYder Discovery Kit wordt een low-speed USB-bus gebruikt. Bij de initiële configuratie neemt de SpYder de configura-

time worden getest. De SpYder werkt met een bussnelheid tot 10 MHz, ondersteunt de 3,3-V-voedingsspanning van de controllers en bezit een IC-voetje voor de target-controller, waardoor ook andere ondersteunde typen kunnen worden gebruikt. Samples van deze controllers in PDIP-behuizing kunnen worden aangevraagd via de fabrikant (www.freescale.com). Om de flexibiliteit van de SpYder nog verder te vergroten is voorzien in een BDM-connector voor het debuggen van externe controllers die niet op het SpYder-bordje passen.

Ontmoeting met CodeWarrior

De geïntegreerde ontwikkelomgeving CodeWarrior Development Studio van Freescale is bedoeld voor de HC(S)08/

Wat is een MC9S08QG8CPBE en hoe kan ik er een krijgen?

Voor het versnellingsmeter-project van de volgende maand is een MC9S08QG8CPBE-controller nodig voor de besturing van de schakeling. Het is een kleine (8- en 16-pens) maar zeer complete controller uit de Freescale SC08-familie. De bijbehorende datasheets kunnen worden gevonden op

www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data_sheet/MC9S08QG8.pdf.

Gratis samples van de MC9S08QG8 in PDIP-uitvoering kunnen worden aangevraagd op www.freescale.com/webapp/sps/site/overview.jsp?nodeId=010984007869597059286929489&tid=FSH.

Klik op 8-bit microcontrollers en selecteer de MC9S08QG8CPBE. Volg daarna de instructies. Er kunnen maximaal vier samples worden aangevraagd.

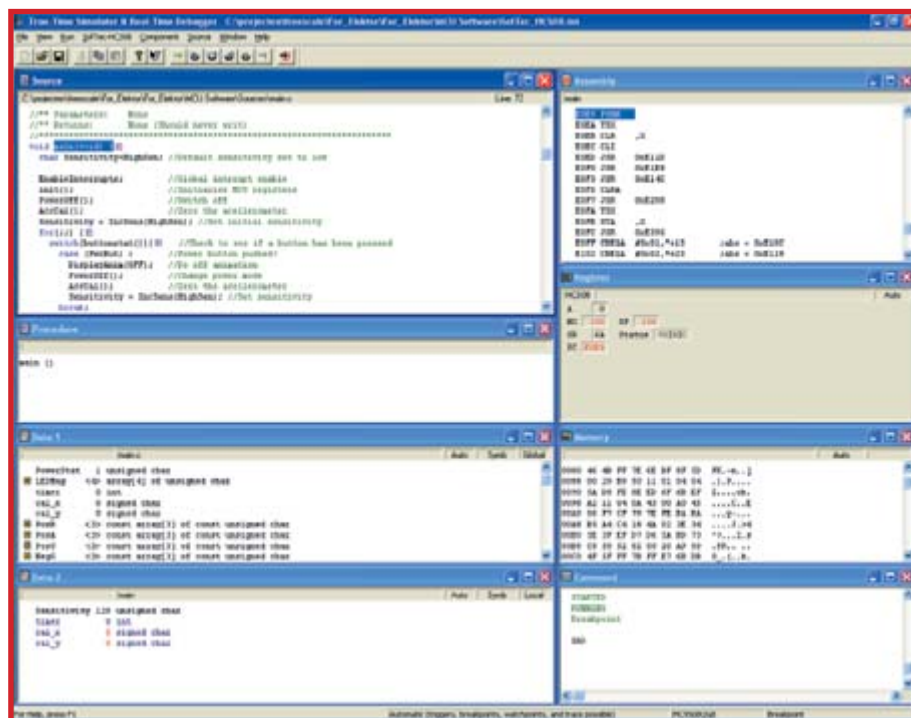
Opmerking: het leveren van gratis samples wordt geheel verzorgd door Freescale, daar heeft Elektuur verder geen invloed op.

RS08-serie microcontrollers. Deze IDE (die onlangs een prijs heeft gewonnen) gaat vergezeld van een quick-start-guide die een goede hulp vormt bij de installatie en het maken van een eerste beeldprogramma's beschikbaar om te assisteren bij het ontwikkelwerk en het programmeren echt in de vingers te krijgen.

De *Project Wizard*, te zien in **figuur 5**, kan worden gebruikt om een werkend project (in assembly of in C) te creëren in niet meer dan zeven muisklikken. De gebruiker kan desgewenst later nog kiezen voor een andere microcontroller. De IDE heeft een intuïtieve project manager en project builder. Bovendien biedt deze omgeving een compiler die compacte code levert, een grafische source-level debugger en een volledig functionele simulator.

De speciale gratis editie van de CodeWarrior Development Studio voor de HC(S)08- en RS08-controllers kan worden gedownload van de website van Freescale. Het is niet mogelijk om de exacte URL hier te vermelden omdat deze verborgen gaat achter een uitgebreide inlog-procedure. Op dit moment is het programma te vinden als *Featured Tool* op de pagina van de 8-bits microcontrollers [2]. Hier moet worden opgemerkt dat het een behoorlijk zware download betreft (ruim 283 MB). Gelukkig is deze ook te vinden op de CD-ROM die wordt meegeleverd met de SpYder Development Kit.

Veel meer informatie over CodeWarrior



Figuur 5. De CodeWarrior Project Wizard in actie. Hiermee kan een lopend programma volledig worden uitgeplozen.

voor verschillende typen Freescale-microcontrollers en platforms is te vinden op [3], inclusief speciale versies voor professionele gebruikers.

Voor de groep lezers die wil weten waar de haken en ogen zitten bij elke speciale aanbieding: deze speciale uitgave van CodeWarrior heeft een code-limiet van 64 K voor assembly-code en 16 K voor C-code.

Een uitgebreide beschrijving van CodeWarrior is te vinden in application note AN2616 [4].

Volgende maand

In het vervolgartikel van de volgende maand zal een project worden opgezet met behulp van SpYder en CodeWarrior. Het gaat hier om een 2-assige versnellingsmeter met een meetbereik van 2 g (twee maal de zwaartekrachtversnelling). Deze versnellingsopnemer is gebaseerd op een MC9S08QG8CPBE-microcontroller; de gemeten waarde wordt met een aantal LEDs weergegeven. Dit project zal worden opgebouwd op twee kleine printjes die zullen worden vergezeld van een leuk presentje.

(060296-1)

Weblinks

- [1] <http://forums.freescale.com/freescale/board?board.id=8BITCOMM>
- [2] www.freescale.com/webapp/sps/site/homepage.jsp?nodeId=0162468449&tid=FSH
- [3] www.freescale.com/webapp/sps/site/overview.jsp?nodeId=01272694011860
- [4] www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/app_note/AN2616.pdf

SpYder Discovery Kit



Dankzij een speciale regeling met Freescale Semiconductor is de SpYder Discovery Kit nu voor Elektuur-lezers beschikbaar voor een prijs van slechts € 9,75 (exclusief verzendkosten). Met SpYder kan code worden ontwikkeld en gedebugged voor de MC9S08-microcontrollers. SpYder werkt goed samen met de CodeWarrior ontwikkelstudio voor RS08/HC08-controllers (gratis te downloaden van de Freescale-site, ook beschikbaar op de bijgeleverde CD-ROM).

Opmerking: de op de foto afgebeelde kit wijkt enigszins af van de uiteindelijke kit die men kan kopen. In de definitieve versie zit een 8-pens PDIP MC9S08QG8 controller en het SpYder plug-in board is voorzien van een kunststof behuizing.

AVR stuurt USB

Techniek: Michael Odenwald en Michael Keller, Comitor GmbH

“Is het mogelijk om met een controller uit het pre-USB tijdperk een USB-apparaat te ontwikkelen, zonder hiervoor extra IC's te gebruiken?” Deze vraag hebben de auteurs zich een tijdje geleden gesteld. Vele lange avonden later blijkt het antwoord “Ja” te zijn. Vandaar dat we u een USB-I/O Board kunnen presenteren op basis van een standaard AVR-controller, zonder speciale USB-chips!

Het gebruik van een USB-interface in embedded apparaten is geen nieuws meer. In Elektuur zijn al diverse schakelingen met een USB-interface gepubliceerd. Zeer zeker met de komst van speciale chips van onder andere FTDI is het toevoegen van een USB-interface zeer eenvoudig geworden.

Wie toch een meer op maat gesneden oplossing wil, kan gebruik maken van diverse controllers die reeds voorzien zijn van een USB-interface. Deze oplossing vereist wel behoorlijk wat kennis van de USB-bus. De firmware moet dan de ontvangen datapakketten van de USB-bus verwerken en zelf datapakketten versturen. Indien het apparaat geen standaard USB-apparaat is, is er bovendien ook nog een eigen stuurprogramma nodig... en dat moet dan zelf geschreven worden.

100% soft

In onze FPGA-cursus (april 2006-februari 2007) hebben we al laten zien dat de USB-interface ook in een FPGA past. Hierbij plaatsten we een 8051-controller met een extra USB-interface in de FPGA. Dit was ons eerste ‘100% software’ USB-apparaat.

Het apparaat dat we in dit artikel voorstellen, laat zien dat een standaard AVR-controller ook in staat is om met behulp van slechts drie weerstanden met de USB-bus te communiceren (zie figuur 1). Naast het verwerken van de

datapakketten verzorgt de controller bovendien de communicatie op bit-niveau. De firmware neemt ook deze taak volledig op zich.

Nu zult u denken dat de AVR op een extra hoge kloksnelheid draait om dit alles voor elkaar te krijgen. Het tegenovergestelde is waar: de controller werkt met een kloksnelheid van 12 MHz, terwijl een maximale klokfrequentie van 16 MHz mogelijk is. Hij heeft dus nog wel wat ademruimte.

USB specificaties

De USB-specificaties [1] maken duidelijk dat de USB-bus via een serieel protocol werkt. De data wordt via twee bidirectionele lijnen verstuurd. Deze lijnen (D+ en D-) versturen de data differentieel. Dat wil zeggen dat D+ en D- elkaars tegenovergestelde zijn, in signaalvorm natuurlijk. Voor synchronisatiedoeleinden is er een uitzondering gemaakt. Beide datalijnen voeren dan een laag signaalniveau.

In ons apparaat maken we gebruik van de ‘low speed’ transfersnelheid. Dit komt neer op een overdrachtsnelheid van 1,5 Mbit per seconde. Deze communicatie op bitniveau stelt dus wel enkele eisen aan de controller. Fysiek moet deze beschikken over minimaal twee bidirectionele poorten. Verder moet hij de status van deze poorten via software zeer snel kunnen lezen en verwerken om de communicatie bij te benen.

Daarnaast zijn er nog tal van andere specificaties. Het enige dat we nu hoeven te weten, is dat elke transactie door de host (meestal een pc) wordt gestart. Als de host data wil lezen van het aangesloten apparaat, moet deze laatste reageren door data terug te sturen. Dit alles wordt verzonden in datapakketten die ook nog eens aan diverse eisen moeten voldoen.

Ook zijn er diverse mechanismen ingebouwd die ervoor zorgen dat de host nieuwe USB-devices kan detecteren en deze een adres kan toekennen. Dit heeft alles te maken met het bekende ‘Plug en Play’. De gedachte is dat de gebruiker zo weinig mogelijk actie hoeft te ondernemen om een USB-apparaat in gebruik te nemen.

Elektronica

Het elektronisch gedeelte van dit ontwerp is op zich (afgezien van de USB-connector) niks nieuws. De AVR-controller (IC3) vormt het hart van de schakeling (zie figuur 1). Kristal X1 bepaalt de kloksnelheid, in dit geval 12 MHz. De schakeling beschikt verder over drie analoge en vijf digitale ingangen die via connector K2 te bereiken zijn. Deze signalen worden rechtstreeks naar de I/O-aansluitingen van de controller ge-

Figuur 1. In het schema is duidelijk te zien dat de microcontroller het hart van de schakeling vormt.



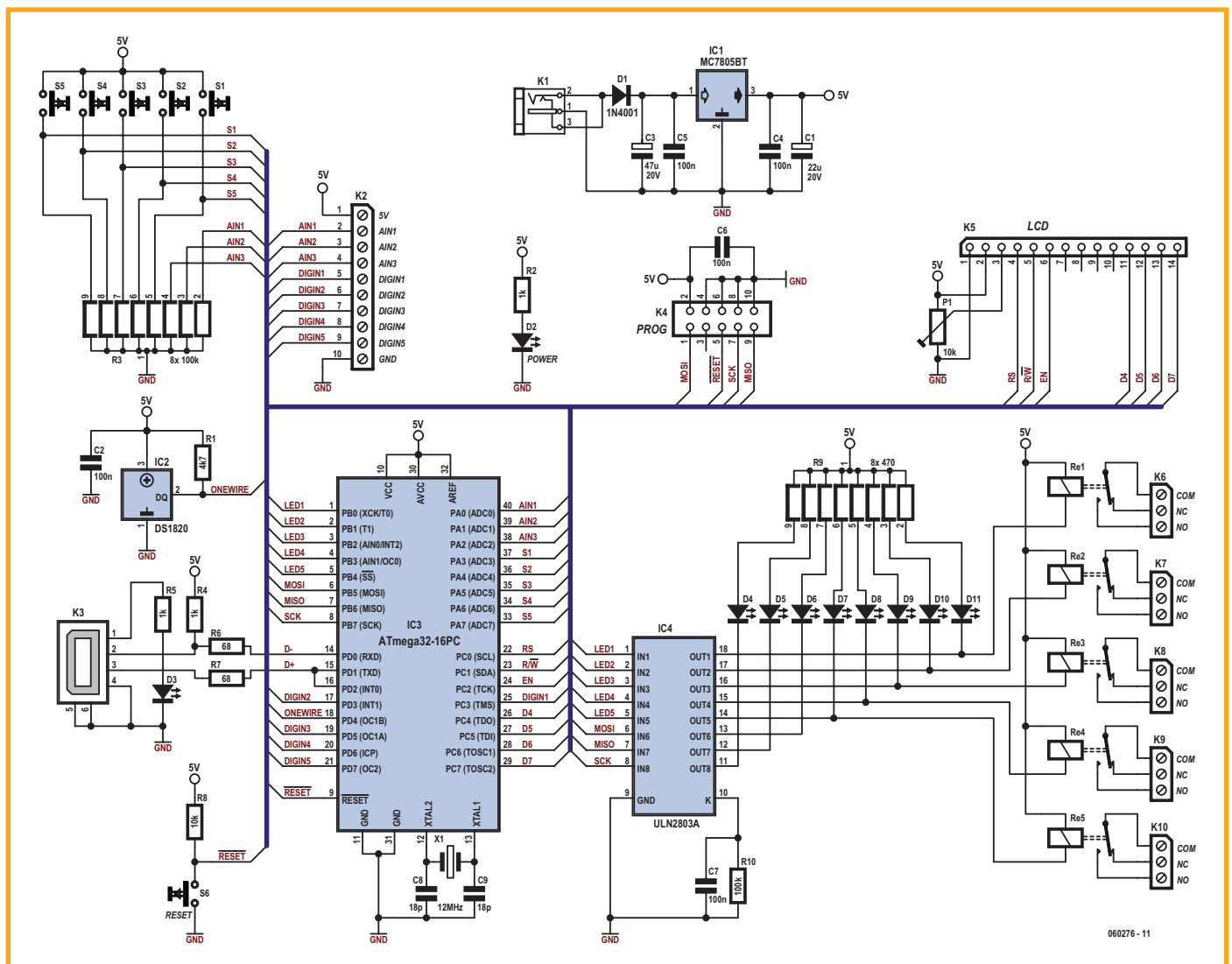
Ontwikkelbord met software-matige USB-interface

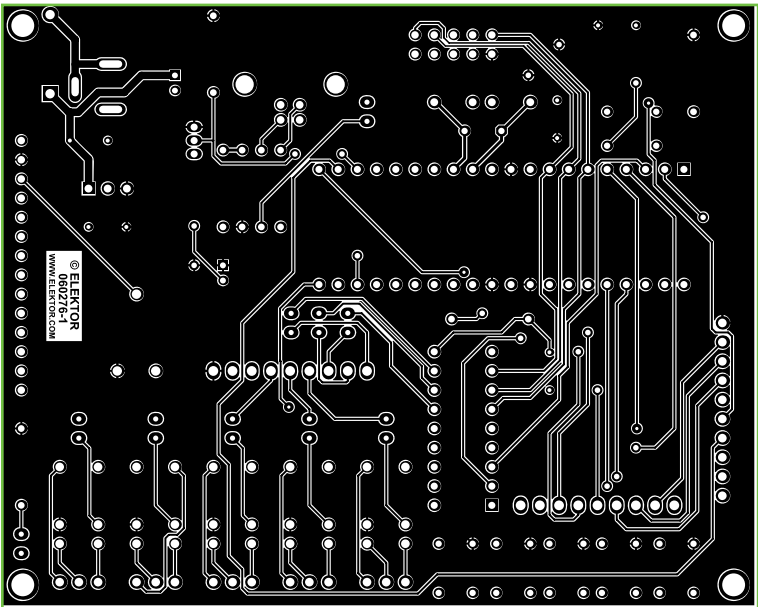
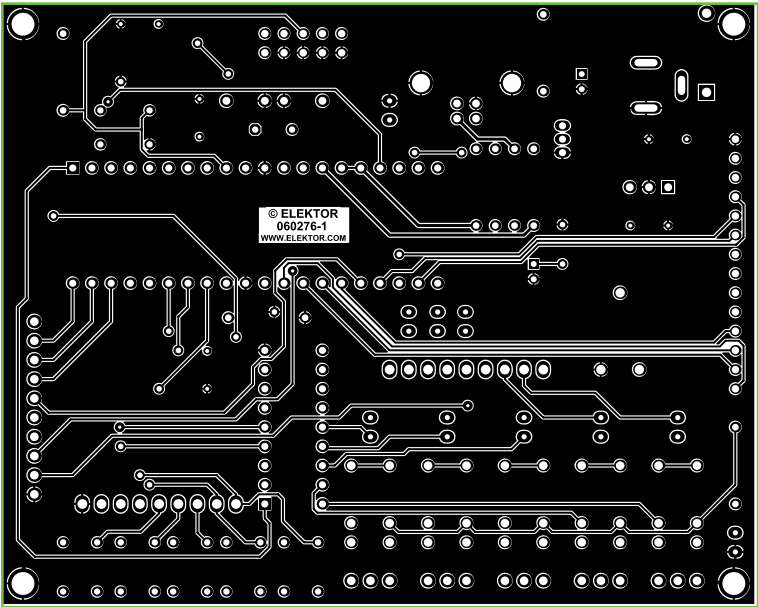
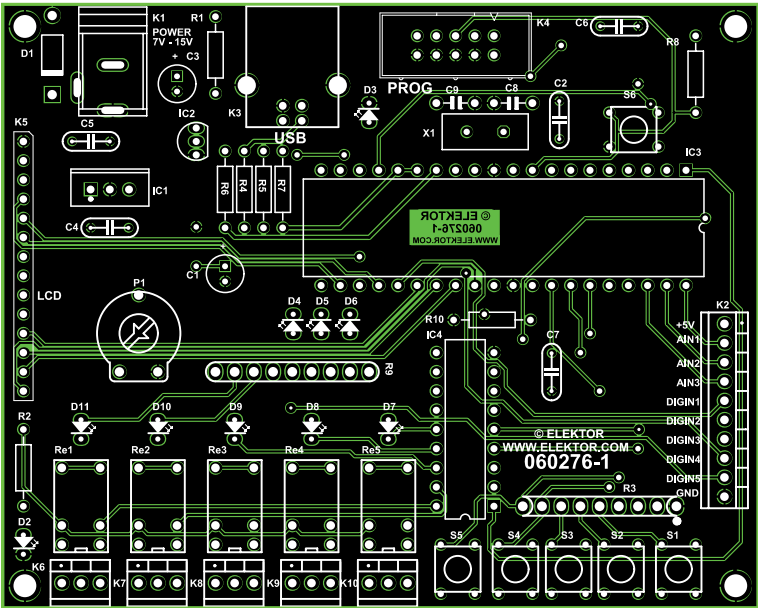
bracht en zijn voorzien van een 100 k pull-down weerstand. Deze weerstanden zorgen ervoor dat de ingangen geen vervelende storingen kunnen veroorzaken door statische ladingen indien ze niet zijn aangesloten.

De schakeling is ook voorzien van een temperatuursensor (IC2). Dit is een zogenaamde 'onewire' chip, waardoor we maar één I/O-aansluiting nodig

hebben om deze sensor te kunnen gebruiken. Om het geheel af te ronden, hebben we de schakeling voorzien van een 5-tal drukknoppen.

De controller is voorzien van een LCD dat met 4 databits en de gebruikelijke stuursignalen wordt aangestuurd. Daarnaast kunnen er 5 relais worden bediend, waarbij bijbehorende LED's aangeven of een relais al dan niet is





aangetrokken. De USB-aansluiting is uiterst eenvoudig wat betreft de elektronica. Weerstand R4 zorgt er voor dat de host merkt dat er een low-speed device is aangesloten op de USB-poort. R6 en R7 zorgen voor een stroombegrenzing in geval van problemen. Daarnaast hebben ze de prettige eigenschap dat ze ook reflecties op de datalijnen (en dus ook fouten) verminderen. De signaallijnen D+ en D- zijn ieder met een I/O-aansluiting van de controller verbonden. D+ is ook met de INT0-ingang van de controller verbonden. Hierdoor is het mogelijk om bij elke verandering op de D+ lijn een interrupt te genereren.

Laat u niet misleiden door het feit dat zowel D+ als D- met een UART-aansluiting van de controller is verbonden. Deze beide aansluitingen worden door de software als normale I/O-aansluitingen gebruikt. De UART van de controller wordt hiervoor niet gebruikt. De componentenopstelling en de PCB-lay-out ziet u in **figuur 2**.

Voeding

Voor de voeding van het geheel volstaat een netadapter. In principe is het ook mogelijk om een USB-apparaat vanuit de host te voeden, maar in dit geval behoorde dat niet tot de mogelijkheden. De spanning op de USB-bus mag volgens de specificaties tussen 4,4 en 5,25 volt liggen. In de praktijk wijken deze spanningen vaak af van de specificaties! Qua stroomverbruik mag een device maar maximaal 100 mA gebruiken voor enumeratie (zie kader 'Enumeratie'). Tijdens de enumeratie meldt het apparaat hoeveel stroom het van de USB-poort wil gaan gebruiken (tot

Figuur 2. Ook op de printplaat staat de microcontroller centraal. Daarnaast vallen de vele aansluitmogelijkheden op.



maxi-
maal
500 mA).

In ons geval hebben we minimaal 5 V nodig voor de controller. Het is mogelijk om met behulp van een step-up converter de eventueel te lage spanning op de USB-poort te verhogen naar 5 V, maar hierdoor zal het stroomverbruik stijgen. Ook kan dit storingen veroorzaken. Omdat we nu eenmaal een schakeling willen hebben die nabouw- en bedrijfszeker is, maken we gebruik van een standaard voeding uit een netadapter. Via D1 is spanningsstabilisator IC1 ook beschermd tegen verkeerd om aansluiten van een netadapter.

Firmware

De grote kracht achter dit project is natuurlijk de firmware. Deze firmware is opgebouwd uit diverse modules, die overwegend in C zijn geschreven. Alleen de aansturing van de USB-lijnen gebeurt in assembler-code, vanwege de snelle verwerking.

In `usb.h` vinden we de zogenaamde 'Device descriptor'. De gegevens in deze descriptor worden tijdens de enumeratie door de host gebruikt om te bepalen welk apparaat er wordt aangesloten. Als u besluit om zelf te gaan experimenteren, dan is dit de plaats waarin u er voor kunt zorgen dat de host uw apparaat correct herkent. Hiervoor is natuurlijk wel enige kennis van het USB-protocol nodig.

In `avr-usb.h` staat de lijst van 'requests' die door het aangesloten apparaat ondersteund worden. De host kan een request sturen naar het apparaat, waarna dit de bijbehorende actie uitvoert. Een actie kan betekenen dat het LCD gewist wordt, een relais wordt in- of uitgeschakeld, enzovoorts. In sommige gevallen vereist een request dat het apparaat gegevens terug stuurt. Dit is bijvoorbeeld het geval bij het lezen van de temperatuur.

Onderdelenlijst

Weerstanden:

R1 = 4k7
R2,R4,R5 = 1 k
R3 = weerstandsnetwerk 8 x 100 k
R6,R7 = 68 Ω
R8 = 10 k
R9 = weerstandsnetwerk 8 x 470 Ω
R10 = 100 k
P1 = instelpot 10 k

Condensatoren:

C1 = 22 μ /20 V radiaal
C2,C4,C5,C6,C7 = 100 n
C3 = 47 μ /20 V radiaal
C8,C9 = 18 p

Halfgeleiders:

D1 = 1N4001
D2..D11 = low-current LED rood, steek 2,5 mm
IC1 = 7805CP

IC2 = DS1820

IC3 = ATmega32-16PC (geprogrammeerd, EPS 060276-41)

IC4 = ULN2003A

Diversen:

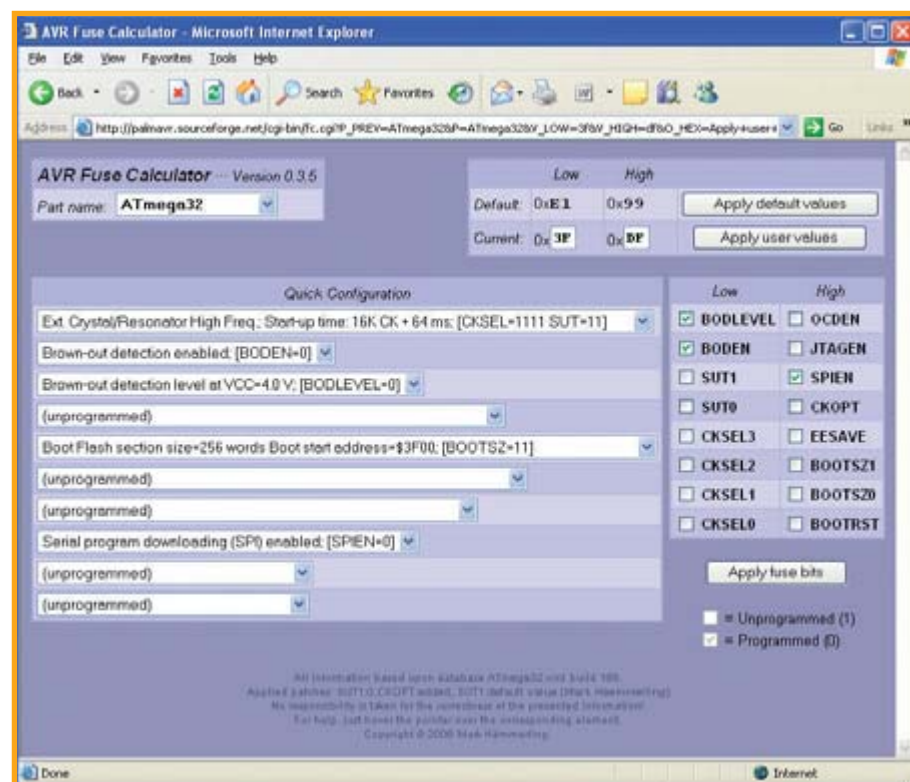
K1 = 2,5 mm netadapter ingang
K2 = 10-polige printkroonsteen, steek 2,54 mm (bijvoorbeeld Phoenix contact 1725737)
K3 = USB-B connector
K4 = 10-polige boxheader
K5 = 14-pens pinheader
K6...K10 = 3-polige printkroonsteen, steek 2,54 mm (bijvoorbeeld Phoenix contact 1725669)
Re1...Re5 = 5-V-relais (bijvoorbeeld OMRON G5V-1-DC5)
S1...S6 = drukknop (bijvoorbeeld OMRON B3F-1002)
X1 = kristal 12 MHz, HC-49U behuizing
Print EPS060276-1

Compileren

De complete firmware inclusief de assembler-code kan met behulp van de (gratis) open-source AVR-GCC-compiler [2] gecompileerd worden. De downloadbare 'makefile' maakt het compileerproces een stuk gemakkelijker (zie [3]).

Doordat de schakeling voorzien is van een programmeer-interface, kunt u de

nieuwe firmware in-system in de controller programmeren. Hiervoor is het wel nodig om de juiste fuse-bits in te stellen, anders zal het geheel niet werken. Een handige manier om de juiste configuratiebytes te bepalen vindt u op de site van palmavr [4]. De juiste instellingen voor onze schakeling zijn met het invullen van 0x3fDf (rechtsboven invullen, zie **figuur 3**) te achterhalen. Dit komt neer op bits BODLEVEL, BODEN en SPIEN programmeren (lo-



Figuur 3. De fusebit-instellingen zijn gemakkelijk online te achterhalen via [4].

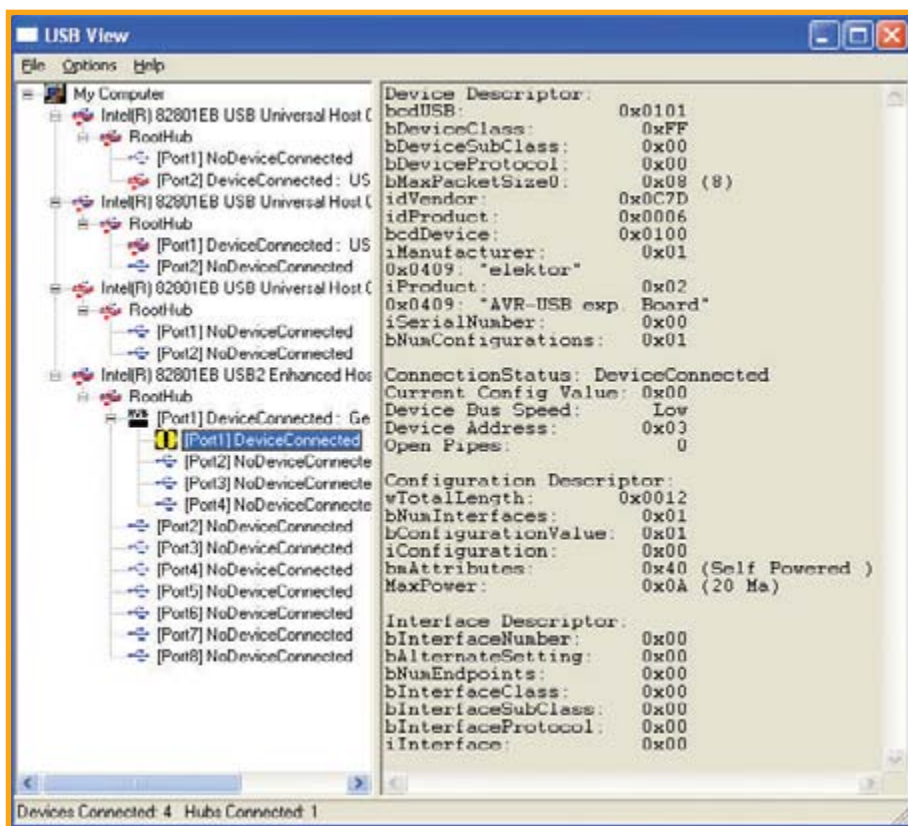
Enumeratie

Voordat een USB-host een USB-apparaat kan gaan gebruiken, moet er eerst een zogenaamde enumeratie plaatsvinden. De allereerste stap hiervoor vindt plaats in het USB-apparaat. Met een pull-up weerstand meldt het apparaat zijn aanwezigheid op de USB-bus.

Voor een low-speed apparaat (1,5 Mbit/seconde) moet een pull-up weerstand data-lijn D- naar +3,3 V trekken. Voor een full-speed (12 Mbit/seconde) en een high-speed (480 Mbit/seconde) device moet dit gebeuren op de D+ lijn.

Als reactie op de signaalverandering van het datasignaal zal de host via een voorgeschreven protocol proberen te achterhalen welk device op de USB-poort is aangesloten. Naast de te verwachten gegevens als VID en PID moet het device ook melden tot welke 'class' het hoort, samen met onder andere een versienummer, naam, etcetera. Ook wordt een USB-adres aan het apparaat toegekend. Aan de hand van dit adres kan de host de diverse USB-apparaten van elkaar onderscheiden.

De host kan aan de hand van bovenstaande gegevens bepalen welk stuurprogramma er nodig is om het apparaat in gebruik te nemen.



Figuur 4. Het programma USBview laat in een oogopslag zien wat er via USB is aangesloten.

gisch '0') en de overige bits ongeprogrammeerd laten (logisch '1').

Opbouw en test

De schakeling is dankzij het bijbehorende printontwerp gemakkelijk op te bouwen. De schakeling bevat geen moeilijke SMD-componenten en alles is goed verkrijgbaar. De print zelf is overigens via onze webshop verkrijgbaar [3].

Controleer na het solderen alle onderdelen nogmaals op deugdelijke solderverbindingen en let erop dat er

geen korstluitingen zijn ontstaan. Ook is het altijd raadzaam om de waarden van de weerstanden en condensatoren nogmaals te controleren en nog eens te kijken of de chips in de juiste richting in hun voetjes zijn gezet!

Als dit alles gebeurd is, kunnen we al voorzichtig een eerste test uitvoeren. Sluit hiertoe eerst een netadapter met een DC-uitgangsspanning van 9 tot 12 V aan. Als alles goed is, zal LED D2 oplichten. Verbind nu de schakeling via een USB-kabel met de pc. Nu moet ook LED D3 oplichten. Windows (we gaan ervan uit dat u Windows gebruikt) be-

gint nu met het enumeratie-proces.

Aangezien we nog geen bijbehorend stuurprogramma hebben, kunt u het installeren van het stuurprogramma overslaan. Dit stuurprogramma (ook open-source!) komt in het artikel 'Universele USB-driver' (zie elders in dit nummer) aan bod.

USBview

Ook zonder stuurprogramma kunnen we de USB-communicatie al testen. Dit kan met het programma USBview van Microsoft. Dit programma is onderdeel van de Microsoft DDK (Driver Development Kit) [5]. Hiermee is het mogelijk om de gegevens uit de Device Descriptor van het USB-apparaat te bekijken (figuur 4).

Het programma werkt ook zonder stuurprogramma. Door nu in USBview de gegevens van ons apparaat te bekijken kunnen we de USB-communicatie testen. Alle gegevens die we hierin zien, zijn namelijk via de USB-bus van het apparaat naar de pc gestuurd. Als alles goed is verlopen, zijn we klaar met de hardware en kunnen we met het stuurprogramma aan de slag. Hoe dit precies in zijn werk gaat, leest u in het artikel 'Universele USB-driver' dat ook in deze uitgave staat.

(060276)

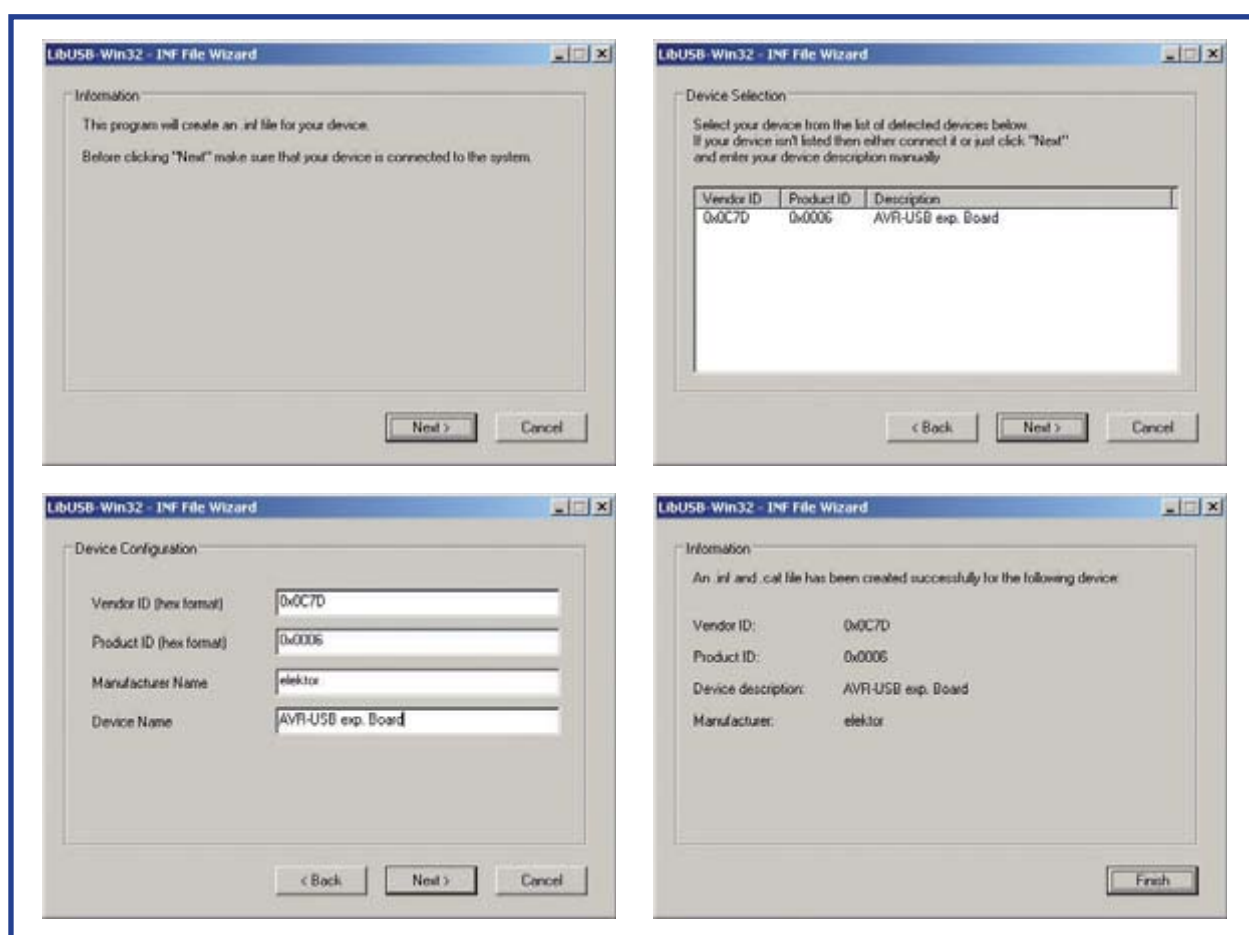
Internet-adressen

- [1] www.usb.org/developers/docs.html
- [2] winavr.sourceforge.net/
- [3] www.elektuur.nl
- [4] palmavr.sourceforge.net/cgi-bin/fc.cgi
- [5] www.microsoft.com/whdc/devtools/ddk/default.mspx

Universele USB-d

Michael Odenwald, Michael Keller en Paul Goossens

Een eigen USB-apparaat ontwerpen is een leuke opgave voor elektronici. Het grote struikelpunt is vaak het stuurprogramma voor het apparaat. Zelf schrijven van een dergelijk stuk software is lang niet voor iedereen even eenvoudig. Een universele USB-driver die ook nog eens open-source is, biedt de oplossing!



Figuur 1. Deze stappen komt men achtereenvolgens tegen bij het installeren van de universele USB-driver.

Bij het ontwerpen van USB-apparaten hoort ook het schrijven van een bijbehorend stuurprogramma. Dit is voor veel ontwerpers een erg lastige opgave en vaak ziet men daarom maar van het hele project af. Daar komt nu verandering in! Aan de hand van ons AVR-USB board laten we zien hoe we dit driver-probleem tackelen met behulp van een bestaand universeel open-source stuurprogramma.

Aansluiten

Bij ons AVR-USB board gaat alles van een leien dakje wat betreft de hardware. Tot het moment waarop we het geheel op de pc aansluiten. Windows (XP) vraagt ons dan zoals verwacht netjes om een stuurprogramma. En dat heb-

ben we (nog) niet voor onze zelf ontworpen hardware. We kunnen hiervoor gebruik maken van 'libusb-win32', een universeel open-source USB-stuurprogramma [1]. Dit komt in de vorm van een DLL en stelt Windows-applicaties in de gelegenheid rechtstreeks met een USB-apparaat te communiceren. Hierdoor kunnen we de (apparaatafhankelijke) afhandeling van de datastroom in een Windows-applicatie uitvoeren en is geen speciaal daarvoor geschreven stuurprogramma nodig.

Anders dan bij het gebruik van een 'normaal' stuurprogramma kunnen we dankzij libusb-win32 gebruik maken van een API (Application Programming Interface) in plaats van te communiceren via zogenaamde IOCTL's (Input/Output Control).

Let's get busy!

Ten eerste moeten we libusb-win32 downloaden en het zip-bestand in een eigen map uitpakken. Voordat we deze driver kunnen gebruiken, moeten we een .inf-bestand aanmaken. Dit bestand vertelt Windows welk stuurprogramma bij welk apparaat hoort. Het aanmaken van het .inf-bestand wordt wel heel erg gemakkelijk gemaakt door een programma dat in de zip-file van libusb-win32 wordt meegeleverd ('inf-wizard.exe').

Het aanmaken van het .inf-bestand gaat als volgt. Voorzie het AVR-USB-board van spanning en sluit het aan op de pc. Windows vraagt nu om een stuurprogramma. Klik op 'annuleren'. Start het programma 'inf-wizard.exe'. Klik in het eerste venster op 'Next'. Nu verschijnt een tweede venster. Hierin vindt u een lijst met aangesloten USB-apparaten. Kies hier ons AVR-USB board, met VendorID 0x0C7D en ProductID 0x0006, en druk op 'Next'. In het derde scherm kunnen we het apparaat desgewenst nog van een andere naam voorzien. Dit is niet nodig, dus klikken we weer 'Next'. Als laatste meldt het programma dat een .inf- en een .cat-bestand zijn aangemaakt. Sluit het programma af door op 'Finish' te klikken. Zie ook **figuur 1**.

Eerste test

Nu moeten we de verbinding tussen het AVR-board en de pc weer verbreken en opnieuw maken. Windows zal dan weer om een stuurprogramma vragen. Kies voor de optie 'zoeken op specifieke locatie' en blader vervolgens naar het inf-bestand dat we met 'inf-wizard.exe' hebben gemaakt.

Als alles volgens plan verloopt, installeert Windows vervolgens het stuurprogramma. In het apparaatbeheer van Windows kunt u nu het AVR-USB-board terugvinden.

Applicatie

We kunnen nu het AVR-USB-board gebruiken in onze applicaties. Op de Elektuur-website vindt u bij dit project enkele downloads waarin een aantal applicaties (met broncode) zijn opgenomen, waarmee het AVR-USB-board wordt aangestuurd. Deze applicaties zijn geschreven in onder andere C en .NET. Deze broncodes kunt u gebruiken als voorbeeld voor uw eigen applicaties.

Het testen van alle functies van het AVR-USB-board is eenvoudig met het programma 'AVR-USB-Windows1.exe'. Hiermee kunt u alle I/O-mogelijkheden van de hardware testen.

Broncode nader bekijken

Om een indruk te krijgen hoe we ons eigen USB-apparaat kunnen aansturen vanuit een applicatie, laten we hier enkele stukken broncode zien. Het gezegde 'een beeld zegt meer dan duizend woorden' geldt ook voor broncode! In **listing 1** zien we hoe de applicatie naar een bepaald USB-apparaat zoekt. Indien dit is gevonden, wordt een

Listing 1

```
Globale variabele:
usb_dev_handle *usbIODevice; /* The usb device handle */

Functie:

int searchUSBDevice(int vendorID, int productID)
{
    struct usb_bus *busses;
    struct usb_bus *bus;
    struct usb_device *dev;

    if (usbIODevice != NULL)
    {
        usb_close(usbIODevice);
    }

    usbIODevice=NULL;

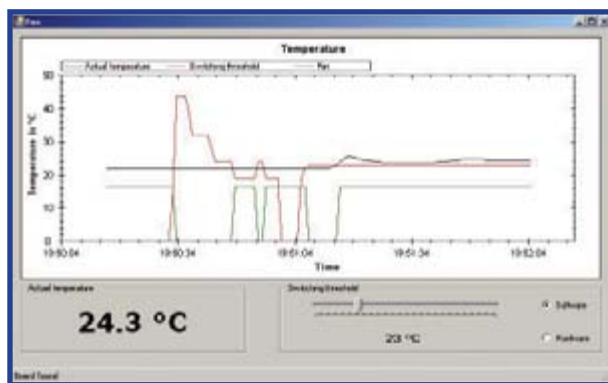
    /* Find the device for the given vendorID and
    productID*/
    usb_init();
    usb_find_busses();
    usb_find_devices();
    busses = usb_get_busses();

    for (bus=busses; bus; bus=bus->next) {
        for (dev=bus->devices; dev; dev=dev->next) {
            if (dev->descriptor.idVendor == vendorID &&
                dev->descriptor.idProduct == productID) {
                usbIODevice=usb_open(dev);
                if(usb_set_configuration(usbIODevice, 1)) return 0;
                if(usb_claim_interface(usbIODevice, 0)) return 0;
                return 1;
            }
        }
    }
    return 0;
}
```

verbinding met het apparaat tot stand gebracht.

In een for-next-lus worden alle beschikbare USB-bussen van de computer afgevraagd. Per bus wordt van elk aangesloten USB-apparaat het VendorID en ProductID opgevraagd. Komen zowel VendorID als ProductID overeen met de opgegeven waarden, dan wordt geprobeerd dit apparaat te 'openen'. De 'handle' naar dit apparaat wordt opgeslagen in de globale variabele 'usb_dev_handle'. Als laatste stap wordt het apparaat conform de USB-standaard geconfigureerd en claimen we het alleenrecht om dit apparaat te gebruiken.

Indien er geen onverwachte fouten optreden, geeft de functie de waarde '1' ten teken dat alles juist is verlopen. Mocht er wat mis gaan, dan zal deze functie de waarde '0' teruggeven.



Aansturen

Het aansturen van de hardware is ook zeer eenvoudig. In **listing 2** is te zien hoe we de status van de digitale ingangen kunnen lezen. Voorwaarde is wel dat eerst de functie 'searchUSBDevice' (uit listing 1) wordt aangeroepen, zodat de handle 'usb_dev_handle' geldig is. Met behulp van de functie 'sendUSBVendorCmdIn' sturen we het commando 'AVR_USB_READ_DIGITAL'. Dit commando is ook terug te vinden in de broncode van de firmware. Hierbij geven we ook aan van welke poort we willen lezen (het tweede argument). Het resultaat wordt in array 'iodata' geplaatst. Hierna kan de applicatie deze waarden gebruiken om te bepalen wat de status is van de desbetreffende digitale ingang.

Experimenteren

De beste manier om u deze methode eigen te maken, is er zelf mee aan de slag te gaan. De voorbeelden avr-

usb1 t/m avr-usb4 (te downloaden van [2]) kunnen allemaal met behulp van GCC [3] gecompileerd worden (GCC staat voor GNU Compiler Collection, een gratis ANSI-C compiler met ondersteuning voor K&R C, C++, Objective C, Java, and Fortran). De overige voorbeelden zijn in C# geschreven.

Met de vele voorbeelden zal het u ook wel lukken om in andere ontwikkelomgevingen onder Windows zelf applicaties te schrijven voor het AVR-USB-board.

Tot slot

Voor ideeën of ondersteuning als u niet verder komt, kunt u eens gaan kijken op het forum dat over de open-source driver te vinden is [4]. Hier wordt veelal door enthousiaste programmeurs zeer nuttige informatie verspreid en u kunt er ook met vragen terecht. U kunt natuurlijk ook via ons eigen forum op de Elektuur-website uw bevindingen delen en communiceren met andere lezers. Het loont overigens ook de moeite de fora van onze Franse, Duitse en Engelse websites eens na te lopen. Hier zult u ongetwijfeld mede-elektronici vinden die een waardevolle bijdrage aan dit project kunnen leveren en geïnteresseerd zijn in uw bevindingen.

(060226)

Weblinks

- [1] <http://libusb-win32.sourceforge.net/>
- [2] www.elektuur.nl
- [3] gcc.gnu.org
- [4] http://sourceforge.net/forum/?group_id=78138

Listing 2

```
int digiportTest(void)
{
    int i;
    int result;
    unsigned char iodata[8];

    printf("digiport: AVR-USB get value from digital input Port:\n\r");

    for (i=0; i<=1000; i++)
    {
        if((result = sendUSBVendorCmdIn( AVR_USB_READ_DIGITAL, AVR_USB_DIGITAL_P1, 0, iodata, 8)) < 0)
            printf("Error sendUSBVendorCmd %d", result);
        printf("digital in status P1 is %s\n\r", (iodata[0]) ? "close" : "open");
        if((result = sendUSBVendorCmdIn( AVR_USB_READ_DIGITAL, AVR_USB_DIGITAL_P2, 0, iodata, 8)) < 0)
            printf("Error sendUSBVendorCmd %d", result);
        printf("digital in status P2 is %s\n\r", (iodata[0]) ? "close" : "open");
        if((result = sendUSBVendorCmdIn( AVR_USB_READ_DIGITAL, AVR_USB_DIGITAL_P3, 0, iodata, 8)) < 0)
            printf("Error sendUSBVendorCmd %d", result);
        printf("digital in status P3 is %s\n\r", (iodata[0]) ? "close" : "open");
        if((result = sendUSBVendorCmdIn( AVR_USB_READ_DIGITAL, AVR_USB_DIGITAL_P4, 0, iodata, 8)) < 0)
            printf("Error sendUSBVendorCmd %d", result);
        printf("digital in status P4 is %s\n\r", (iodata[0]) ? "close" : "open");
        Sleep(500);
    }
    return 0;
}
```

Draadlo

iDwaRF – Wirele

Dr. Erik Lins & Christian Meinhardt

iDwaRF bestaat uit een WirelessUSB-transceiver van Cypress in combinatie met een Atmel-AVR. Zo ontstaat een 2,4-GHz draadloze module met netwerkmogelijkheden. De voordelen zijn het gebruik van gratis software voor de implementatie van het protocol en ruimte voor het ontwikkelen van eigen toepassingen.

Naast de bekende toepassing van draadloze techniek, zoals WLAN en Bluetooth, ontstaan er door de moderne VLSI-bouwstenen steeds meer draadloze toepassingen, zoals sensor-

netwerken en voetbal spelende robots die via draadloze communicatie buitenspelsituaties kunnen herkennen. De iDwaRF laat zien dat dit soort toepassingen ook zonder ingewikkeld protocol of licentiekosten zijn te realiseren.

Alternatief voor ZigBee

Voor draadloze sensornetwerken wordt vaak gebruik gemaakt van ZigBee. ZigBee [1] gebruikt een tamelijk ingewikkeld protocol, dat alleen door leden van de ZigBee-alliantie gebruikt mag worden. Een eenvoudiger alternatief biedt Cypress [2] met haar WirelessUSB-technologie [3]. Dit wordt geïmplementeerd met relatief goedkope bouwstenen en het protocol stelt minder hoge eisen aan de hardware en geheugencapaciteit en daardoor ook aan de controller. Het WirelessUSB-protocol ondersteunt ook multipoint-to-point (N:1) configuraties en is daarmee heel geschikt voor het opzetten van een sensornetwerk. In tegenstelling tot ZigBee is dit protocol vrij te gebruiken

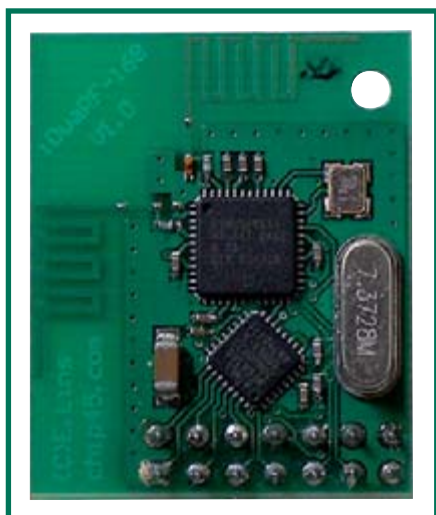
door iedereen die over de juiste Cypress-chips beschikt.

iDwaRF

Bij de iDwaRF-168-module (**figuur 1**) hoort de iDwaRF-Net-software die het WirelessUSB-protocol van Cypress vertaalt voor de ATmega168-AVR-microcontroller [4]. De iDwaRF-168-module is vrij programmeerbaar en kan daardoor als hub en als sensormodule in het N:1-netwerk functioneren. Er kunnen ook gemakkelijk specifieke gebruikerstoepassingen worden toegevoegd.

WirelessUSB werkt in de 2,4GHZ ISM-band. Voor ieder WirelessUSB-netwerk zijn er 79 kanalen beschikbaar. Ook als er veel WirelessUSB-apparatuur tegelijk gebruikt wordt, zal het protocol een vrij kanaal weten te vinden.

De overdracht vindt plaats via DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). Dit is een systeem dat een grote fouttolerantie kent, zodat ook bij een foutper-



Figuur 1. De iDwaRF-module met 2,4-GHz WirelessUSB-transceiver Atmega168-controller.

ze dwerg

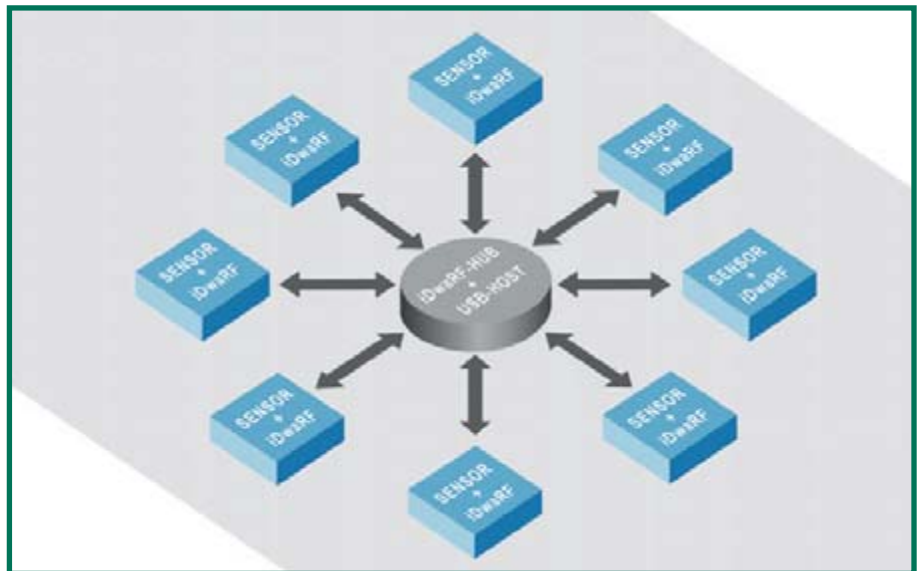
essUSB-module met netwerkfunctie

centage van 10% data nog ongeschonden overkomt. Als blijvende stoorsignalen aanwezig zijn, kiest het protocol automatisch een ander kanaal.

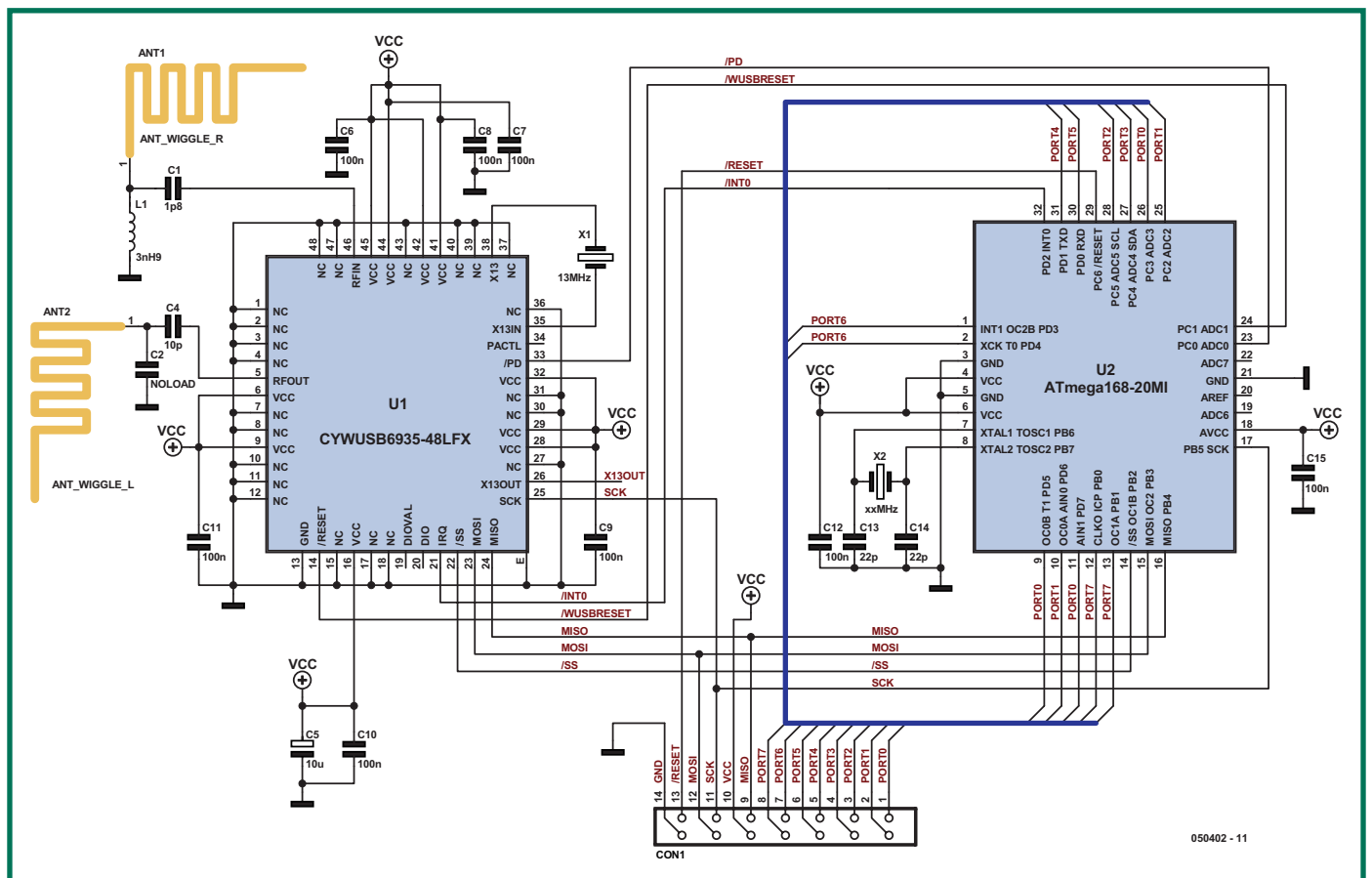
Net als bij Bluetooth kent WirelessUSB een protocolversie voor kleine afstanden (tot 10 meter) en grote afstanden (tot 50 meter). Deze laatste versie wordt door de iDwaRF-I68-module gebruikt.

Hub en sensoren

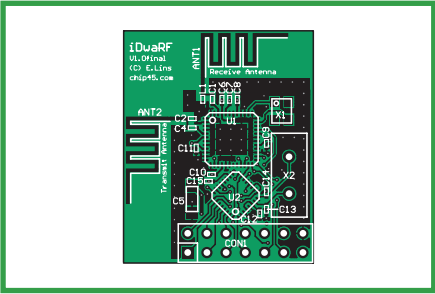
Een als hub geprogrammeerde iDwaRF-module vormt het hart van het draadloze N:1-netwerk, waarin een groot aantal sensoren kan worden opgenomen (**figuur 2**). De hub zal over het algemeen in continubedrijf werken en kan via een seriële verbinding met andere microcontrollers of (met optio-



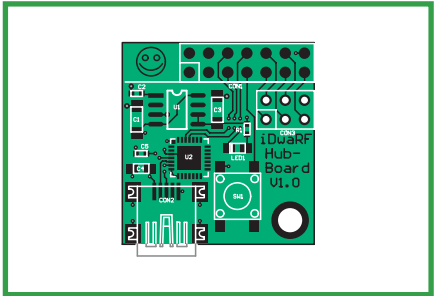
Figuur 2. Het stervormige netwerk bestaat uit een hub en meerdere sensoren.



Figuur 3. Schema van de iDwaRF-module.



Figuur 4. Op de print van de iDwaRF-module zijn de antennes meegeëst.



Figuur 6. De iDwaRF-module wordt op het hub-board gestoken.

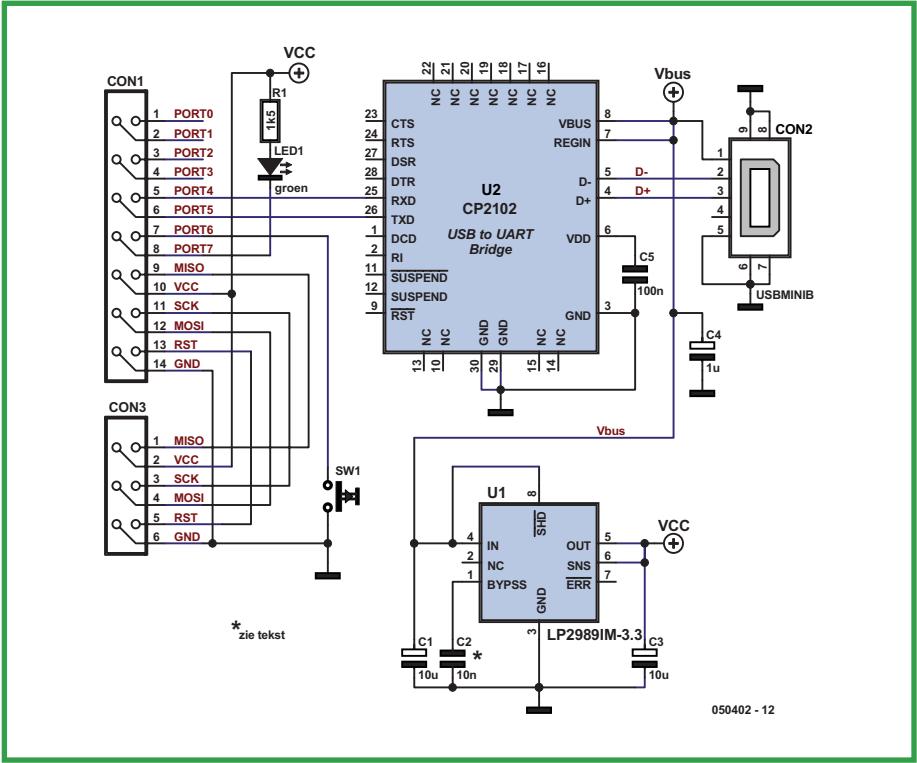
nele MAX232) met een pc verbonden worden. Voor eenvoudige toepassingen kan de iDwaRF-module ook zelfstandig als host werken.

Een sensormodule bestaat uit een geprogrammeerde iDwaRF-module met een aangesloten sensor. Om stroom te besparen, kan gebruik gemaakt worden van de interne RC-oscillator van de AVR. Bovendien wordt de module alleen op bepaalde momenten (Beacon-time) geactiveerd.

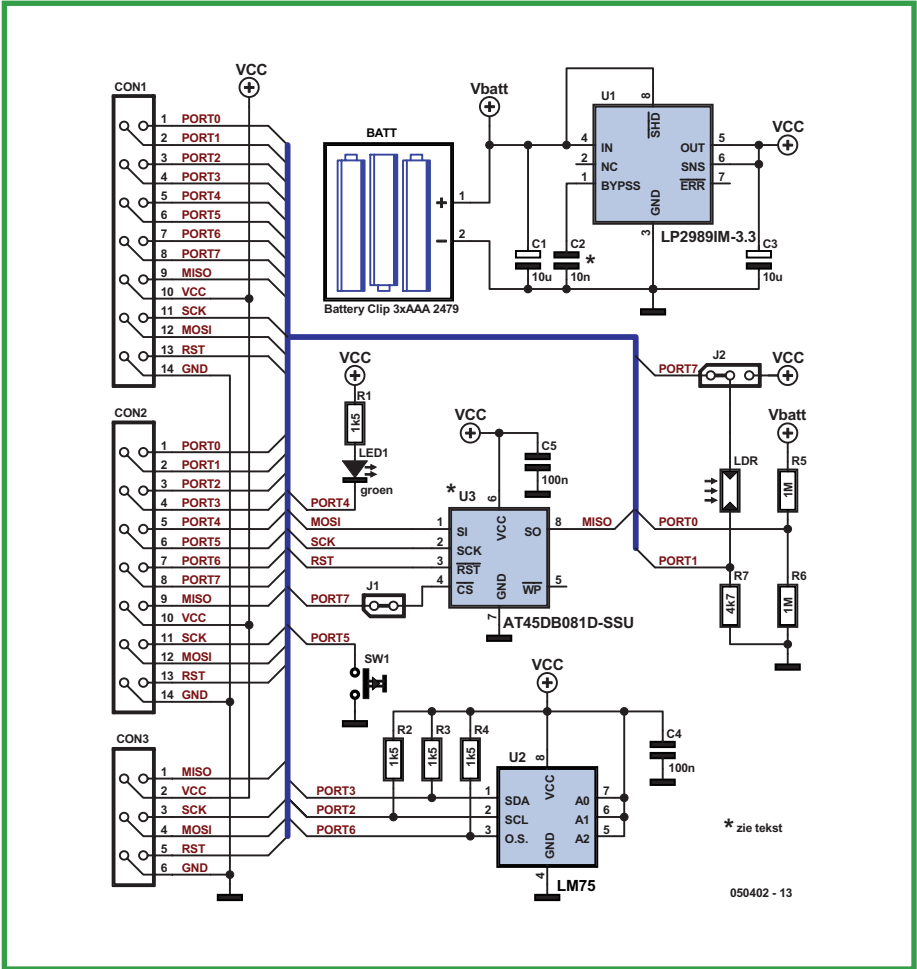
De overdracht wordt altijd door de sensor geïnitieerd en door de hub bevestigd. Eventueel kan de hub ook extra gegevens naar de sensor sturen via het retourkanaal (back-channel).

Moduleprint

In **figuur 3** is het schema te zien van de iDwaRF-I68-module met de Cypress-transceiver CYWUSB6935-LR. De transceiver is via de SPI-poort en de chipselect-lijnen (MISO, MOSL, SCK en /SS) met de Atmega168-controller gekoppeld. Een interruptsignaal (/INT0) van de draadloze chip geeft aan dat er data ontvangen is. De Atmega168 kan via een IO-pen de RF-chip in de slaapstand zetten (/PD, PowerDown) en resetten (/WUSBRESET). Het enige dat nodig is om de draadloze chip te laten



Figuur 5. Schema van het hub-board.



Figuur 7. Schema van het node-board met temperatuursensor en LDR.

Tabel 1. Aansluitingen op connector CON1

iDwaRF-168 CON1 (PORT-Pin)	1e functie (ATmega168-Pin-Nr.)	2e functie (ATmega168-Pin-Nr.)	3e functie (ATmega168-Pin-Nr.)
PORT0	OC0B / T1 / PD5 (9)	AIN1 / PD7 (11)	ADC3 / PC3 (26)
PORT1	OC0A / AIN0 / PD6 (10)	ADC2 / PC2 (25)	-
PORT2	SCL / ADC5 / PC5 (28)	-	-
PORT3	SDA / ADC4 / PC4 (27)	-	-
PORT4	TXD / PD1 (31)	-	-
PORT5	RXD / PD0 (30)	-	-
PORT6	INT1 / OC2B / PD3 (1)	XCK / T0 / PD4 (2)	-
PORT7	CLKO / ICP / PB0 (12)	OC1A / PB1 (13)	-

werken, zijn een 13-MHz kristal (X1) en enkele buffercondensatoren (C6-C11). De zend- en ontvangstantenne zijn gescheiden en in de vorm van 'Wiggle'-antennes in de printlay-out (**figuur 4**) opgenomen. Gescheiden antennes zorgen voor een wat groter bereik en maken de aanpassing (door middel van L1, C1 en C4) eenvoudiger. De lay-out van de antennes is gebaseerd op een voorbeeld van Cypress.

De microcontroller beschikt over een kristal in de HC49-behuizing, waardoor gemakkelijk te kiezen is voor een andere frequentie. Van huis uit werkt de Atmega168 met zijn interne RC-oscillator.

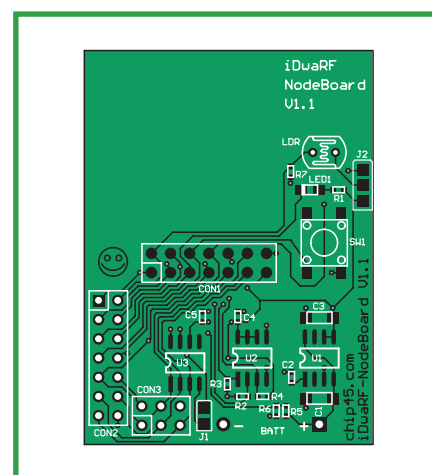
Op de 14-polige connector (CON1) zijn verschillende signalen beschikbaar: de ISP-lijnen (In System Programming) van de ATmega168 (MOSI, MISO, SCK en /RST), de voedingsspanning en acht vrije I/O-lijnen. Sommige pennen van de connector zijn met meerdere pennen van de Atmega168 verbonden om zoveel mogelijk periferie aan te kunnen sluiten. Alleen moeten twee pennen die met dezelfde connectorpen verbonden zijn niet **tegelijk** als uitgangspennen geconfigureerd worden, anders kan de controller beschadigd worden. In **tabel 1** zijn de details over de beschikbare aansluitingen weergegeven.

Toepassingsprint

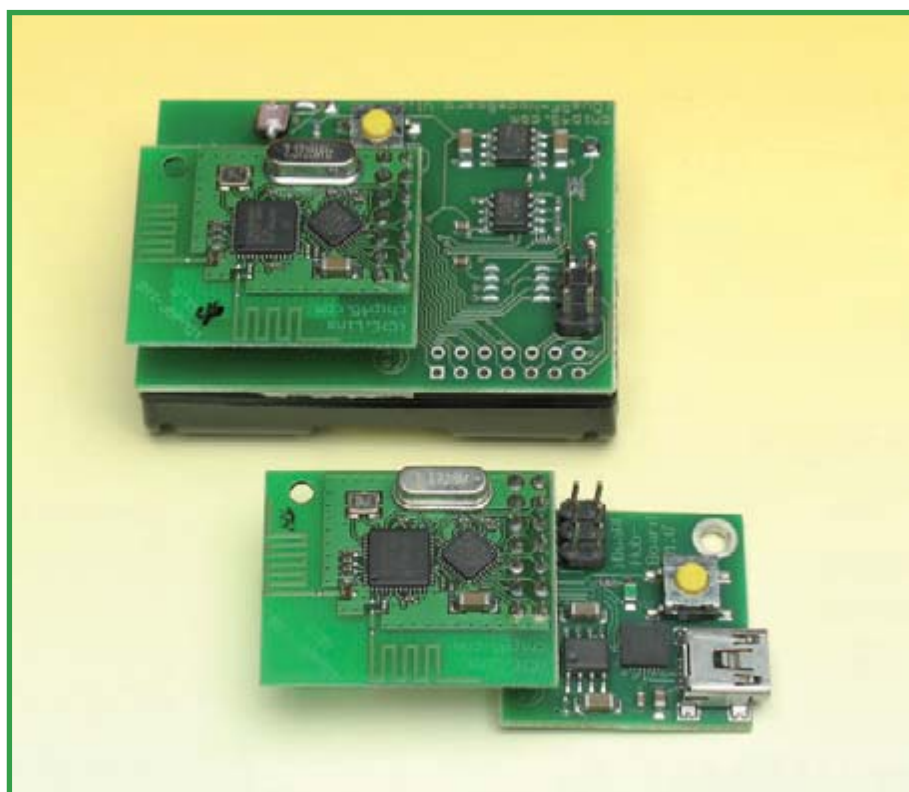
In het eenvoudigste geval volstaat het om één iDwaRF-module te programmeren als hub en één of meer als sensor. Dan moeten wel de juiste verbindingen met de sensoren en de poort naar

de buitenwereld zelf geconfigureerd worden. Om de inzetbaarheid gemakkelijker te maken, zijn er drie toepassingsprinten ontworpen, waar de iDwaRF-module opgestoken kan worden: een hub-board, een node-board en een prototype-board.

Het hub-board bevat een USB-interface (CP2102), een 3,3V-spanningsregelaar, een druktoets en een LED (**figuur 5**). Het node-board is ontworpen voor het gebruik van sensoren. Het schema (**figuur 6**) bevat een LDR als lichtsensor, een LM75 als temperatuursensor, een (optioneel) serieel flashgeheugen (AT45DB801D), een druktoets en een LED. De voeding wordt verzorgd door drie AAA-batterijen en een 3,3V-LDO-



Figuur 8. Het node-board vormt samen met de iDwaRF-module een sensoreenheid.



Figuur 9. Node-board en hub-board (op de voorgrond) met opgestoken iDwaRF-module.

Tabel 2. Voorbeeldprogramma's

empty	Leeg basisprogramma als basis voor eigen ontwikkelingen.
chat	Maakt een draadloze seriële verbinding, waarmee tussen twee host-pc's gechat kan worden.
tutorial	Voorbeeldprogramma dat de LED's van de hub en meerdere sensoren via radiosignalen aan- en uitschakelt bij een druk op de knop. De implementatie van dit voorbeeld wordt in een apart tekstkader toegelicht.
terminal	De eigenlijke sensornetwerk-applicatie. Ondersteunt de componenten op het node-board en de iDwaRF-sensorbox. Op de host-pc worden in een terminalvenster de datapakketten (b.v. batterijspanning, instelling van een potmeter, druktoetsen, temperatuur) van meerdere sensoren als leesbare ASCII-tekst weergegeven. Vanuit het terminalprogramma kunnen ook gegevens naar de sensor-modules gestuurd worden.
quad_adc	Dit programma leest vier ADC-kanalen in en stuurt de gelezen gegevens regelmatig naar de hub.

en een voedingsspanningsingang (met diode tegen verkeerde polariteit) aanwezig. Deze print (**figuur 11**) heeft het formaat van een halve Eurokaart en kan ook gebruikt worden in plaats van een node-board. De onderdelenlijsten en de printlay-outs van deze kaarten zijn te vinden op de Elektuur-website.

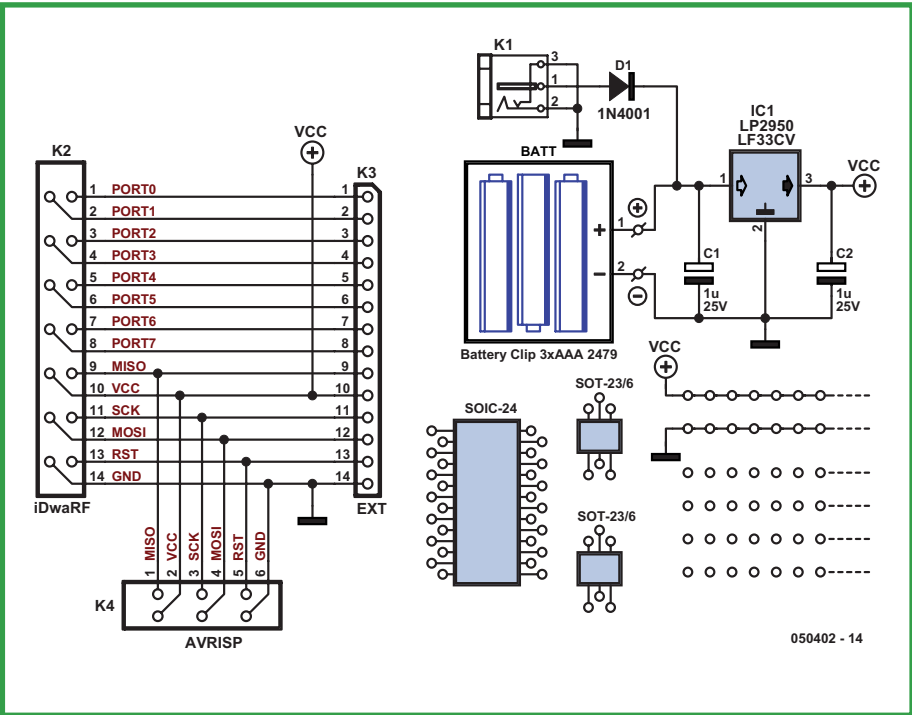
De software

Het iDwaRF-net-softwarepakket [6] bestaat uit firmwarebibliotheken met bijbehorende header-files voor de hub- en sensormodules (in de directory 'iDwaRF') en verschillende hulpfuncties voor onder meer de seriële communicatie (directory 'USART'). Verder zijn er vier verschillende voorbeeldprogramma's, waar meteen mee gewerkt kan worden of die als uitgangspunt kunnen worden gebruikt. Deze voorbeeldprogramma's zijn vermeld in **tabel 2**.

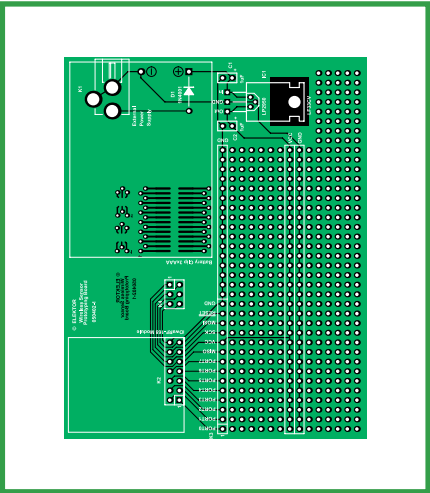
Elk voorbeeldprogramma bestaat uit broncode voor de hub (userMain_hub.c) en voor de sensormodule (userMain_sensor.c). De firmware stelt functies beschikbaar om zogenaamde callback-routines te registreren. Deze callback-functies worden tijdens het gebruik regelmatig aangeroepen door de firmware. Ze kunnen door de programmeur naar wens worden ingevuld. De belangrijkste callback-functies worden in het gelijknamige tekstkader besproken.

Vorbereiding...

Voor het opbouwen van de schakeling is maar weinig tijd nodig. De SMD-printen (iDwaRF-module, node-board en hub-board) zijn kant-en-klaar verkrijgbaar (zie onze servicepagina's). Het prototype-board wordt als bouw pakket geleverd. Los bestelde iDwaRF-modules worden ongeprogrammeerd en zonder connector en kristal geleverd om



Figuur 10. Schema van het prototypeboard voor eigen ontwikkelingen met de iDwaRF-module.



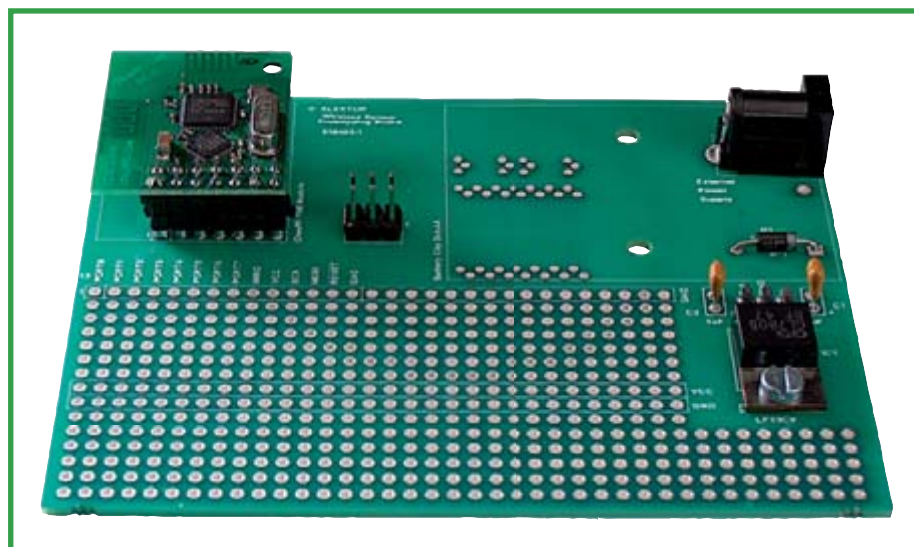
Figuur 11. Prototypeboard met gaatjesraster en twee SMD-footprints op de onderkant.

spanningsregelaar. Deze beide printen (**figuur 7** en **figuur 8**) zijn grotendeels voorzien van met SMD-componenten. In **figuur 9** zijn ze te zien met een opgestoken iDwaRF-module.

Het prototype-board is voorzien van een ruim stuk gaatjesprint en twee plaatsen voor SMD-componenten aan de onderzijde. Hiermee kunnen eenvoudig eigen toepassingen opgebouwd worden. De enige actieve component in het schema (**figuur 10**) is de 3,3V-spanningsregelaar. Afhankelijk van het stroomverbruik van de schakeling kan een type in TO-92 of TO-220-behuizing gebruikt worden. Naast de spanningsregelaar en de connector voor de iDwaRF-module is er op de print nog een ISP-connector, een batterijhouder

de gebruiker alle vrijheid te geven voor het ontwerpen van zijn eigen toepassing. De firmware voor het programmeren als hub- of sensormodule is gratis [6]. De hub heeft een kristal nodig voor het genereren van de juiste baudrate (standaard wordt een 7,3728-MHz kristal meegeleverd). De fusebits van de ATmega168 moeten als volgt geprogrammeerd worden: extended byte 0xF9, high byte 0xDF, low byte 0xFC (screenshot van Atmel-AVR-Studio met de juiste instellingen te downloaden op www.elektuur.nl). Het verdient aanbeveling om deze waarden en het kristal ook te gebruiken bij de sensormodules, omdat de firmware voor de synchronisatie initieel van deze waarden uit gaat. Als de frequentie later veranderd wordt om energie te sparen (met een ander kristal of met de RC-oscillator), dan moet de #define van de frequentie in de firmware aangepast worden en moet de firmware opnieuw gecompileerd en ingeprogrammeerd worden.

Op het node-board en het hub-board moet de ISP-connector nog gesoldeerd worden en op het node-board moet de batterijhouder nog aangebracht worden. Daarna worden de iDwaRF-modules erop gestoken en de batterijen in de houder op het node-board geplaatst. Voor de USB-verbinding met



Figuur 12. Prototypeboard met opgestoken iDwaRF-zend- en ontvangstmodule.

het hub-board moet de juiste virtuele COM-poort-driver voor de CP2102 [6] geladen en geïnstalleerd worden. Er is van de driver een Windows- en een MacOS-versie beschikbaar. Bij moderne Linux-kernels is ondersteuning voor de CP2102 standaard aanwezig. De iDwaRF-modules zijn dus niet alleen geschikt voor Windows. Het laden van de gecompileerde HEX-bestanden [6] voor de hub en de senso-

ren gebeurt via de zespolige AVR-ISP-aansluiting. Daarbij moet er op gelet worden dat de voedingsspanning voor de iDwaRF-module op het node-board en op het hub-board niet groter is dan 3,3 V. De programmer moet dus voor die spanning geschikt zijn. Eenvoudige STK200-compatibele programmeeradaptors voor de printerpoort van de pc die hun voeding betrekken uit het te programmeren apparaat, zijn niet altijd geschikt voor

Tabel 3. Commando's van het voorbeeldprogramma 'terminal'

Commando	Omschrijving
rst	Herstarten van de hub-software. De verbinding met alle aangemelde sensoren gaat daarbij verloren en ze moeten zich opnieuw aanmelden.
gps	Weergave van een interne Cypress-firmware State Variable.
bon	De automatische aanmeldingsmodus van de hub wordt geactiveerd. PN-Code 0 en kanaal 0 worden regelmatig afgezocht naar nieuwe sensoren. Deze modus is de standaardinstelling.
bof	De automatische aanmeldingsmodus van de hub wordt gedeactiveerd. Nieuwe sensoren kunnen nu geen verbinding meer met de hub maken.
enu	Geeft een lijst van alle aangemelde sensoren. De lijst geeft de toegekende ID en het unieke serienummer van alle sensoren.
cln	De lijst van aangemelde sensoren wordt opgeschoond. Sensoren die meerdere keren zijn aangemeld worden uit de tabel verwijderd en alleen de geldige aanmeldingen blijven over.
cnf	Configureren van netwerkparameters. Er zijn verschillende PN-codes en kanaalgroepen. Met dit commando kan de hub worden omgeschakeld naar een andere PN-code en kanaal. Het instellen van het kanaal is alleen voor testdoeleinden, want tijdens normaal bedrijf kan automatisch van kanaal veranderd worden. De PN-code blijft behouden. Formaat: cnf <pncode> <channel> (0 < pnValue < 9; 0 < chValue < 80) Het cnf-commando verwijdert alle aangemelde sensoren uit de lijst.
snd	Stuurt de Beacontime en eventuele extra parameters naar één of meer sensoren. De gegevens worden gebufferd door de hub en naar de sensor gestuurd als het eerstvolgende datapakket ontvangen is. Formaat: snd <sensorid> <beacontime> <data0> <data1> <data2> <data3> ... Een Beacontime van -1 betekent dat deze tijd onveranderd blijft.
del	Verwijdert een sensor uit de lijst van de hub. Formaat: del <sensorid>
hex	Schakelt de weergave van meetdata om van leesbare ASCII naar hexadecimale waarden.

De belangrijkste callback-functies

Van de hub

- cbSensorPacketReceived();** wordt aangeroepen als een pakket van een sensor ontvangen is. De gelezen sensordata is nu beschikbaar voor verwerking. Langer durende bewerkingen op de sensordata moeten in het hoofdprogramma plaatsvinden. Deze functie kan de data daartoe klaarzetten in een buffer.
- cbSerialDataReceived();** Wordt aangeroepen als een byte van de seriële poort ontvangen is. Vaak wordt dat byte door de callback-routine alleen maar in een buffer opgeslagen en een vlag gezet die aangeeft dat er data beschikbaar is. Verdere verwerking kan dan in het hoofdprogramma gebeuren.
- cbProcessRxData();** Verwerkt de door cbSerialDataReceived() ontvangen bytes verder, bijvoorbeeld voor de implementatie van complexe communicatieprotocollen met de host-pc. In het 'terminal'-voorbeeld worden hier de vanaf de host ingevoerde commando's afgehandeld.

Van de sensor

- cbConfigForSleep();** Wordt aangeroepen vlak voordat de sensor in de PowerSave-mode gaat. Hier kunnen bijvoorbeeld eigen sensoren uitgeschakeld worden om het stroomverbruik in gepauzeerde toestand te verminderen.
- cbExitFromSleep();** Wordt aangeroepen als de sensor uit de PowerSave-mode komt. Hier kunnen bijvoorbeeld de eigen sensoren weer ingeschakeld worden.
- cbTxProcess();** Stelt de datapakketten samen die naar de host gestuurd worden. Hier kunnen bijvoorbeeld sensorwaarden ingelezen en in de globale zendbuffer klaargezet worden. Ze worden dan automatisch in het eerstvolgende pakket naar de hub gestuurd.
- cbBackchannelProcess();** Wordt aangeroepen als er gegevens van de hub ontvangen zijn via het back-channel. Deze kunnen bijvoorbeeld gebruikt worden om een stuursignaal van een sensor te veranderen of door middel van PWM een analoge spanning op te wekken. Het 'terminal'-voorbeeld schakelt de LED in als er gegevens ontvangen worden.

deze voedingsspanning en werken dan niet betrouwbaar. Een moderne USB-programmeeradapter (STK500-compatibel), zoals de CrispAVR-USB heeft daar geen probleem mee.

...en ingebruikname

Het voorbeeldprogramma 'terminal' is het meest geschikt om alle belangrijke functies van het draadloze sensornetwerk te demonstreren. De als sensor geprogrammeerde iDwaRF-modules

maken automatisch verbinding met de hub waarna ze hun meetgegevens versturen. In de configuratie met een node-board en een hub-board (inclusief pc-verbinding) wordt het afdekken van de LDR, het indrukken van een toets of het veranderen van de omgevings-temperatuur meteen zichtbaar op de pc. We zullen de gang van zaken stap voor stap beschrijven:

Hub-board
De virtuele COM-poort-driver maakt na

het aansluiten van de USB-kabel een virtuele COM-poort aan. Het nummer van deze poort is te achterhalen via het apparaatbeheer van Windows. Daarna kan een terminalprogramma deze poort openen en met de hub communiceren in tekst (ASCII). Als er geen sensoren zijn, zal de hub geen melding geven. Door het reset-commando 'rst' te geven kan de hub gereset worden. Dan verschijnt opnieuw de opstartmelding van de firmware. Het is het beste om het terminalprogramma in te stellen op een

Dataformaat

S5:	ID 0	ldr 212	temp 22.5°C	batt 2.9V	button OFF	(5 6 7 8 9 10)	:	11
a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)		h)

Legenda:

- a) Pakkettype: S0 (BIND_REQUEST), S1 (BIND_RESPONSE), S2 (PING, alleen hub), S3 (ACK), S4 (DATA, alleen hub), S5 (DATA, alleen sensor)
- b) Sensor ID
- c) ADC-waarden van de lichtsensor
- d) Temperatuur
- e) Batterijspanning
- f) Toestand van de druktoets (ON/OFF)
- g) Zes vrij te gebruiken databytes als decimaal getal weergegeven
- h) Aantal databytes

De gegevens in c) t/m g) zijn de eigenlijke databytes (payload) van het datapakket. De pakketgrootte is standaard ingesteld op 17 bytes, waarvan 6 bits protocol-overhead zijn en 11 bytes beschikbaar zijn als payload.

regeleinde CR+LF en de lokale echo in te schakelen, omdat de hub geen echo geeft van de ingevoerde tekens.

Sensor

Als een sensor wordt ingeschakeld, worden de meetgegevens regel voor regel weergegeven in het terminalvenster. Het eerste pakket is een zogenaamde 'Bind Request', waarmee de sensor zichzelf aanmeldt bij de hub. De hub zal daarop reageren door de sensor een ID toe te kennen en een intervaltijd (Beacontime) te geven. De Beacontime is standaard ingesteld op vijf seconden. Elke vijf seconden verwacht de hub een nieuw datapakket van de sensor. Het formaat van de datapakketten wordt besproken in het tekstkader 'Dataformaat'. Op het node-board is de activiteit van de sensormodule zichtbaar door het kortstondig oplichten van de LED. Tussen de metingen gaat de sensormodule in de slaapstand.

Indien men het node-board op een warmere plek legt, kan de nieuwe temperatuur worden herkend in de datapakketten. Hetzelfde geldt voor de gevoeligheid licht die op de LDR valt. Een druk op de knop van het node-board verstuurt de data direct. Zo kan onafhankelijk van de Beacontime direct op externe veranderingen gereageerd worden.

Commandoregels

Via het terminalvenster kunnen commando's ingevoerd worden. Het commando 'enu' (Enumerate) geeft een lijst van de met de hub verbonden sensoren met hun ID-nummer en een uniek serienummer.

De eerste sensor verschijnt in de lijst met ID '0'. Om data naar deze sensor te versturen, kan het commando 'snd' gebruikt worden. In het eenvoudigste geval heeft het commando `snd twee parameters: 'snd 0 40'` stuurt het getal 40 naar de sensor met ID 0. Het eerste ontvangen databyte interpreteert de sensor als nieuwe Beacontime. Deze tijd wordt weergegeven als veelvoud van 125 ms. Het getal 40 heeft dus tot gevolg dat de Beacontime wordt ingesteld op 5 seconden, wat ook de standaardwaarde is. Op dezelfde manier zet `'snd 0 8'` de Beacontime op 1 seconde. Dat is te zien doordat nu in het terminalvenster elke seconde een nieuwe dataregel verschijnt. Het commando `'snd 0 40 1'` zet het tijdsinterval terug op 5 seconden en stuurt nog een extra databyte met de waarde 1 mee.

Daardoor wordt de LED van de sensormodule ingeschakeld. In dit voorbeeldprogramma controleert de sensormodule alleen of er een tweede parameter aanwezig is (dan gaat de LED aan) of niet (dan gaat de LED uit). De waarde van de verstuurde extra databyte maakt daarbij niet uit. Alle commando's die de hub in het 'terminal'-voorbeeld kan uitvoeren, zijn weergegeven in **tabel 3**.

Als een tweede sensor wordt ingeschakeld, verschijnt in het venster van het terminalprogramma een tweede 'Bind Request' en vervolgens zullen ook de datapakketten van de tweede sensor worden weergegeven. Het commando 'enu' laat wederom een lijst van alle aangemelde sensoren zien. Deze zal nu dus twee sensoren bevatten, met de ID's '0' en '1'. We kunnen nu bij wijze van test de Beacontime van de tweede sensor veranderen: `'snd 1 8'` stelt de Beacontime in op 1 seconde, zodat nu van sensor 1 vijf maal zo veel datapakketten binnenkomen als van sensor 0. Als in plaats van een getal een 'x' wordt ingevuld, stelt het commando de Beacontime van alle sensormodules tegelijk in. Met `'snd x 40'` stellen we de Beacontime van beide sensoren weer in op 5 seconden.

Als de datapakketten op de host-pc verder verwerkt moeten worden, dan kan met het commando 'hex' het dataformaat veranderd worden van de leesbare vorm naar hexadecimaal formaat. Dat maakt de data gemakkelijker te verwerken voor een programma, bijvoorbeeld met de functie `scanf()`.

Verder...

De meegeleverde programma's kunnen als basis dienen voor zelf te ontwikkelen toepassingen van de iDwaRF-modules, die nog veel meer mogelijkheden bieden. Vaak zijn maar weinig externe componenten nodig om nieuwe toepassingen te realiseren, bijvoorbeeld meting met een A/D-omzetter, motoren aansturen met PWM, inlezen van schakelaars of het besturen van een LCD.

De iDwaRF-net-software kan in theorie 255 sensoren beheren, maar in de praktijk is dit aantal nu beperkt tot 32.

Om toch met grotere netwerken te kunnen werken, zijn plannen in de maak voor een iDwaRF-xhub. Die zal werken met een Atmega128 met meer flashgeheugen, een externe SRAM

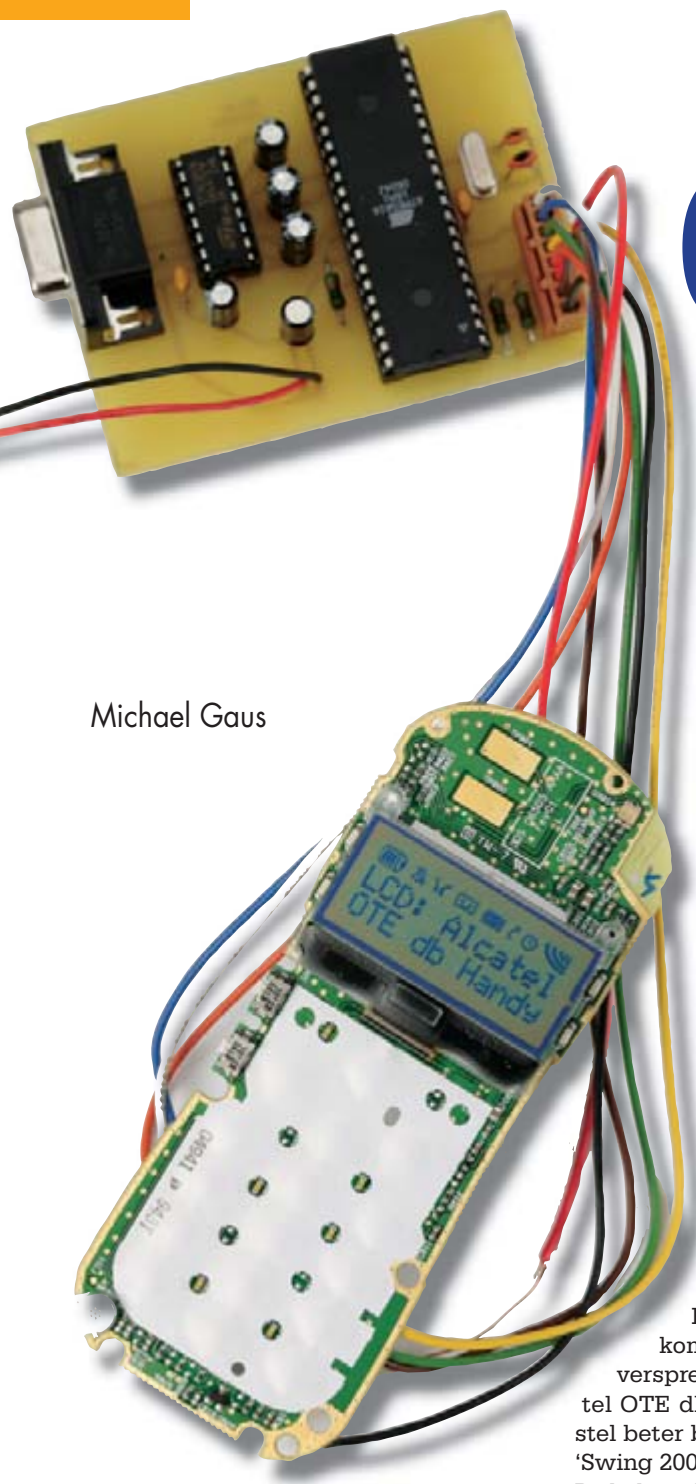
en een losse antenne voor een groter ontvangstbereik.

De auteur heeft voor gebruikers van de iDwaRF-zend- en ontvangstmodule [7] en de iDwaRF-Net-firmware een forum ingericht [8], dat naast het Elektuur-forum speciaal voor dit project kan worden gebruikt. Zodra er nieuwe voorbeeldprogramma's beschikbaar komen, worden deze natuurlijk ook ter download aangeboden op de genoemde download-sites [6].

(050402)

Literatuur en links

- [1] www.zigbee.org
- [2] www.cypress.com
- [3] Thomas Biel: 'Wireless USB', ELEKTUUR september 2004
- [4] www.atmel.com/avr
- [5] Stefan Tauschek: 'Wireless Connectivity', ELEKTUUR februari 2005
- [6] www.elektuur.nl of www.chip45.com/iDwaRF-168_Downloads
- [7] www.chip45.com/iDwaRF-168
- [8] www.chip45.com/iDwaRF-Net



Michael Gaus

Gsm-display aan de PC

Hergebruik van Swing-200-LCD

Het toepassen van gsm-onderdelen in elektronica-projecten strandt gewoonlijk doordat datasheets ontbreken. In dit geval is het de auteur toch gelukt om de functies van een Alcatel-gsm-display alleen door analyse van de print en het dataprotocol vast te stellen. Hierdoor kan het display met behulp van een ATmega16 worden aangestuurd.

Het hier gerecyclede display komt uit een wat oudere, veel verspreide gsm van het type 'Alcatel OTE db'. In Nederland is dit toestel beter bekend onder de benaming 'Swing 200' (van KPN).

De belangrijkste displaygegevens staan in het gelijknamige tekstkader. De seriële aansturing loopt via het SPI-protocol, zodat er maar een paar communicatielijnen nodig zijn en het display eenvoudig via een microcontroller te besturen is. De aansluitgegevens en het protocol werden door middel van klassieke 'reverse engineering' bij een (nog werkende) gsm opgespoord door de signaallijnen met de oscilloscoop te bekijken. Dit grondige researchewerk maakt het mogelijk de aansturing van het display en de karakterset vast te stellen. De eigenlijke conversie gebeurt in de firmware van het hier voorgestelde ATmega16-board, dat als LCD-interface de verbinding met de seriële interface van een pc tot stand brengt. Dit maakt de besturing vanuit een pc via een terminalprogramma mo-

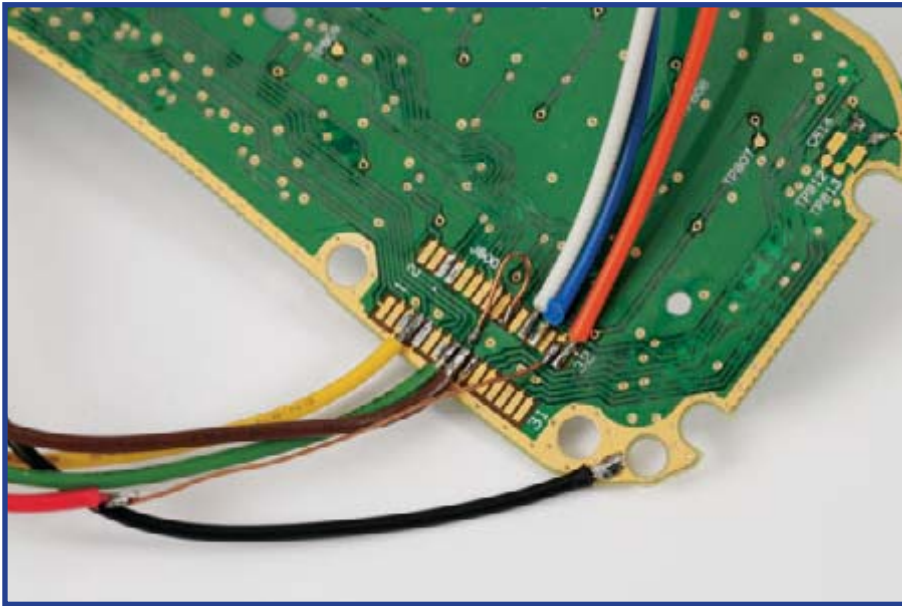
gelijk. Door middel van het freeware-programma LCDHype kan men het display ook met het mp3-programma Winamp koppelen, om muziektitel-info's weer te geven. Met een plugin voor LCDHype kan men zelfs de stand van Ebay-veilingen op het ex-gsm-display volgen. U vindt beslist nog meer toepassingsideeën, die u dan het best op het Elektuurforum kunt plaatsen.

Gsm-ware

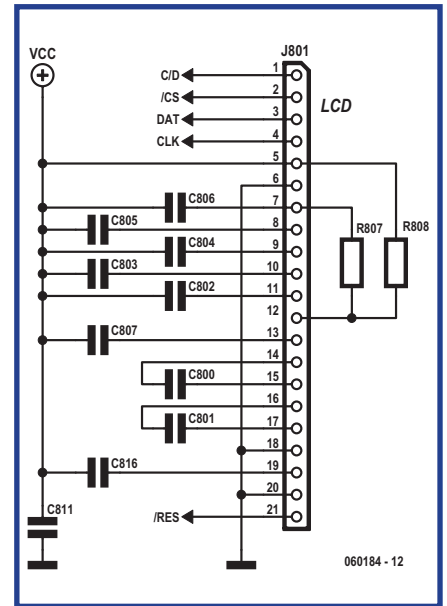
In de gsm is het LCD inclusief toetsenbord en LED-achtergrondverlichting op een eigen print gemonteerd (zie foto). Het is het eenvoudigste als men het LCD niet uitsoldeert, maar de hele bedieningsprint gebruikt. De besturingssignalen kunnen zo heel simpel op de soldeereilandjes van J800 gesoldeerd worden (figuur 1). Misschien kunt u voor de in een matrix geschakelde toetsen ook nog een toepassing vinden. Men kan het LCD ook zonder te beschadigen van de bedieningsprint afhalen door de foliebe-

Display-gegevens

Weergave:	alfanumeriek + 8 symbolen
Regels:	2 + symboolregel
Tekens per regel:	12
Symbolen:	8
Interface:	SPI
Voedingsspanning:	circa 3 V (in de gsm: 2,9 V)



Figuur 1. Aansluiting signaaldraden op de Alcatel-print.



Figuur 2. Bedrading van het LCD op de originele print.

Tabel 1. LCD-aansluitgegevens op LCD-connector J801 en op printconnector J800:

Pen (J801)	Pen (J800)	Naam	Omschrijving
1	7	C/D	Keuze commando/databyte; 0 = commando, 1 = data
2	15	/CS	chip-select, actief laag
3	26	DAT	SPI-data, MSB eerst
4	24	CLK	SPI-klok, max. 1,8 MHz; opgaande flank actief
5	17	VCC	voedingsspanning 2,9 V
6, 18, 20	5, 9, 18, 19, 22	GND	massa
21	32	/RES	reset, actief laag, min. 100 μ s
-	20	LED_V+	voedingsspanning voor LED-achtergrondverlichting, ca. 3 V
-	30	LED_CTRL	besturingsingang voor LED-achtergrondverlichting, seriële weerstand 10 k noodzakelijk!

Zie figuur 2 voor de bedrading van de overige LCD-pennen.

Tabel 2. Eenmalige initialisering na een reset:

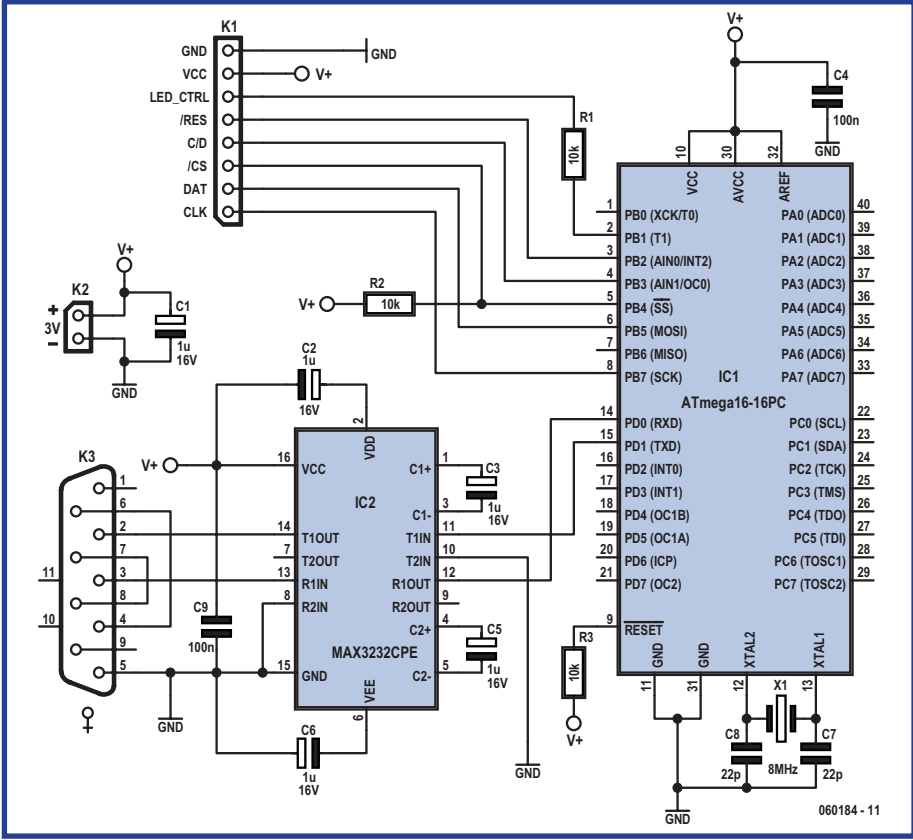
Opdracht (hex)	Data (hex)	Opmerking
A8	E5	
61		
31		
42		
80	00 ... (32-maal)	
B0	24 ... (12-maal)	regel 1 met dummy-tekens vullen
C0	24 ... (12-maal)	regel 2 met dummy-tekens vullen
D0	24 ... (12-maal)	
E0	00 ... (12-maal)	symboolregel wissen
A8	1F	
30		
41		
50		
80	07 08 1E 08 1C 08 07	
31		
42		
57		
A8	12	

Tip: tijdens het verzenden van commando's en data moet signaal /CS laag gehouden worden!

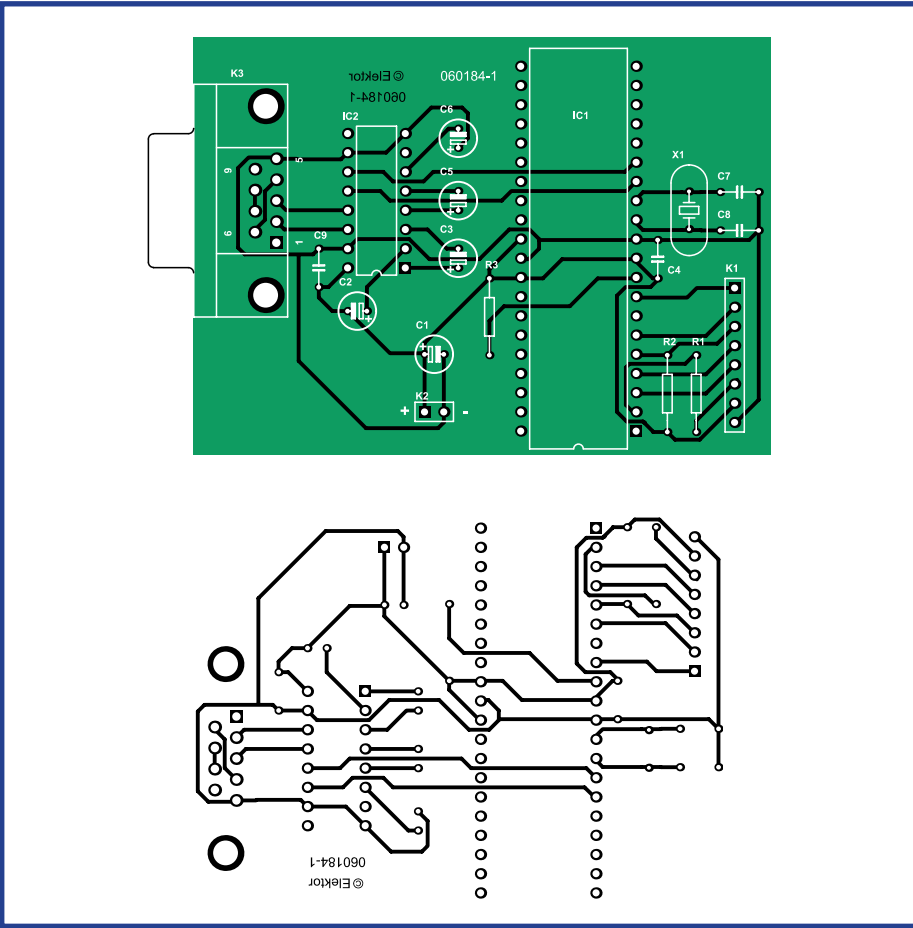
drading van het display los te solderen. Voor het aansturen van dit 'naakte' display heeft men echter nog enkele componenten nodig, zoals condensatoren voor de ladingspompen voor de opwekking van de verschillende LCD-spanningen, zie LCD-bedrading in **figuur 2**. De noodzakelijke onderdelen kunnen uit de bedieningsprint gesoldeerd worden. De volledige penbezetting is te zien in **tabel 1** in combinatie met **figuur 2**.

Aansturing

De hele aansturing is in de firmware van de ATmega16 geïmplementeerd. Wie de controller daarmee programmeert (download van www.elektuur.nl, nr. 060184-11) en het interface-board (schema **figuur 3**, print **figuur 4**) zoals hierboven beschreven voor de aansluiting op de PC gebruikt, hoeft zich eigenlijk niet te bekommeren om



Figuur 3. Schema van de LCD-interface-print met ATmega16.



Figuur 4. Layout en componentenopstelling van de print.

de gedetailleerde displaybesturing. Omdat het echter voor eigen toepassingen wel interessant is, volgt hier een kort overzicht.

Voor de **initialisering** heeft het LCD na het inschakelen een hardware-reset (signaal /RES) nodig. Aansluitend kan de volgende signaalvolgorde worden gebruikt:

- 250 ms wachten
- /RES als uitgang activeren en hoog maken
- 1 ms wachten - /RES laag maken
- 1 ms wachten
- /RES hoog maken

Na de reset is een eenmalige initialisering met de in **tabel 2** opgegeven commando's en data noodzakelijk. Tijdens het versturen van commando's en data moet signaal /CS laag gehouden worden.

Bij de **tekstuitvoer** geschiedt het weer-
geven van alfanumerieke tekens per re-
gel door een commandobyte dat de re-
gel bepaalt, gevolgd door 12 databytes
met de overeenkomende hexcodes van
de gewenste karakters.

Regel 1: commandobyte 0xB0, gevolgd door 12 databytes van de gewenste karakters

Regel 2: commandobyte 0xC0, gevolgd door 12 databytes van de gewenste karakters

De karakterset-tabellen zijn als pdf-bestand gratis te downloaden via www.elektuur.nl.

Onderdelen- lijst

Weerstand:

$$R1 \dots R3 = 10 \text{ k}$$

Condensatoren:

C1...C3,C5,C6 = 1 μ /16 V radiaal
C4,C9 = 100 n
C7,C8 = 22 p

Halbleiters:

IC1 = ATmega16-16PC (geprogrammeerd, EPS 060184-41)
IC2 = MAX3232CPE

Diversen:

K1 = 8-polige header
K2 = 2-polige header
K3 = 9-polige female sub-D-connector,
haaks, voor printmontage
X1 = 8-MHz-kristal
Print 060184-1 leverbaar via
ThePCBshop

Standaard ASCII-teken voor cijfers, letters, enzovoort zijn in de karakterset van de LCD-controller met vier posities verschoven. Voorbeeld: de letter 'A' (ASCII-code 0x41) heeft de code 0x45.

Het weergeven van **symbolen** gebeurt door de output van een eigen regel met 12 karakters, waarbij de symbolen over in totaal 8 karakters (1, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 12) verdeeld zijn. De overblijvende karakters zijn onzichtbaar. Binnen een karakter worden de symbolen het zetten van de overeenkomende bits geactiveerd.

Symboolregel: commandobyte 0xE0, gevolgd door 12 databytes met de gewenste symbolen. De hexcodes van de symbolen zijn eveneens in het pdf-bestand van de download aanwezig.

Firmware en pc-software

Als er niets op de ATmega16 is aangesloten, activeert de firmware (gemaakt met de Visual-C-compiler) alle symboolregels en toont de tekst "LCD: Alcatel OTE db gsm" (zie **figuur 5**). Zodra de print met een seriële PC-poort is verbonden (1:1 kabel, 9600 Bd, geen pariteitsbit, 1 stopbit), kunnen met een terminalprogramma teksten naar het display gezonden worden. Met Hyperterminal van Windows is het zenden van binaire waarden (bijvoorbeeld voor het schakelen van de achtergrondverlichting) heel omslachtig. Geschikter is bijvoorbeeld het freewareprogramma Hterm [1].

De firmware ondersteunt cursorcommando's, commando's voor het schakelen van de LED-verlichting en voor de output van tekst. Het cursor-commando is:

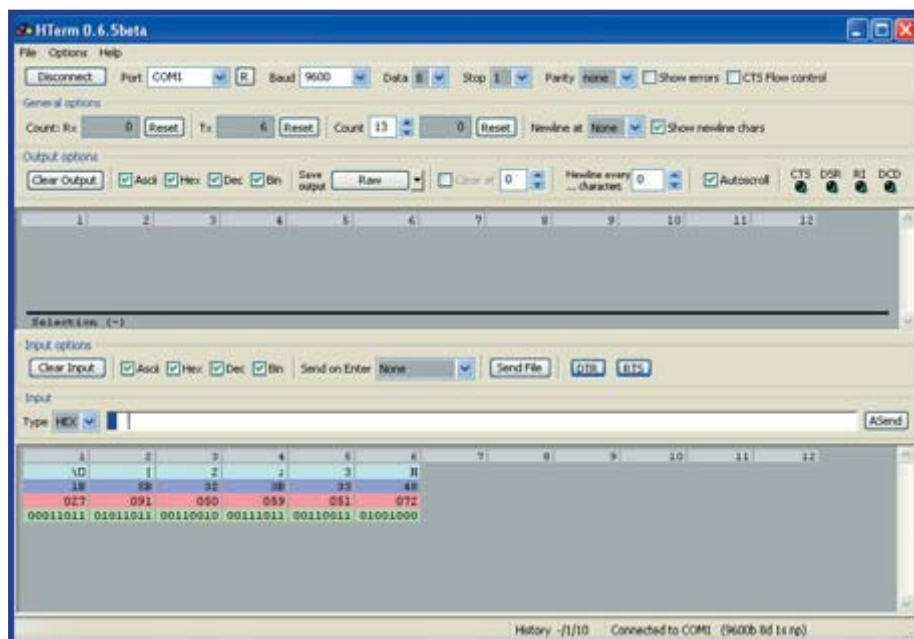
<Esc> [<row> ; <col> H

<row> is de regel in ASCII-waarde (0 = symboolregel, 1 = tekstregel 1, 2 = tekstregel 2)

<col> is de tussenruimte in ASCII-waarde (1...12)



Figuur 5. Displayweergave na het inschakelen van de interface-print.



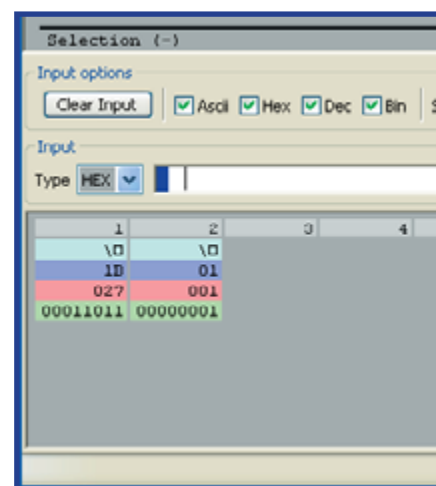
Figuur 6. Hterm-programmavenster met het commando voor de cursorpositionering.

Als voorbeeld is in **figuur 6** een Hterm-beeldscherm te zien. Men ziet in het onderste programmavenster welke code naar het display moet worden gezonden om de cursor in regel 2 op positie 3 te zetten. <Esc> is de eerste code (hex 1B, decimaal 27), gevolgd door de ASCII-codes voor '[' (hex 5B), '2' (hex 32 voor de tweede regel), ',' (hex 3B), "3" (hex 33 voor de 3e plaats) en ten slotte de letter "H" (hex 48).

De achtergrondverlichting wordt met <esc> 1 ingeschakeld en met <esc> 0 uitgeschakeld, waarbij 1 en 0 binaire waarden zijn (géén ASCII!). **Figuur 7** toont een Hterm-screenshot voor het inschakelen (alle andere instellingen zijn zoals weergegeven in **figuur 6**).

Met het in het begin al vermelde freeware-programma LCDHype [2] kunnen via een scripttaal willekeurige teksten op een LCD (dat is aangesloten op de PC) afgebeeld worden. Dat kunnen bijvoorbeeld ook informatie van de mp3-speler-software Winamp zijn, zoals titels, musici, spectrum-analyser, enzovoort. In principe kan men ieder LCD gebruiken – als men een geschikte driver maakt. Voor het Alcatel-display werd een dergelijke driver ontwikkeld, die ook wordt meegeleverd in de gratis download bij dit artikel. Als men de handleiding in het bestand readme.txt opvolgt, krijgt men de de titel te zien met de weergave van het spectrum in de onderste regel (zie **figuur 8**). Op de website van LCDHype vindt men nog meer suggesties, zoals het al vermelde 'Ebay-display'.

(060184)



Figuur 7. Hterm-gedeelte met het commando voor het inschakelen van de achtergrondverlichting.

Weblinks:

[1] www.der-hammer.info/terminal/index.htm

[2] www.lcdhype.de

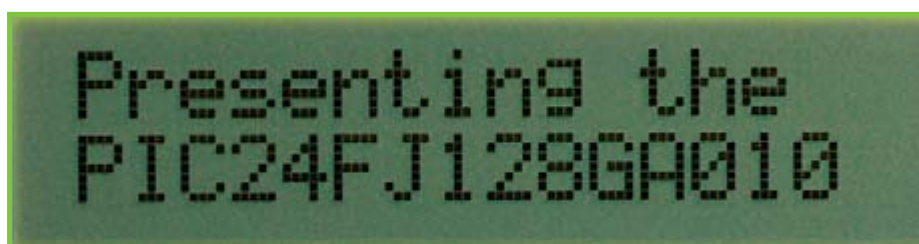


Figuur 8. Afbeelding van vertolker en spectrumanalyser uit Winamp op de Alcatel-LCD.

Explorer-16

Deel 3: Sprekende thermometer, CF-kaart-simulatie en cryptopuzzel

Jan Buiting & Luc Lemmens, in samenwerking met Microchip Technology en Labcenter Electronics



Deze maand een geavanceerdere simulatie (maar nog steeds helemaal gratis) met een VSM model van apparatuur voor geheugenkaartjes die worden

aangesloten op ons PIC24F-systeem (helemaal virtueel natuurlijk). Aan het eind kunt u nog een CF-kaart crypto puzzel oplossen en kans maken op enkele mooie prijzen die door Microchip en Labcenter ter beschikking gesteld worden. Maar laten we ons nu eerst nog maar eens bezig houden met de sprekende thermometer.

De sprekende thermometer van de vorige maand is niet zomaar een simulatie. Deze bestaat uit drie onderdelen: (1) Proteus VSM van Labcenter, (2) MPLAB van Microchip Technology (beide van de Explorer-16 CD-ROM) en (3) het bestand *Demo2.zip*. Alle onderdelen staan op de CD-ROM die gratis bijgesloten is in de Elektuur-uitgave van januari 2007.

Als u dat nog niet hebt gedaan, moet u zeker de 'Demo1' simulatie van januari 2007 van het Explorer-16 board zelf draaien. Druk en klik naar harte-lust op alle knoppen in de virtuele omgeving van Proteus VSM en kijk hoe het systeem reageert met zijn verschillende indicatoren.

'Demo2' van de uitgave van februari 2007 is nog leuker om te zien... en te horen, bij een echte toepassing. Vooral als u temperatuurvariaties simuleert en er in slaagt om uw eigen spraakbestanden te maken.

Het doel van deze simulaties is te leren hoe je heel eenvoudige maar ook inge-

wikkelde PIC24F-software kunt maken en debuggen tot op het hoogste niveau in combinatie met hardware zoals sensors en spraakuitvoer. De interactie tussen de hardware en de software kan uitgebreid getest worden zonder dat de benodigde onderdelen op de werktafel liggen en zelfs voordat ze daadwerkelijk aangeschaft worden.

Nog een reden voor deze werkwijze: door eerst te simuleren doet de pc het

worden uitgevoerd. Het enige wat daarvoor nodig is, is te weten hoe de PIC24F PIM op het Explorer-16 demoboard van ons **Explorer-16 pakket** geprogrammeerd moet worden.

Sprekende thermometer

We geven hier wat informatie om u vertrouwd te maken met de hardware in het Explorer-16 pakket. Omdat er uitgebreide productbeschrijvingen, user manuals en software-installatiegidsen te vinden zijn op de CD-ROM's in het pakket (neem de tijd alles te lezen, dat is echt de moeite

waard), kunnen we ons concentreren op onze specifieke behoeftes. We helpen u snel op weg, waarbij we er natuurlijk van uitgaan dat u redelijk vlot met een pc kunt omgaan.

1. Prik het Audio PICtail board in de PICtail-busconnector op de Explorer-16 print. Vergewis u er van dat de PIC24F PIM op het demoboard zit.

de simulaties laten zien hoe eenvoudige maar ook ingewikkelde PIC24F-software ontwikkeld en gedebugged kan worden.

grootste deel van het ontwerpwerk voor u en dat scheelt tijd en geld vergeleken met het werken met echte hardware-componenten.

Mocht u onder de indruk raken van de kracht van de simulaties en de mate van integratie tussen de producten van Labcenter en Microchip, bedenkt dan dat het ontwerp van de sprekende thermometer echt in hardware kan

2. Steek de PICkit2 module op de 6-voudige printhead op het Explorer-16 board, **zorg er voor dat de LEDs aan de kant van het Audio PICtail Plus board zitten** (zie de opmerking bij het Explorer-16 pakket).

3. Zet de spanning aan van het Explorer-16 board (9...15 V_{DC} bij ongeveer 300 mA).

4. Installeer de software van de PICkit 2 van het Explorer-16 pakket. Controleer dat versie 2.0 of hoger beschikbaar is, want oudere versies bieden geen ondersteuning voor de PIC24F-familie. Indien nodig kunnen updates van de Explorer-16 projectpagina van de Elektuur-website gedownload worden.

5. Prik de USB-kabel van PICkit 2 in een vrij USB-slot op de pc. Installeer het apparaat door de gebruikelijke Windows-vragen te beantwoorden. Van nu af aan wordt de PICkit 2 automatisch herkend.

6. Start de PICkit 2 software (er is automatisch een link op het bureaublad geplaatst). Dan zal het programma melden: 'PICkit2 found', en - belangrijk - 'PIC Device found' (in dit geval, de PIC24FJ128GA010 op het demo board).

7. Klik nu op File → Import hex → Demo2.hex. Het kan nodig zijn even te zoeken waar u het .hex-bestand heeft geplaatst (zie deel 2). Als dit bestand eenmaal gevonden en geselecteerd is, zal het PICkit 2 programma melden: 'Hex file successfully imported', waarna de gebruikelijke knoppen voor een programmer zichtbaar worden zoals Write, Verify, Read, Erase. Het is niet nodig om een van de 'VDD Target' vierkantjes aan te vinken.

8. Klik nu op Write en het hex bestand wordt naar de PIC24F gestuurd op het demo-board (**figuur 1**). De rode LED in de PICkit 2 module zal gaan knipperen ten teken dat het systeem bezig is. Wacht tot het klaar is.

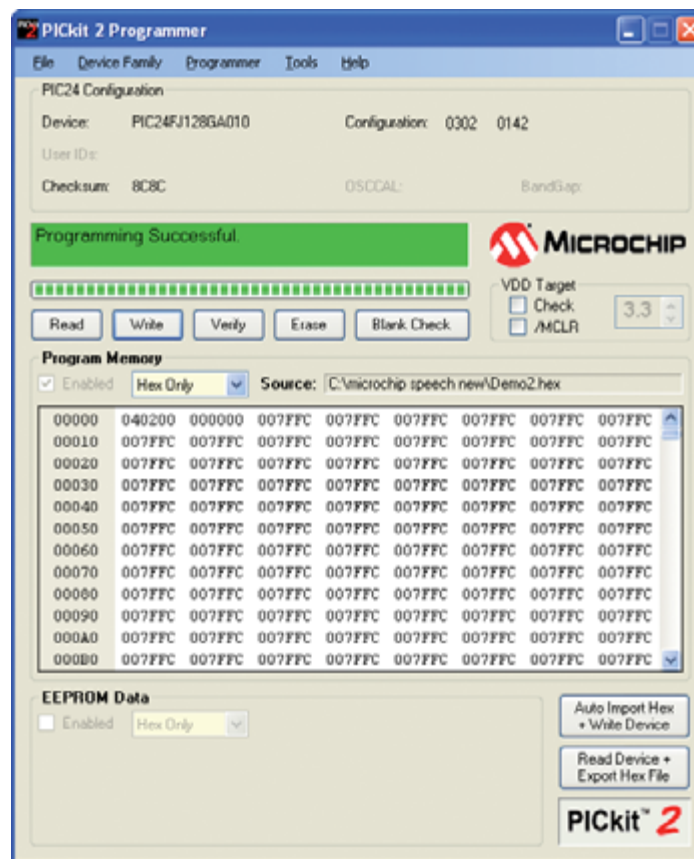
9. Schakel de spanning van het demo-board uit, wacht een paar seconden en schakel de spanning weer in. De sprekende thermometer gaat lopen en de 'degrees Celsius' boodschap zal uit de mini-luidspreker van het Audio-PICtail-board komen. In sommige gevallen moet de reset-knop worden ingedrukt om de applicatie te starten.

10. De huidige temperatuur kan worden afgevraagd door op S4 te drukken op het demo board.

Sluit een luidsprekerset met geïntegreerde versterker aan op het Audio PICtail board.

Kernpunten van het Explorer-16 project

- Economische en educatieve opstap naar 16-bits microcontroller-technologie en simulatie
- Explorer-16 pakket voor een superlage prijs
- Gratis Proteus VSM, MPLAB IDE en MPLAB C30 op CD-ROM
- Gratis simulatie-projectbestanden
- Explorer-16 demo-board ondersteunt PIC24F en dsPIC33
- PICkit 2 geschikt voor PIC baseline / midrange / 18F / 24F / dsPIC33 (updates verkrijgbaar)
- PIC24F en dsPIC33 PIM modules beschikbaar voor standalone toepassingen
- Geschreven en ondersteund door experts van Microchip Technology, Labcenter en Elektuur
- Crypto-wedstrijd
- Interactieve ondersteuning middels een project-pagina en forum op de website van Elektuur



Figuur 1. De PICkit 2 heeft met succes het hex-object-codebestand voor de sprekende thermometer geladen en staat klaar om het in de PIC24F te laden via de plug-on pod.



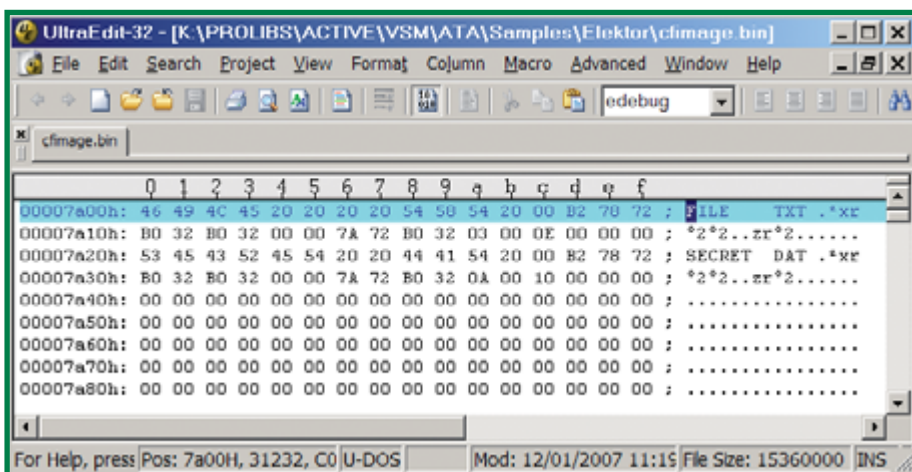
Figuur 2. De TC1047 temperatuur sensor op het Explorer-16 demo-board. Deze wordt volledig ondersteund door de systeem-software en is gemakkelijk vanuit C te benaderen.

```
PORTAbits.PA3 = 0; // Enable audio amplifier
if(PORTAbits.RD13) // If pushbutton has been released
{
    while(!AD1CONbits.DONE) // Perform A/D conversion on TC1047A
        Temperature = ((ADC1BUF0*10)/31)-50; // Calculate temperature

    // Convert temperature value into the speech files to play
    if(Temperature/100) // If hundreds non-zero
    {
        filename[0] = '1'; // filename = "100.dat"
        filename[1] = '0';
        filename[2] = '0';
        filename[3] = '.';
        filename[4] = 'd';
        filename[5] = 'a';
        filename[6] = 't';
        filename[7] = 0;
        hFile = MPFSOpen(filename); // Open file
        PlayClip(hFile); // Play audio clip
        Temperature -= 100; // Decrement by 100 leaves only tens/ones digits
        for(time=0;time<65536/time++;) // Delay
    }

    if(Temperature>19) // If remaining two digits are > 19
    {
        // ...
    }
}
```

Figuur 3. Een deel van de C-broncode die is geschreven voor de sprekende thermometer. Hier wordt de ADC uitgelezen en omgezet naar spraak.



Figuur 4. Directory-tabel op een (virtuele) CompactFlash-kaart. Adres 0x7A00 is alleen maar ter illustratie bij dit plaatje dat met UltraEdit is gemaakt.

TC1047

Maar waar is de temperatuursensor? Hoewel hij niet is aangegeven op de foto van het Explorer-16 board met de verklarende teksten van de vorige maand, zit hij vlakbij de PIM zoals in **figuur 2** te zien is. De kleine TC1047 laat zien hoe gemakkelijk het is om sensoren aan te sluiten op de PIC24F. Het datablad van de TC1047 is de moeite van het bestuderen waard voor uw eigen projecten en is daarom te vinden op de webpagina van het Explorer-16 project.

Houd uw vinger ongeveer vijf seconden op het SMD-tje met de drie pootjes en druk nogmaals op S4.

Educatief speeltje

De sprekende thermometer lijkt misschien wat simpel, maar er zitten heel wat uitdagingen in voor de echte C-programmeur. Een stukje code van het programma is in **figuur 3** te zien. Wat dacht u van het volgende:

1. Pas het programma aan om automatisch te gaan spreken als de temperatuur meer dan een halve graad verandert. Of laat een alarm afgaan als een bepaalde temperatuur wordt bereikt.
2. Maak je eigen spraakbestanden. Hoe dat kan is te zien in een tutorial die gratis beschikbaar is op het download gebied van de Explorer-16 projectpagina. Dan komt u er meteen achter dat hiervoor extra geheugen nodig is, waardoor de informatie in het stukje verderop over CF-kaartjes van pas kan komen.

Als u hiermee aan de slag gaat, dan maakt u uitgebreid gebruik van de C30 compiler, Proteus VSM en de MPLAB omgeving. Let wel, **alles kan gesimuleerd worden** waardoor het vertrouwen dat het straks allemaal meteen gaat werken terecht groeit. Er is heel wat om mee te experimenteren – laat ons weten hoe het u vergaat en meld uw ervaringen in ons online-forum.

Aan de slag met geheugenkaartjes

Laten we nu eens aan de slag gaan met geheugenkaartjes met de PIC24F en de Microchip Media Storage Library. De virtuele hardware voor dit deel van het artikel is ontworpen voor de demonstratieversie van Proteus VSM van de Explorer-16 CD die bij Elektuur januari 2007 zat.

Kraak de geheime code

CompactFlash crypto-uitdaging

De inhoud van het CF-kaartje (cfimage.bin) dat voor de Proteus VSM simulatie van deze maand werd gebruikt, komt feitelijk van een echt CF-kaartje van een geheim agent. Daar staat een bestand 'SECRET.DAT' op waarin contactgegevens staan die leiden naar een beperkte hoeveelheid gratis Microchip ICD2 debuggers en Proteus VSM software.

De eerste drie lezers van de Nederlandse, Duitse, Franse en Engelse editie van Elektuur (in totaal 12 prijzen) die er in slagen om de informatie uit het bestand te ontcijferen en de instructies daarin te volgen, kunnen een gratis ICD2 debugger en een versie van Proteus VSM voor de PIC24FJ128GA010 winnen.

Het bestand 'SECRET.DAT' is natuurlijk versleuteld, maar de geheim agent was nogal onvoorzichtig en liet nog een bestand op het CF-kaartje achter dat kan bijdragen aan een succesvol verloop van deze missie. Alle informatie die nodig is voor het onderzoeken van de kaartinhoud is in dit artikel te vinden en er is ook geen speciale kennis nodig van cryptografie.

Via het mededelingenveld op de Explorer-16 projectpagina zullen we misschien wat hints geven voor het kraken van de code en om de informatie te verkrijgen die naar de prijzenkast leidt. Veel succes!

Medewerkers van Microchip Technology, Labcenter Electronics, Segment B.V. en hun familieleden zijn uitgesloten van deze wedstrijd!

Het ontwerp bestaat uit een PIC24F, een gesimuleerde CompactFlash-kaart en een RS232-terminal. Dit komt grofweg neer op de situatie dat het PICtail Plus printje op het Explorer-16 board wordt geprikt en vervolgens wordt verbonden met een RS232-terminal of terminal-emulator aan UART2 – in werkelijkheid.

Er is ook een voorbeeldproject, DEMO3.MCW, dat gebruik maakt van de Microchip Media Storage Library. Deze bibliotheek heeft een eenvoudige file-I/O-API en implementeert een FAT16-opslagstructuur op het geheugenkaartje. De Media Storage Library kan zowel CompactFlash als SD/MMC-kaartjes aan, hoewel wij ons in dit artikel alleen met CompactFlash zullen bezig houden.

Bruikbare achtergrondinformatie over CompactFlash (CF) kaartjes en het

CF-kaartjes hebben vanaf nu geen geheimen meer, dankzij de Media Storage Library

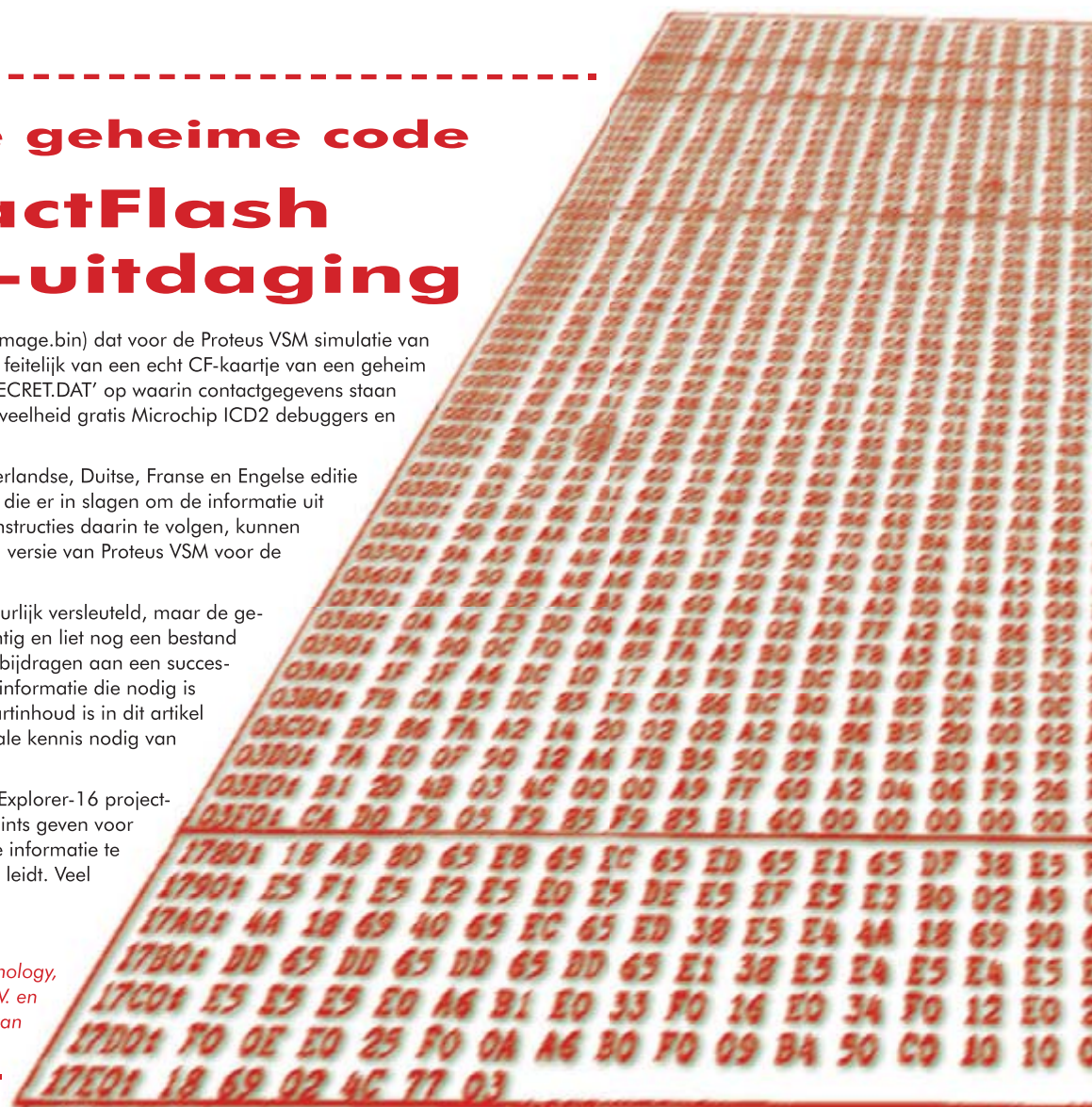
FAT16-formaat is te vinden in de referenties [1], [2] en [3]. Wat we moeten weten over deze media is:

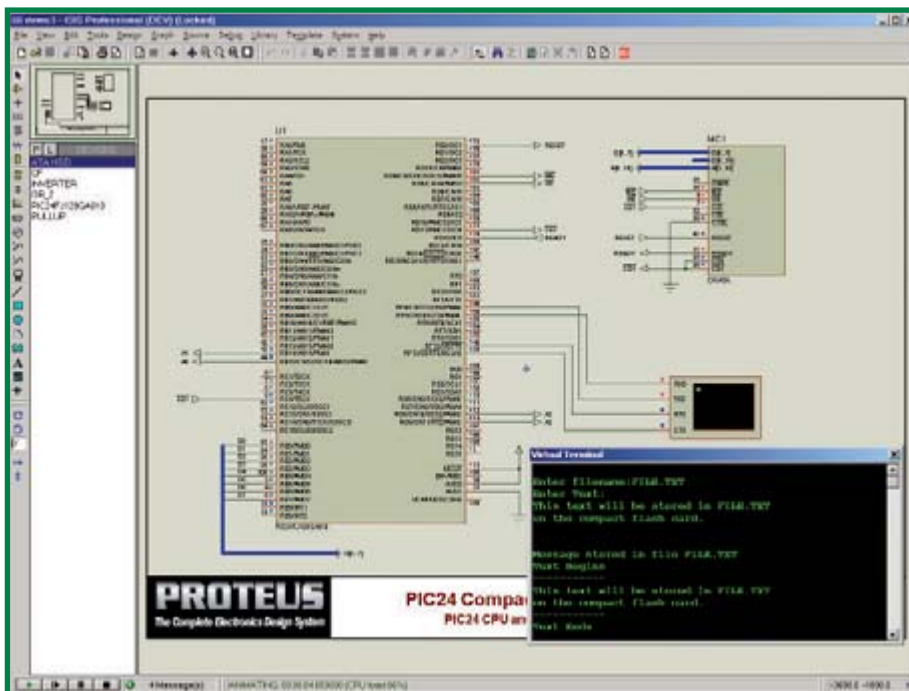
- het feit dat een CF-kaartje in ATA mode draait, terwijl een SD-kaartje in MMC-mode loopt;
- de opbouw van de sectoren van een ATA drive;
- de noodzaak van een bestandssysteem;
- enige kennis van FAT16, directory-tabellen e.d.;
- het bestand CFIMAGE.BIN is een binaire dump van de sectoren van de drive.

In **figuur 4** is een hexdump van de directory-tabel op 7A00h getoond. Deze geeft een heleboel informatie over de implementatie van het systeem. De precieze locatie van de directory-tabel is afhankelijk van de geheugengrootte van het CF-geheugenkaartje.

Het programmeren van de geheugenkaart in C

Vooropgesteld dat u redelijk overweg kunt met de programmeertaal C, kunt u in het bestand FileIO.c in Demo3.zip de code van alle functies die hierboven genoemd zijn terugvinden. Hieruit is te destilleren hoe de verschillende technische vereisten voor CF-kaartjes geïmplementeerd kunnen worden voor ons PIC24F-systeem. Wel moet worden opgemerkt dat de Media Storage Library





Figuur 5. De simulatie van het CF-kaartje toont de kracht en veelzijdigheid van de combinatie van VSM en MPLAB.

nog in ontwikkeling is bij Microchip en dat u de relevante disclaimers in acht moet nemen. Hoewel Labcenter en Microchip nauw samengewerkt hebben om dit aan Elektuur-lezers het eerste aan te bieden, moet u er wel rekening mee houden dat de firmware nog zeker niet uitontwikkeld is.

De simulatie van deze maand

Het archiefbestand dat nodig is om de gratis simulatie van deze maand uit

te voeren, kunt u weer vinden op de Explorer-16 project pagina. Zoek naar **Demo3.zip** in het gratis downloadgebied. Download het, sla het op en open het dan net als de vorige twee simulaties.

De code in het hoofdbestand DEMO3.C vraagt om een bestandsnaam, waarna u wat tekst kunt invoeren en deze vervolgens wordt opgeslagen. Bestandsnamen moeten in 8.3-formaat zijn, want het gaat hier om FAT16. De

tekstinvoermodus wordt met ctrl-Z afgesloten. Als het bestand eenmaal is afgesloten en naar het CF-kaartje is 'geschreven', zal het programma het bestand heropenen en op de terminal laten zien. Het programma maakt gebruik van buffers, zodat gegevens met 512 bytes per keer worden gelezen of geschreven. De lopende simulatie is in **figuur 5** te zien.

Volgende maand

We besluiten de serie met een meer-talige thermometer. Dat gaat mooi samen met het creëren van eigen spraakbestanden en opslag op CF-kaartjes – met verschillende kaartjes voor elke taal.

(060280-3)

Literatuur

- [1] Compact Flash Interface voor microcontrollers, Elektuur december 2002.
- [2] Data opslag op CompactFlash (CF) Cards, Elektuur maart 2004.
- [3] CompactFlash (CF) Interface, Elektuur juni 2003.

Projectnieuws, gratis downloads & updates zijn verkrijgbaar op de Explorer-16 project-pagina op

www.elektuur.nl/explorer-16

en het 'Explorer-16' onderwerp op de Elektuur-forum.

Explorer-16 pakket

Het **Explorer-16 pakket** bestaat uit vier onderdelen in een doos:

1. Explorer-16 demo-board
2. PIC Kit 2 starter kit
3. Audio PICtail plus dochterboard
4. MPLAB C30 kortingsbon van 20%

Het totale pakket kost bij Elektuur slechts € 179,00 (incl. BTW)

Er is ook nog een bijzondere aanbieding voor Elektuur lezers op

www.labcenter.co.uk/products/elektrooffer.htm



Kalkbestrijder



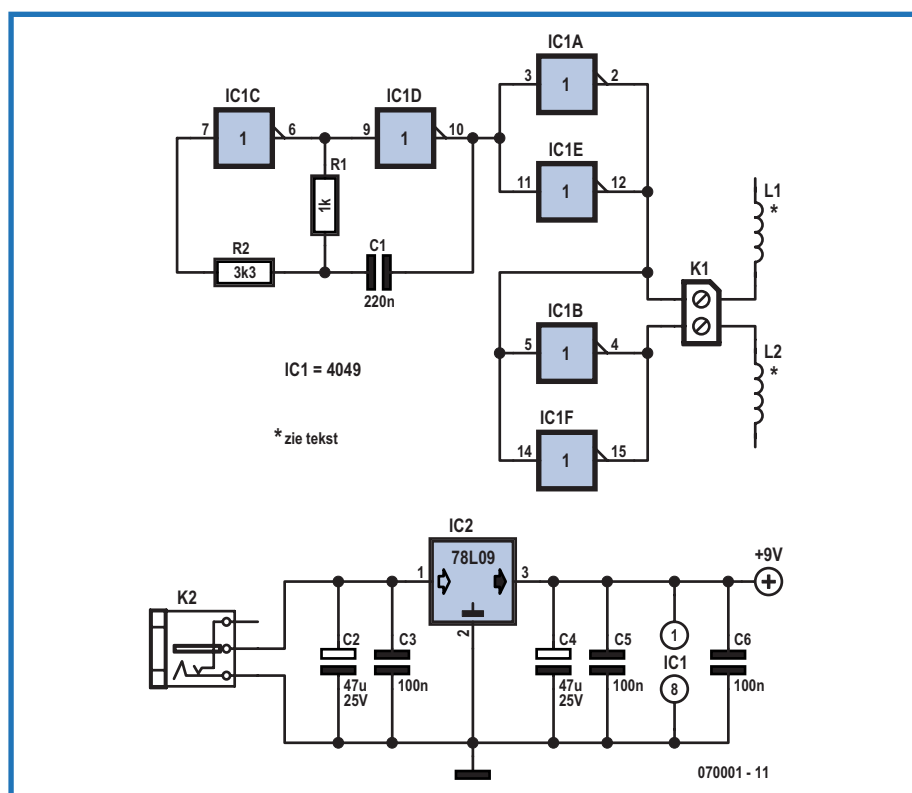
Eenvoudige waterontharder

Ontwerp: Christian Vossen – Tekst: Thijs Beckers

Hard water zorgt nog altijd voor problemen, ondanks het feit dat leidingwater tegenwoordig (gedeeltelijk) wordt ontkalkt. Kalkaanslag kan er toe leiden dat verwarmingselementen in diverse apparaten stuk gaan of de geiser regelmatig verstopt zit, met de nodige financiële gevolgen van dien. Toch is er vrij eenvoudig wat aan te doen!

Hoewel tegenwoordig bijna overal in Nederland en België het water door de waterleveranciers (gedeeltelijk) onthard wordt, kan het toch zinvol zijn het water nog een tikkeltje zachter te maken. Met een gemiddelde Duitse hardheidsgraad (°D) van 8 zit er toch nog redelijk wat calciumwaterstofcarbonaat in opgeloste vorm in het water. Wordt het water verwarmd, dan vormt zich daaruit het onoplosbare calciumcarbonaat (in de volksmond kalk genoemd). De zeer fijne kalkdeeltjes slaan dan met name neer op de hete delen van waterverwarmende apparaten en vormen daar het beruchte ketelsteen (bijvoorbeeld op het verwarmingselement in de wasmachine of op de bodem van een kookpan).

Er bestaan een aantal methoden om hard water zacht te maken, waarbij dankbaar gebruik wordt gemaakt van scheikundige processen. Een methode waarbij geen chemie om de hoek komt kijken, is het inzetten van een zeer sterk magnetisch veld. Wanneer het water door zo'n veld stroomt, dan



Figuur 1. Het schema bestaat uit slechts 10 componenten en 2 connectoren.

vormen zich door samenklontering grotere kalkdeeltjes die zich minder makkelijk hechten aan een oppervlak. Het resultaat daarvan: geen kalkvlekken op sanitair en geen ketelsteen op verwarmingselementen.

Echt zacht is het water na zo'n behandeling niet geworden, want alle kalk blijft er gewoon in, alleen hebben we er geen last meer van. Bovendien hoeven we de kalk ook niet kwijt, want dit mineraal is alleen voor apparaten schadelijk, maar niet voor ons mensen, integendeel.

Of zo'n (elektro)magnetische water-'ontharder' ook daadwerkelijk werkt, daarover lopen de meningen nogal uiteen. Google maar eens naar dit onderwerp op internet.

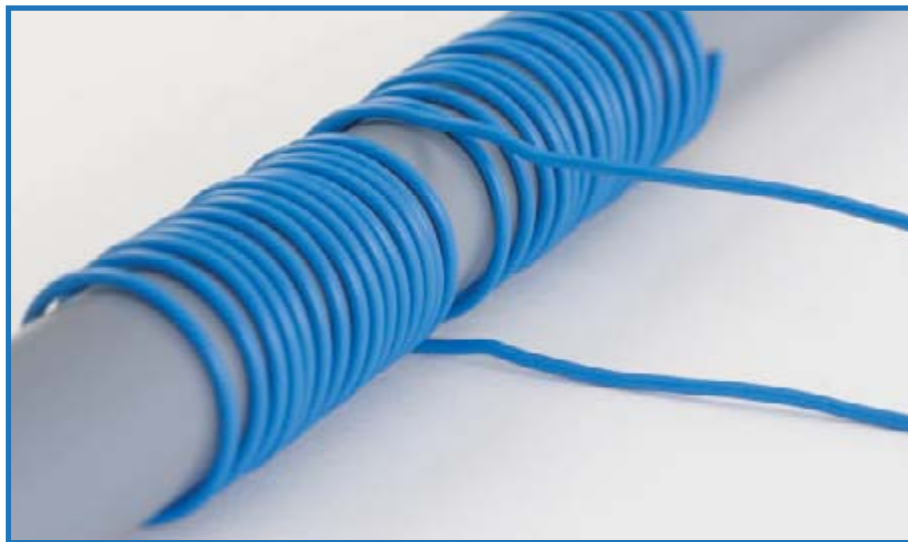
Wat met een magnetisch veld kan, blijkt (of lijkt althans) ook te kunnen met elektromagnetische velden. Met een handjevol onderdelen maken we voor een paar euro zelf zo'n elektronische waterontharder.

De schakeling stuurt een tweetal spoelen aan die als zendantennes fungeren. Ze worden om de waterleiding gewonden, zodat een elektromagnetisch veld (de radiogolven) in het water geïnduceerd wordt. Om zowel de magnetische als de elektrische component van de radiogolven tot het water te kunnen laten doordringen, plaats je deze spoelantennes het beste om een kunststof waterleiding(deel).

Schema

De werking van de schakeling is als volgt (zie **figuur 1**). Rond twee inverters van IC1 is een oscillator opgezet met R2 en C1. Deze is afgestemd op ongeveer 2 kHz ($T = 2,2 \times R2C1$). Vervolgens wordt dit signaal gebufferd door 2 parallel geschakelde buffers/inverters en naar spoel L1 gestuurd. Dit signaal wordt nog eens geïnverteerd en aangeboden aan spoel L2, zodat tussen beide spoelen een blokspanning staat met een top-top-waarde die gelijk is aan de dubbele voedingsspanning. Voor spanningsstabilisatie zorgt een 78L09.

De spoelen kunnen eenvoudig zelf gemaakt worden van koperdraad met een doorsnede van ca. 1 mm. Neem 2 stukken van ongeveer een meter (afhankelijk van de diameter van de waterleiding en het gewenste aantal windin-



Figuur 2. De spoelen L1 en L2 bestaan uit circa 15 windingen die naast elkaar worden gelegd.

gen) en maak met elke draad ongeveer 15 windingen om de waterleiding. De windingen kunnen het beste iets uit elkaar liggen. Zorg ervoor dat de wikkelzin van beide spoelen hetzelfde is. Zie ook **figuur 2**.

Voor de voeding van de schakeling kan men een afgedankte netstekervoeding gebruiken die een gelijkspanning tussen 12 en 15 V levert.

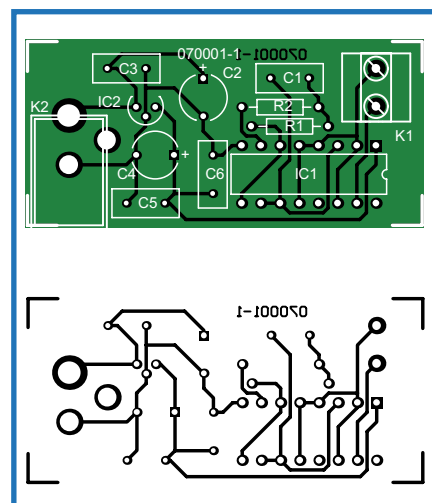
Experimenteren

Met deze schakeling is natuurlijk behoorlijk wat te experimenteren: u kunt de windingen dichter bij elkaar leggen, de frequentie verhogen, de wikkelzin van de spoelen omdraaien, de plaats waar de spoelen om de waterleiding gewikkeld worden veranderen, uitproberen of de spoelen beter werken rond een koperen buis of eentje van plastic (dat laatste heeft onze voorkeur) en ga zo maar door.

Welk effect deze schakeling uiteindelijk heeft, laat zich alleen op de langere termijn vaststellen. Sommige gebruikers van zulke elektronische waterontharders (waaronder enkele collega's) zijn er laaiend enthousiast over, terwijl anderen beweren dat ze helemaal geen verschil in huis merken.

Probeer het gewoon zelf eens uit, de schakeling kun je voor slechts luttel euro's zelf bouwen en dat is stukken goedkoper dan soortgelijke kant-en-klare apparaten die hiervoor in de winkel worden verkocht.

(070001)



Figuur 3. De print-layout kan met zo weinig componenten ook niet moeilijk zijn.

Onderdelenlijst

Weerstanden:

R1, R2 = 1 k

Condensatoren:

C1 = 220 n
C2, C4 = 47 μ /25 V
C3, C5, C6 = 100 n

Halfgeleiders

IC1 = 4049
IC2 = 78L09

Diversen

K1 = 2-polige printkroonsteen, steek 5 mm
K2 = DC-voedingsplug
Print EPS 070001-1 verkrijgbaar via ThePCBShop (zie www.elektuur.nl)

De opbouw van HEX-files

Hoe zat het ook alweer?

Luc Lemmens

Deze maand een verhaal dat eigenlijk overbodig zou moeten zijn. Als we software ontwikkelen voor een microcontroller, zal de compiler of assembler uiteindelijk een bestand genereren dat in het programmeergeheugen geprogrammeerd kan worden. In heel veel gevallen zal dat bestand een zogenaamd Intel-HEX (Intellect) formaat hebben, een bestand dat behalve de machinecode ook de adressen bevat waar die code moet komen.

Bovendien zitten er checksums in verwerkt om de geldigheid van de code te controleren. Eigenlijk zou het voor de programmeur niet interessant moeten zijn hoe dat bestand precies in elkaar steekt, gewoon het geheugen programmeren en klaar is Kees. Maar het wordt anders als de assembler of compiler iets anders (b)lijkt te maken dan we verwacht hadden. Soms ontkom je er niet aan om in het HEX-bestand te neuzen om te zien wat er precies in het programmeergeheugen komt te staan. In dit bestand staan soms ook de configuratiebits van de controller voor de instelling van de oscillator, watchdog, kopieerbeveiliging en aanverwante zaken. Omdat het zo zelden voorkomt dat je een HEX-bestand moet uitpluizen, moet je telkens weer opzoeken of goed nadenken hoe het in elkaar zit.

Een HEX-file is opgebouwd uit records. Elke record bevat een record-type, record-lengte, het adres waar de data moet komen en een checksum. Er zijn zes verschillende typen records, die overigens niet in alle gevallen gebruikt worden:

- Data record (bij alle formaten)
- End of File record (bij alle formaten)
- Extended Segment Address record (niet bij 8-bits formaat)
- Start Segment Address record (niet bij 8-bits formaat)
- Extended Linear Address record (alleen bij 32-bits)
- Start Linear Address record (alleen bij 32-bits)

Elk record ziet er uit zoals hieronder is weergegeven.

RECORD MARK '::'	RECLLEN	LOAD OFFSET	RECTYP	INFO or DATA	CHKSUM
1-byte	1-byte	2-bytes	1-byte	n-bytes	1-byte

Het begin wordt gemarkeerd met '::'. **RECLLEN** geeft het aantal bytes data of informatie aan. **LOAD OFFSET** geeft met 16 bits offset aan waar de databytes terecht moeten komen en heeft daarom alleen betekenis in data-records, in alle andere records staat op deze plek '0000'.

RECTYP geeft het type record aan:

- '00' = Data record
- '01' = End of File record
- '02' = Extended Segment Address record
- '03' = Start Segment Address record
- '04' = Extended Linear Address record
- '05' = Start Linear Address record

Het **INFO/DATA**-veld bestaat uit een aantal bytes (zie **RECLLEN**), waarvan de interpretatie afhankelijk is van het type record.

De checksum wordt berekend uit het two's complement van de optelling van bytes van de velden **RECLLEN** tot en met het laatste **INFO/DATA**-byte. Wanneer je de som van die bytes optelt bij de checksum, is het resultaat '0'.

Extended Linear Address Record (alleen bij 32-bits)

RECORD MARK '::'	RECLLEN '02'	LOAD OFFSET '0000'	RECTYP '04'	ULBA	CHKSUM
1-byte	1-byte	2-bytes	1-byte	2-bytes	1-byte

In de 8-bits HEX-files waren twee bytes (LOAD OFFSET) beschikbaar om een adres aan te geven. Met dit type record worden in ULBA (Upper Linear Base Address) bits 16 t/m 31 van een adres gedefinieerd, de LOAD OFFSET van daaropvolgende data-records geven dan bits 0 t/m 15 van het uiteindelijke absolute adres.

Extended Segment Address record (16- en 32-bits)

RECORD MARK '::'	RECLLEN '02'	LOAD OFFSET '0000'	RECTYP '02'	USBA	CHKSUM
1-byte	1-byte	2-bytes	1-byte	2-bytes	1-byte

Het 16-bits Extended Segment Address record specificeert bit 4 t/m 19 van het Segment Base Address (SBA), bit 0 t/m 3 van het SBA zijn '0'. De Load Offset van opvolgende data-records bepaalt dan het uiteindelijke adres.

Data record (alle formaten)

RECORD MARK '::'	RECLLEN	LOAD OFFSET	RECTYP '00'	DATA	CHKSUM
1-byte	1-byte	2-bytes	1-byte	n-bytes	1-byte

Dit bevat maximaal 256 (RECLLEN) bytes data, LOAD OFFSET bepaalt (al dan niet met ULBA of SBA) waar het eerste databyte van het record in het geheugen komt. Volgende bytes komen steeds een adres verder.

Start Linear Address record en Start Segment Address record worden niet gebruikt bij microcontrollers en vallen daardoor buiten het kader van dit artikel.

End of File record (alle formaten)

RECORD MARK '::'	RECLLEN '00'	LOAD OFFSET '0000'	RECTYP '01'	CHKSUM 'FF'
1-byte	1-byte	2-bytes	1-byte	1-byte

Zoals de naam al verradt, markeert dit record het einde van het programmeerbestand.

Tot zover deze 'opfrisser'. En nu maar hopen dat we deze kennis zelden of nooit nodig hebben!

Nog even voor de goede orde: er zijn nog veel meer formaten, het Intel-formaat komt het meest voor. Technici zijn dol op standards en daarom kunnen ze er niet genoeg bedenken...

(075034)

Open CMOS-ingangen

Luc Lemmens

Door slecht soldeerwerk of een foutje bij het etsen van een print kan het nog wel eens voorkomen dat er geen contact is tussen twee aansluitingen. Met name etsfouten kunnen enorm veel tijd kosten tijdens het foutzoeken op de print. Slechte soldeerverbindingen op through-hole printen zijn nog redelijk eenvoudig op te sporen door eens goed naar het soldeerwerk te kijken. Bij kleine SMD-componenten gaat dat al een stuk minder gemakkelijk, vaak moet er dan een loop aan te pas komen. Sinds de komst van loodvrij soldeertin is die visuele controle sowieso een stuk minder eenvoudig, bij loodhoudend tin gaf mooie glans van een verbinding aan dat het goed gevloeid was, dofheid gaf aan dat er te lang of te heet gestookt was en dat de verbinding waarschijnlijk slecht was. Loodvrij tin is altijd dof en daarmee



zijn we een goede indicatie voor de kwaliteit van een verbinding kwijt geraakt.

CMOS-ingangen mogen nooit open blijven, de kans is dan groot dat een ingang op de halve voedingsspanning komt te liggen en het stroomverbruik van het IC enorm toeneemt. Bovendien kunnen er stoorsignalen door ontstaan, die door het hele IC of het

circuit daar omheen terug te vinden zijn. Wanneer een ingang door een fout in het ontwerp, slecht soldeerwerk of een printbreuk open hangt, is het van belang dat deze fout snel opgelost wordt; het desbetreffende IC kan hierdoor namelijk defect raken. De meest degelijke methode zou zijn om met een multimeter alle verbindingen op de print te con-

troleren, maar dit is zo tijdrovend dat het bij een wat complexere print bijna niet te doen is.

Met een trucje is het heel eenvoudig om met een oscilloscoop te checken of een CMOS-ingang los hangt:

Haal de probe-tip van de meetpen, meet op een ingang en raak die ingang meteen even met een vinger aan. Als de pen open hangt, zullen we op de scope de 50-Hz-netbrom zien die we zelf opvangen en met de vinger op de hoogohmige ingang zetten.

Let op: die ingang is zo hoogohmig, dat ie ook zeer kwetsbaar is voor statische ontladingen. Zorg er daarom voor dat je handen eerst ontladen zijn en neem voor de veiligheid met de 'vrije hand' de massa van de schakeling vast. Op die manier is de kans dat de schakeling beschadigd raakt met deze meting erg klein.

(070054)

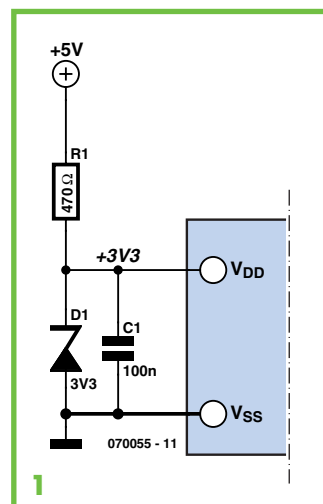
Van 5 naar 3,3 V

Luc Lemmens

Veel microcontrollers worden tegenwoordig gevoed met 3,3 V (of nog lagere spanningen) in plaats van de oude vertrouwde 5 V. Vermindering van dissipatie en verhoging van de schakelsnelheid zijn de voornaamste overwegingen geweest voor een lagere voedingsspanning. Bovendien zijn door de steeds verdergaande miniaturisering de transistoren in de IC's zo klein geworden dat de break-down-voltage ook veel lager is komen te liggen en een 5-V-voeding voor problemen zou zorgen.

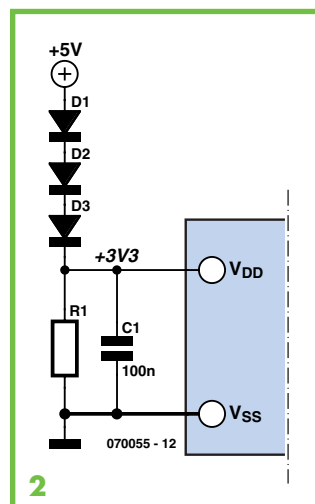
Maar veel periferie-IC's hebben die verlaging van de spanning (nog) niet gevolgd, waardoor veel schakelingen twee of meer verschillende voedingsspanningen nodig hebben. Er van uitgaande dat een 5-V-voeding aanwezig is, zijn er verschillende eenvoudige methoden te bedenken om daar weer 3,3 V uit af te leiden.

De meest voor de hand liggende oplossing is het gebruik van een Low Drop Out (LDO) spanningsregelaar die 3,3 V levert. Deze



moet dan wel per se LDO zijn, want een 'normale' regelaar heeft een drop-out-spanning van 2 tot 3 V en die ruimte hebben we in dit geval niet.

Een tweede methode (zie **figuur 1**) is erg goedkoop: een weerstand en een 3,3-V-zenerdiode. Maar gezien het feit dat de zenerspanning afhankelijk is van de stroom door de zener, is een goede dimensionering van R1 in dit geval



zeer belangrijk. R1 moet klein genoeg zijn om de voedingsspanning van de microcontroller nog hoog genoeg te laten als de controller de maximale stroom trekt. Bovendien moet R1 zo bemeten zijn dat de voedingsspanning niet te veel stijgt als de microcontroller bijna geen stroom trekt (bijvoorbeeld bij een reset).

We zien nog een eenvoudige oplossing in **figuur 2**, waarbij

gebruik gemaakt wordt van de spanningsval over een diode in geleiding. Die spanningsval is ook afhankelijk van de stroom door de diodes, R1 moet er voor zorgen dat de voedingsspanning van de microcontroller niet te hoog wordt als deze nauwelijks stroom gebruikt. De diodes moeten zo gekozen worden dat de spanningsval erover niet te hoog wordt als de microcontroller maximaal stroom trekt.

Tot slot kan er ook altijd een schakelende voeding (stepdown-converter) aan te pas komen om de 3,3 V te maken. Verder zijn er ook speciale IC's verkrijgbaar die meerdere voedingsspanningen tegelijk kunnen leveren. Welke methode uiteindelijk wordt gekozen, zal afhankelijk zijn van meerdere factoren, zoals kosten, ruimte op de print en de vereiste nauwkeurigheid van de 3,3-V-voedingsspanning. Zeker op dat laatste punt zijn de oplossingen met de diodes inferieur aan de andere, maar ze zijn wel erg klein en goedkoop!

(070055)

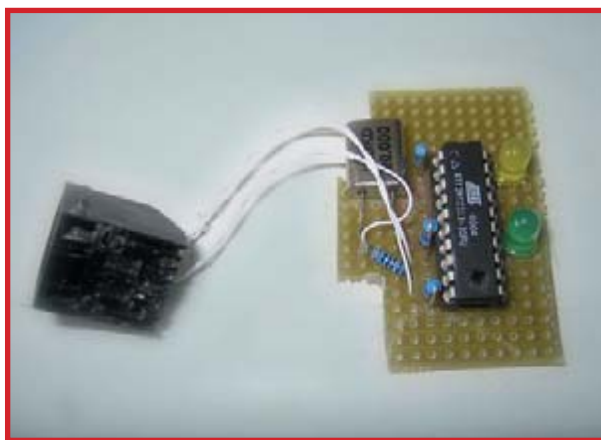
Ethermeter

Alternatieve netwerkkabeltester

Jeroen Domburg & Thijs Beckers

Hoewel draadloze netwerken tegenwoordig stevig in de opmars zijn, worden netwerken met kabels nog steeds veelvuldig gebruikt. Ze zijn doorgaans sneller, goedkoper (qua apparatuur), veiliger en gemakkelijker te configureren. Een nadeel van zo'n fysieke verbinding is wel dat de informatiedrager (de kabel) het kan laten afweten. Om de verbinding eenvoudig te testen, hebben we daarvoor een schakelingetje ontworpen.

In grotere netwerken komt het nog wel eens voor dat een kabel geen goede verbinding (meer) maakt of domweg in de verkeerde switch-poort geplugd is. Hierdoor is het configureren van het netwerk of het oplossen van netwerkproblemen nog niet zo gemakkelijk.



De hoeveelheid onderdelen is zo klein dat de schakeling met gemak op een reststukje experimenteerprintplaat opgebouwd kan worden.



Als behuizing is gekozen voor een leeg Wybertjes-doosje. Net groot genoeg om 3 AAA-batterijen, het printje en de connector in te verwerken.

Netwerkproblemen

Voor het eerste probleem heeft de gemiddelde netwerktechnicus een handig apparaatje in z'n toolbox zitten: een kabeltester. Zo'n apparaat bestaat meestal uit twee doosjes. Via de te testen kabel worden de twee doosjes met elkaar verbonden. Een doosje zet dan telkens op één van de acht aders van de kabel een spanning, aan de andere kant geven LED's in het andere doosje aan of deze spanning gedetecteerd wordt en of deze op de juiste ader staat.

In de praktijk kan er echter heel wat meer mis zijn dan alleen de kabel. De aansluiting op de switch kan bijvoorbeeld ook geoxideerd zijn of het switchpoortje kan te lijden hebben gehad van een blikseminslaginductie in de kabel.

Daarnaast kan het in bedrijven met meerdere switches en lange kabels naar werkplekken lastig zijn om überhaupt de andere kant van de kabel te vinden. Als het goed is, worden patch-aansluitingen genummerd en zou van elk nummer bekend moeten zijn welke aansluiting er bij hoort. In de praktijk willen er in de bekabeling nog wel eens ongedocumenteerde mutaties voorkomen. Het juiste kabeluiteinde vinden om daar de kabeltester op aan te sluiten, kan dan een probleem worden.

Analyse en aanpak

De hier gepresenteerde schakeling is ontworpen om deze problemen op te lossen. De werking is als volgt. De schakeling wordt op de te controleren kabel aangesloten. Als een kabel geen problemen vertoont, gaat op de switch waar het andere uiteinde van de kabel op aangesloten is een LED knipperen. Zo is gemakkelijk herkenbaar welke aansluiting bij de kabel hoort. Als de kabel niet goed is, wordt dat (in ieder geval voor de twee adersparen die benodigd zijn voor een 10/100-Mbit-aansluiting) vrij snel duidelijk.

Hoewel het idee simpel is, betekent dat niet dat de uitvoering van het geheel dat ook is. Om een LED op de switch te laten oplichten is namelijk meer nodig dan alleen een

Over de auteur:

Jeroen Domburg studeert Elektrotechniek aan de Saxion Hogeschool in Enschede. Hij is een enthousiaste hobbyist, die zich interesseert in microcontrollers, elektronica en computers.

In deze rubriek toont hij zijn persoonlijke knutselwerkjes, modificaties en andere interessante schakelingen, die niet noodzakelijkerwijs nuttig hoeven te zijn. De schoonheidsprijs zullen ze in de meeste gevallen wel niet krijgen en ook de veiligheid wordt soms met een korreltje zout genomen. Maar daar gaat het de auteur ook allemaal niet om. Zolang de schakeling maar doet waar hij voor bedacht is, is het goed. U bent in ieder geval gewaarschuwd!

bepaalde spanning of doorverbinding. Hiervoor is nodig om te weten hoe ethernet precies werkt op fysiek niveau. Een ethernetkabel bestaat uit 4 paren draden, waarvan er (voor 10 Mbit en de gangbaarste soort 100 Mbit) maar twee gebruikt worden. De wijze van communicatie over die draden is voor 10, verscheidene versies van 100 en 1000 Mbit ethernet verschillend. Maar aangezien we alleen de kabels testen en een lampje op de switch willen laten oplichten, is het genoeg om naar de 10-Mbit-specificatie te kijken.

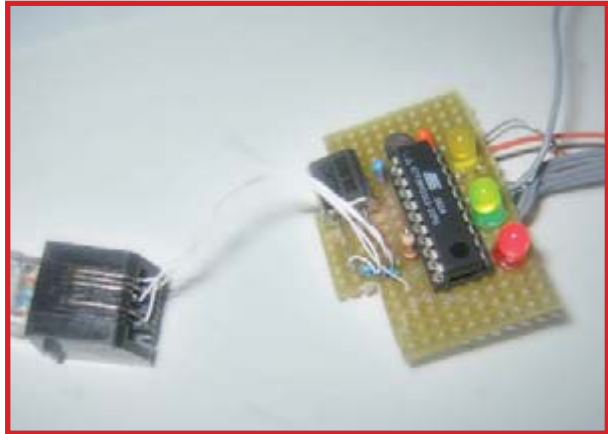
De specificatie van het ethernetprotocol gaat door het leven als 'IEEE 802.3 LAN/MAN CSMA/CD Access Method'. Deze is gratis te downloaden van de IEEE-website [1]. Hierin wordt onder andere 10 Mbit ethernet over verschillende dragers, zoals coaxkabel, thicknet, fiber en UTP beschreven. Uit deze specificatie zijn een aantal zaken te halen die voor onze UTP-gebaseerde tester nodig zijn.

De 4 gebruikte draden dragen de namen Tx+, Tx-, Rx+, Rx-. De datatransmissie over UTP is differentieel. Dat wil zeggen dat als Tx+ positief wordt, Tx- negatief wordt en andersom. Dit is een standaard manier om elektromagnetische storing te voorkomen (net zoals bij RS422/RS485). 10 Mbit maakt fysiek gebruik van Manchester-encoding om de 'enen' en 'nullen' op de lijn te zetten. Dat betekent dat een '0' aangeduid wordt met een laag-hoog-overgang, terwijl een '1' wordt aangeduid met een hoog-laag-overgang. Tijdens een transmissie zijn er zo altijd genoeg overgangen waaruit een kloksignaal uit gedestilleerd kan worden. De gemiddelde spanning op de signaallijnen blijft ook netjes 0 V.

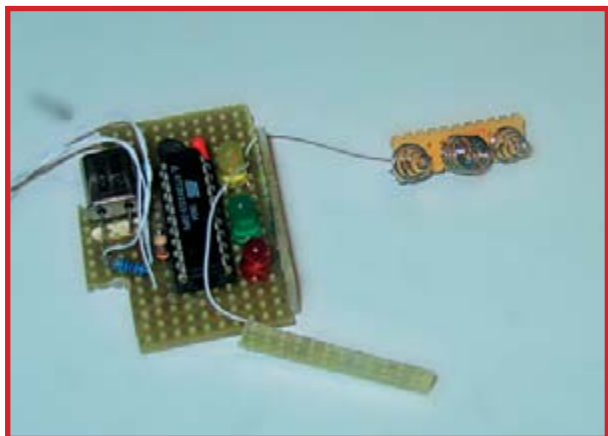
De signaalspanningen moeten tussen 2,2 en 2,8 V liggen. Om een link aan te geven, wordt gebruik gemaakt van zogenaamde Link-Integrity-Test-pulsen (LIT, ook wel Normal Link Pulse of NLP). Dit zijn pulsen van 1 bittijd ($1/10.000.000=100$ ns). Deze pulsen dienen, als er verder geen verkeer op de lijn is, om de 16 ms uitgezonden te worden. Om een link-sigitaal uit te sturen, volstaat het elke 16 ms een link-puls van 100 ns op de lijn te zetten. Voor het controleren van de verbinding met de switch moeten we signalen van 2,2 tot 2,8 V detecteren. Zijn deze aanwezig, dan is er een switch aan de andere kant van de lijn aangesloten die LIT-pulsen of verkeer verstuurt.

Weer een ATtiny2313

Hoewel een schakeling die de benodigde signalen uit kan sturen en detecteren ook nog wel met discrete logica en TTL-IC's op te bouwen is, zijn we voor het gemak toch weer uitgegaan van de Atmel ATtiny2313 AVR (zie **figuur 1**). Deze wordt geklokt op 20 MHz, zodat het uitzenden en detecteren van de ethernet-LIT-signalen geen probleem vormt.



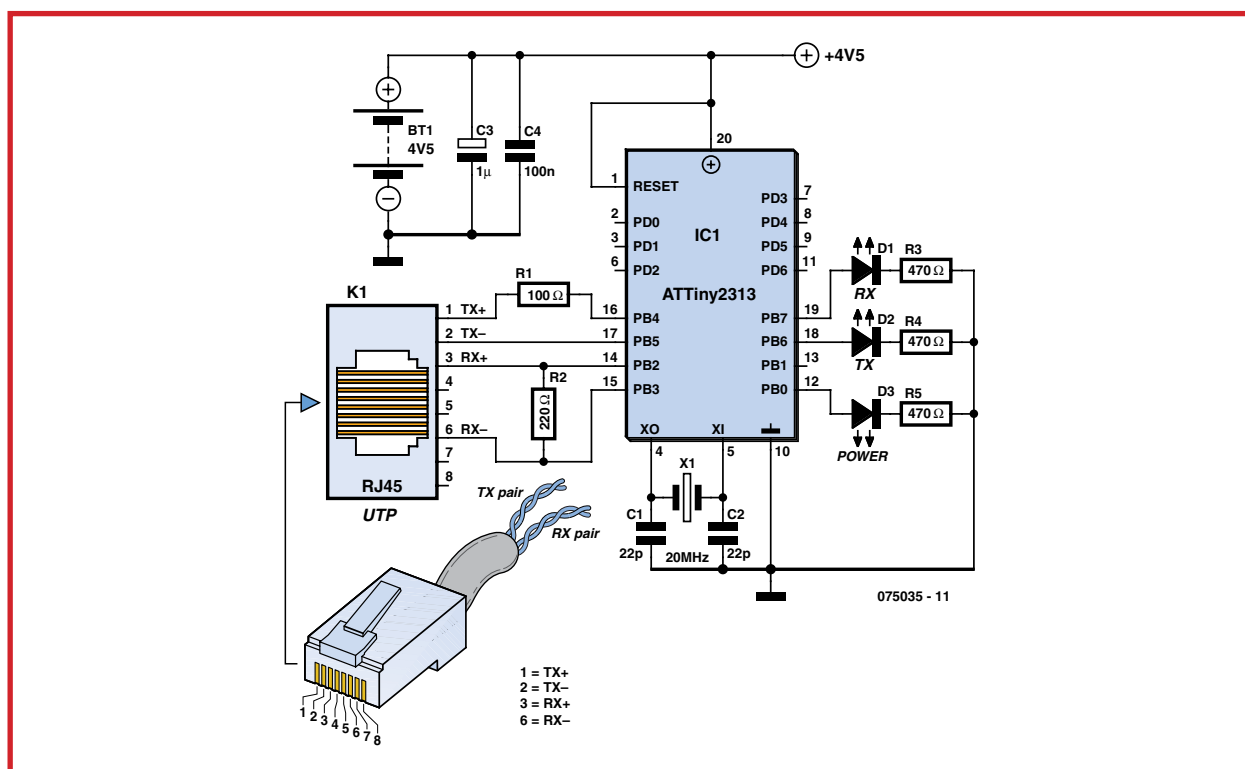
De schakeling werkt in ieder geval al. Nu nog de voeding (batterijen) en even inbouwen in het doosje.



Met twee extra stukjes afvalprint en een paar batterijveertjes uit een afgedankt apparaat kun je een leuk batterijhoudertje maken.



Het past precies.
Het zwarte blokje links is de UTP-connector.



Figuur 1. Het schema van de ethernet-tester is erg bescheiden van omvang dankzij het gebruik van de ATtiny2313.

Normaliter dienen ethernetsignalen eerst galvanisch gescheiden te worden. Maar omdat de schakeling batterijgevoed is, zijn de UTP-lijnen direct met de microcontroller verbonden. De TX-lijnen zijn netjes afgesloten met een weerstand van 100 Ω (zoals het hoort), bij de RX-lijnen bedraagt deze weerstand echter 220 Ω . Dit heeft de volgende reden: Bij 4,5 V voedingsspanning ziet de microcontroller pas een spanning van 3,1 V gegarandeerd als 'hoog'. Omdat ethernet normaal slechts 2,2 tot 2,8 V levert, gaat dit lang niet altijd goed. Door de afsluitweerstand te verhogen, schroeven we dit spanningsniveau op en verloopt de detectie wel goed. Normaliter zou verhoging van deze weerstand betekenen dat het signaal dusdanig vervormd wordt dat goede datatransmissie ernstig in het gedrang komt, maar dat vormt bij deze schakeling natuurlijk geen enkel probleem.

Wat verder opvalt in het schema is dat er geen aan/uitschakelaar aanwezig is. Deze is bewust achterwege gelaten. De microcontroller regelt zelf of het apparaatje in- of uitgeschakeld moet worden. Als de schakeling niet in gebruik is, wordt de microcontroller om de seconde wakker en controleert hij of er een elektrische verbinding is tussen de TX-pennen van de RJ45-plug. Indien dit niet het geval is, gaat de microcontroller weer in sleep-mode. In deze mode gebruikt het geheel slechts enkele tientallen microampères, genoeg om het met een set AAA-batterijen een paar jaar uit houden.

Wanneer de kabel op een switch wordt aangesloten, komt de schakeling in actie. Een switch sluit namelijk de TX-lijnen af met een weerstand van $100\ \Omega$, wat betekent dat er een elektrische verbinding is tussen de TX-lijnen. De gebruikersinterface is simpel gehouden en bestaat uit drie LED's. De onderste geeft aan dat de schakeling in

werking is (en dus het TX-paar en de afsluiting ervan in de switch lijkt te werken). De bovenste geeft aan dat er gedetecteerd is dat de switch iets verstuurt (wat aangeeft dat het TX-paar en de logica ervoor in de switch zelf in orde zijn). De middelste LED geeft aan dat de schakeling LIT-pulsen verstuurt. Deze LED gaat om de 4 seconden aan en uit. En omdat LIT-pulsen voor de switch een teken zijn dat er een verbinding is, zal het indicatielampje daarvan ongeveer hetzelfde doen.

De microcontroller heeft natuurlijk firmware nodig. Deze is geschreven in assembly en zowel de source-code als de hex-bestanden zijn zowel van de site van de auteur [2] als van de Elektuur-website [3] te downloaden, mits de netwerkbekabeling meewerkt...

(075035)

Weblinks:

- [1] <http://standards.ieee.org/getieee802/802.3.html>
 [2] <http://sprite.student.utwente.nl/~jeroen/projects/ethermeter/>
 [3] www.elektuur.nl

8052-BASIC-compuboard (1987)

Jan Buiting

Geen flash-geheugen, geen USB, geen JTAG en geen internet, maar wel EPROM's van het type 27Cxxx met een venstertje, RS232-terminals en emulators, wel een PC en een paar goede vrienden in het distributienetwerk van Intel-IC's. Dit waren, dat heeft de tijd bewezen, de ideale omstandigheden voor *Elektuur* om de eerste te zijn met de publicatie van een single-board computer gebaseerd op de 8052-AH-Basic microcontroller van Intel. De bijbehorende dubbelzijdige print ging als het spreekwoordelijke warme brood over de toonbank. Er werden er ruim 5000 van verkocht aan enthousiaste gebruikers, hobbyisten en professionals over de hele wereld.

Het grote succes van dit project bewees dat er veel meer interesse was voor het programmeren van een microcontroller in BASIC dan in assembler.

Er was ook veel kritiek, meteen al na de publicatie in de *Elektuur*-uitgave van november 1987, over de trage snelheid waarmee deze BASIC-processor zou werken. Maar dat was snel over toen bleek dat die snelheid alleszins meeviel: "Helemaal niet slecht, die interpreter is zijn geld dubbel en dwars waard".

De BASIC-programma's voor deze processor werden met een gewone huis-tuin-en-keuken ASCII-tekstverwerker ingeklopt op een PC – natuurlijk wel volgens de syntax zoals beschreven door Intel in zijn *MCS BASIC-52 Users Manual*, een felbegeerd document van 138 pagina's. Het zal u niet verbazen dat er al snel kopieën van hand tot hand gingen.

Vervolgens moest het tekstbestand met het BASIC-programma op de 8052AH processor worden geladen middels een communicatieprogramma (een zogenaamde terminal emulator) zoals Procomm of Telix. Gedurende dit handshake-proces is er sprake van *tokenisatie*. Hierbij zet de interpreter (in het ROM van de

processor) ASCII-tekens om naar machinecode voor de 8051. En dat ging behoorlijk goed, alhoewel er wat kleine foutjes (bugs) en onvolkomenheden werden gevonden door experts in het programmeren van de 8051-familie. Wat men heel handig vond van de MCS52 BASIC was de mogelijkheid voor programmeurs om een stukje assembler rechtstreeks op te nemen in het BASIC-programma. Het 8052-BASIC-compuboard van *Elektuur* heeft er waarschijnlijk mede toe bijgedragen dat een vreemde frequentie als 11,0592 MHz voor kristallen een standaardwaarde is geworden. De reden is dat de 8051-kern deze klokfrequentie naar beneden deelt voor een standaard baudrate van 1200 of 2400 bits/s voor de seriële verbinding met

de RS232-poort van de PC.

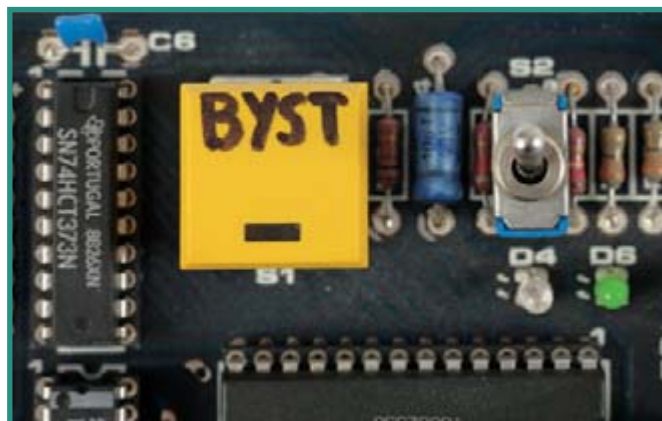
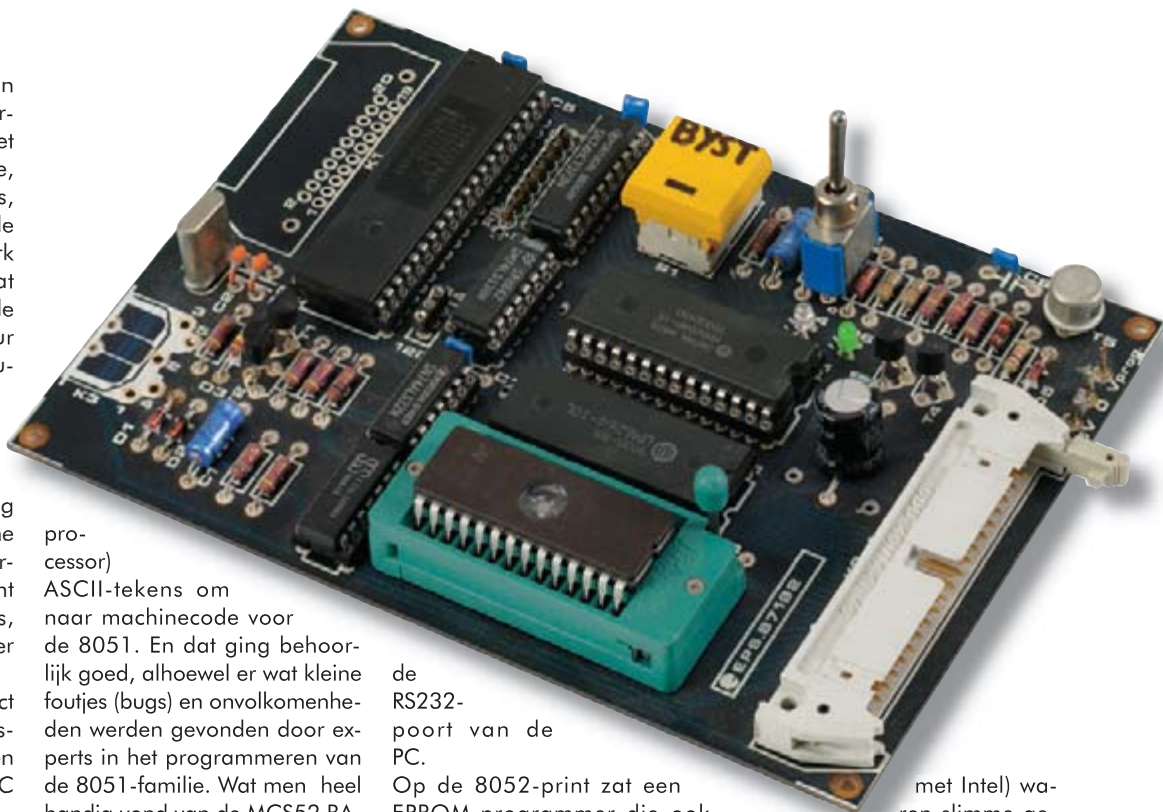
Op de 8052-print zat een EPROM-programmer die ook door MCS-52 BASIC werd ondersteund. Deze was bedoeld voor het programmeren door de 8052AH van 2764 en 27128 EPROM's. Maar hij kon meer, want: (1) de 8052AH-BASIC processor is een combinatie van een gewone 8051 kern en een interpreter in ROM op de chip zelf en (2) de chip was bepaald niet goedkoop vergeleken met bijvoorbeeld een 80C32.

Hoewel de methode door *Elektuur* nooit in detail werd beschreven (we wilden geen gedonder

met Intel) waren slimme gebruikers al gauw in staat om de 8052AH zijn eigen interpreter in een bestand te laten zetten! Daarna brak de beer los en draaide iedereen BASIC vanuit een extern EPROM op een 80C32. Het alternatief was niet alleen veel goedkoper, maar kon ook nog eens geoptimaliseerd worden voor snelheid en prestatie. Veel later, ik denk omstreeks 1992, heeft Intel de MCS BASIC-52 code vrijgegeven. Het resultaat was een regen van 80C32 single-board-computers, inclusief een *Elektuur*-versie.

Enkele van onze *Elektuur*-medewerkers waren kennelijk vroegere IBM-PC-gebruikers want in die tijd was er een grote rode knop die ingedrukt moest worden als het weer eens mis ging (BRST betekent dan ook Big Red Switch Time). Wij fotografeerden een gele BRST-knop op een BASIC-prototypebord in het *Elektuur*-lab met een opschrift dat aan duidelijkheid niets te wensen overlaet.

(075025-1)



Retro-tronica is een maandelijkse rubriek over 'elektronica vroeger' en spraakmakende ontwerpen die ooit in *Elektuur* zijn verschenen. Bijdragen, suggesties en verzoeken zijn welkom. Het e-mail adres is: redactie@elektuur.nl, onderwerp: *Retro-tronica*

Hexadoku

Puzzelen voor elektronici

Liefhebbers van onze maandelijkse Hexadoku kunnen ook ditmaal weer aan de slag met een nieuwe variant van deze 16-bits puzzel. Getuige de vele positieve opmerkingen bij de inzendingen blijkt dat er nog steeds met veel enthousiame 'gehexadokuud' wordt, dat horen we graag! Bovendien maakt u elke maand weer kans op enkele leuke Elektuur-cadeaubonnen en een prachtige E-blocks Starter Kit

De instructies voor deze puzzel zijn heel eenvoudig. De Hexadoku werkt met de hexadecimale getallen 0 t/m F, helemaal in de stijl van elektronici en programmeurs.

Vul het diagram van 16 x 16 hokjes zodanig in dat **alle** hexadecimale getallen van 0 t/m F (dus 0...9 en A...F) precies eenmaal voorkomen in elke rij, in elke kolom en in elk vak van

4x4 hokjes (gemarkeerd door de dikkere zwarte lijnen). Een aantal getallen is in de puzzel al aangegeven en deze bepalen de uitgangssituatie voor de puzzel.

Onder de inzenders met de goede oplossing verloten we elke maand een hoofdprijs en drie troostprijzen. Daartoe dient u de getallen in de grijze vakjes naar ons op te sturen.

De prijswinnaars

De juiste oplossing van de Alfadoku uit het januari-nummer is: 038FA.

De **E-blocks Starter Kit Professional** is gewonnen door:
Cees Krom
uit Den Haag.

Insturen

Stuur uw antwoord (de getallen in de grijze hokjes) per email, fax of post **vóór 1 april 2007** naar:

Redactie Elektuur
Postbus 75
6190 AB Beek (L)
Fax: 046-4370161
Email: hexadoku@segment.nl

Medewerkers van uitgeverij Segment en hun familieleden zijn van deelname uitgesloten.

		D	6					8	A	2			B	9	F
2	1		3				6				7		8		
			4		3		C	D	0	5	1	A	2	E	
					7	F						3	5	1	
			C		B	3						F	4	5	8
		7		1		9	8			0	D			C	3
	4			F	0	A	5	C	7	8		E			D
		6	5	C			2		B	E	F	1	9	7	
		A	D				F	0		7					2
1			9		C			F			8	B	D	4	
7	3	5	8			1			D						
F		4	0			E		9		B		C			1
8	D	3	1			2	7				C	5			
4			F	A				7	5	D		8		3	
E	9		A			6	4	2			0	D		F	
	5		7	8			9							2	

(c) PZZL.com

Doe mee en win!

Onder de inzenders met het juiste antwoord verloten we een

E-blocks Starter Kit Professional
ter waarde van **365,75 Euro**



en drie
Elektuur-tegoedbonnen
elk ter waarde van **50 Euro**.

Het is dus echt de moeite waard om mee te doen!



Twee-assige versnellingsmeter

In de apriluitgave zullen we onze eerste applicatie met de Spyder-kit voorstellen: een versnellingsmeter met een LED-uitgezing die de richting en de versnelling of vertraging (tot 2 g) aangeeft.

U kunt deze handige schakeling in de auto, op de motor of de fiets monteren en vervolgens uw rijgedrag gaan analyseren. De schakeling is ondergebracht op twee kleine, boven elkaar gemonteerde printjes die zodanig zijn ontworpen dat normale bedrade componenten kunnen worden toegepast.

Dit project laat zien hoe eenvoudig het is om een schakeling met een MC9S08 microcontroller van Freescale te ontwerpen dankzij de goedkope Spyder & CodeWarrior omgeving voor het programmeren en debuggen.

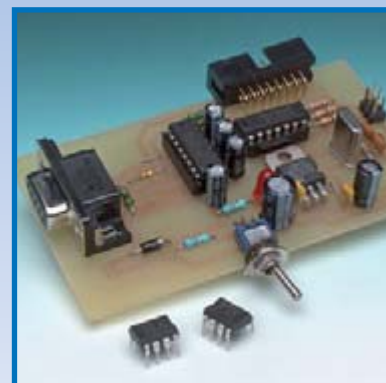
Als bijzonderheid kunnen we verder nog melden dat bij de twee printjes een gratis versnellingsensor wordt meegeleverd.

Freescale-programmer

Freescale produceert naast de typen die we in dit nummer bij de Spyder-kit al hebben beschreven, nog een groot aantal andere microcontrollers.

Een familie die al wat langer bestaat maar best nog populair is, is de 68HC08-serie.

In april beschrijven we een kleine maar handige programmer/debugger voor deze familie, die opgenomen wordt tussen de seriële poort van de pc en de zogenaamde MON08-connector van het target-board waarop de HC08-controller zit.



Veelzijdige acculader/ontlader

Er komt steeds meer draagbare apparatuur op de markt die gevoed wordt uit accu's.

Op zich is dat heel handig, maar de fabrikanten maken gebruik van allerlei verschillende soorten en afmetingen accu's en dat heeft tot gevolg dat je voor elk apparaat een aparte lader nodig hebt. Het zou handig zijn om hiervoor een universele oplossing te maken die niet alleen zoveel mogelijk soorten accu's kan laden, maar ook hun capaciteit kan meten.

In het volgende nummer stellen we een compacte lader, ontlander plus capaciteitsmeter voor NiMH-, NiCd- en

LiPo/Lilon-accu's voor. Het apparaat kan laden met een stroom van 0,2 tot 4,5 A en ontladen met een stroom van 0,2 tot 5 A.

Er kunnen maximaal 8 NiMH/NiCd-cellen of 2 LiPo/Lilon-cellen in serie worden geladen/ontladen.

elektuur.nl www.elektuur.nl www.elektuur.nl www.elekt

Gratis artikelen downloaden op de Elektuur-website!

Elektuur-website - Download-toptien

Overzicht van de meest gedownloade artikelen gedurende januari 2007.

1. High-end Hybride (sep. 1997)
2. Profiler (jan. 2007)
3. OBD-2-Analyser (juli/aug 2005)
4. Een zuinige server (feb. 2006)
5. Elektuur-RFID-lezer (sept. 2006)
6. Blokkendoos voor elektronici (nov. 2005)
7. Flexibele FPGA-bouwsteen (mrt. 2006)
8. PLC met E-Blocks (juli/aug. 2006)
9. Slaaffilter voor Digitale Camera's (juni 2006)
10. E-Blocks pH-meter (juli/aug. 2006)
10. E-Blocks voor VB op USB (nov. 2006)

U zoekt een ander onderwerp?
Zoek het op www.elektuur.nl

Duizenden elektronica-artikelen en print-layouts online beschikbaar!

