

GRATIS DVD

HARTFILMPJE OP JE GAMEBOY

Met zelfgebouwde cartridge

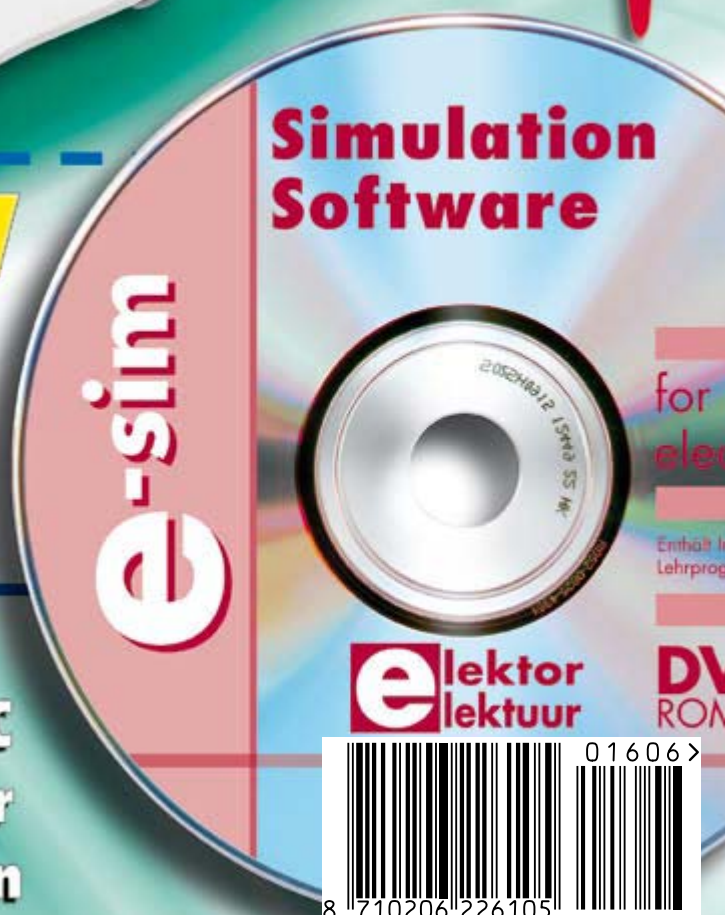


SIMULEREN MET DE PC

GRATIS DVD met meer
dan 35 Programma's

Bouwen:

- Hartslagmonitor voor de PC
- PIC-debugger/programmer
- Lassen met condensatoren



0 1 6 0 6 >

Tweede DVD-ROM

Misschien bent u er als lezer van Elektuur intussen al aan gewend geraakt om regelmatig een extraatje bij uw lijfblad te ontvangen. Toch is dat voor ons altijd weer een bijzondere gebeurtenis. Niet alleen vanwege het extra werk dat daar gewoonlijk aan vastzit, maar vooral omdat we er iets compleets van willen maken. Niet zomaar een aardigheidje bij het blad stoppen, maar het ook zodanig presenteren dat u er iets aan heeft, met extra informatie in het blad of zelfs een bijbehorend bouwproject (zoals vorige maand met de RFID-kaarten).

Deze maand verrassen we u met onze tweede DVD-ROM met elektronicaprogramma's. Vorig jaar deden we dat in het novembernummer voor de eerste keer: toen werd een gratis DVD met een groot aantal CAD-programma's bij het tijdschrift geleverd. We kregen hierop veel positieve reacties van lezers en er werd heel wat geëxperimenteerd met de programma's. Nu, bijna een jaar later, presenteren we de tweede DVD-ROM bij dit oktobernummer. Ditmaal hebben we gekozen voor het onderwerp 'Simuleren'. Dat wordt tegenwoordig steeds belangrijker, vooral bij grote schakelingen. De simulatie op de computer heeft intussen een zodanig niveau bereikt dat de resultaten heel goed overeenkomen met de werkelijkheid en dat bespaart natuurlijk veel tijd en geld bij het maken en testen van prototype-schakelingen.

Op de DVD-ROM hebben we circa 35 programma's verzameld die betrekking hebben op het simuleren van analoge en digitale schakelingen. Bij de meeste programma's gaat het om demo- of studentenversies, maar er zijn ook enkele compleet functionele programma's bij. Ga met de DVD aan de slag, probeer een aantal programma's uit en kijk wat u het beste bevalt. En laat ons ook weten wat u ervan vindt!

In dit nummer hebben we bovendien nog een bijzonder bouwproject staan: Een elektrocardioscoop die werkt met behulp van een standaard GameBoy-spelcomputer. Door middel van een als insteekmodule uitgevoerde schakeling is dat mogelijk. Een fantastisch project, dit artikel moet u beslist lezen! Misschien wordt deze schakeling wel net zo populair als de inmiddels legendarische GameBoy-oscilloscoop die we in 2000 gepubliceerd hebben.

Harry Baggen

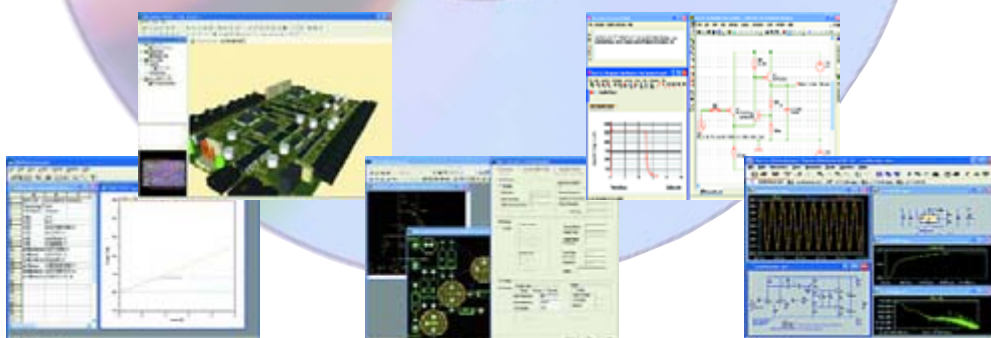
34 GBECG hartfilmpje op een Gameboy

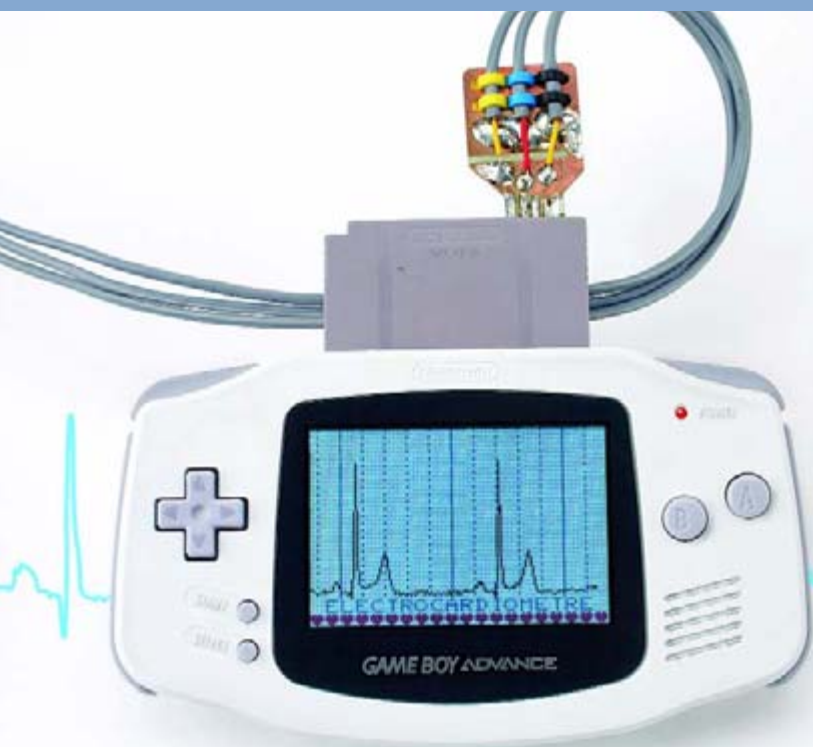
Je elektrocardiogram laten zien op een zelfgebouwd apparaat: welke elektronica-amateur ziet daar geen uitdaging in? Nieuwsgierig naar de techniek? Er komt nogal wat bij kijken als je elektrische hartsignalen op een nette manier wilt opnemen en weergeven. Of gewoon praktisch, om zelf te gebruiken voor controle, of onder begeleiding van een cardioloog. In deze uitgave beschrijven een unieke zelfbouwschakeling in de vorm van een insteekmodule voor een GameBoy.

Met gratis DVD-ROM!

20 Simulatieprogramma's

Bij het ontwerpen van elektronische schakelingen speelt de computer een steeds belangrijkere rol. Niet alleen voor het maken van print-layouts, maar ook voor het simuleren van een schakeling bieden tientallen fabrikanten uitgebreide programma's aan. Bij deze uitgave biedt Elektuur zijn lezers een DVD-ROM aan die een groot aantal demo-, evaluatie en volledige versies bevat van vrijwel alle bekende simulatieprogramma's. Elke elektronicus kan met deze DVD allerlei programma's op zijn pc testen en zelf beslissen welke het beste geschikt zijn voor zijn toepassing. In het bijbehorende artikel geven we een overzicht met een korte beschrijving van de programma's op de DVD.





theorie

- 16** De pc als breadboard
- 30** De elektronische dokter

praktijk

- 34** GBECG
hartfilmpje op een GameBoy
- 44** ECG via de geluidskaart
- 52** In-circuit
debugger/programmer
- 58** Draadloze sleutel
- 68** FPGA-cursus - deel 5
- 72** Flitsende labhulp

52 In-circuit debugger/programmer



PIC-microcontrollers van de 8-bits series 16F en 18F worden in veel schakelingen toegepast. Ook bij Elektuur-lezers zijn deze controllers zeer geliefd. Voor het laden van een programma en het gebruik van een in-circuit-debugger (ICD) voor foutzoeken heeft men

echter een interface nodig. Beide problemen worden met dit project opgelost. De interface is grotendeels compatibel met de ICD2-module van Microchip, maar wel een stuk goedkoper.

72 Flitsende labhulp

Het repareren van een verbinding tussen twee cellen in een accupack vraagt eigenlijk om speciale lasapparatuur. Maar die is duur. En solderen is ook geen optie. Dus verzinnen we een andere oplossing, in dit geval met elco's. Hun vermogen om kortstondig grote stromen te leveren, kunnen we prima misbruiken om te lassen. De bijbehorende elektronica is vrij eenvoudig van opzet.



techniek

- 62** Lab-praat
Klein, maar niet fijn?
- 64** Ontwerptips:
Logaritmische volumeregeling
Signaalaanpassing voor LM35

info & markt

- 6** Colofon
- 8** Mailbox
- 12** Nieuws en achtergronden
- 20** Simulatieprogramma's
- 84** Volgende maand

infotainment

- 76** Retro-tronica
de CDP1802
- 79** Hexadoku



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

46e jaargang nr. 10, oktober 2006
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,
Karel Walraven (techdept@segment.nl)

Vormgeving: Ton Gulikers, Giel Dols

Directeur/uitgever: Paul Snackers

Marketing: Carlo van Nistelrooy

Hoofd klantenservice: Margriet Debeij

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

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

Hoofd advertentieverkoop:
Klaas Caldenhoven (advertenties@elektuur.nl)
Tel. 046-4389444

Advertentietarieven, nationaal en internationaal, op aanvraag. Alle advertentiecontracten worden afgesloten conform de Regelen voor het Advertentiewezen gedeponereerd 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: Hootentijl, Zwolle

Distributie: Aldipress, Utrecht

Auteursrecht

Niets uit deze uitgave mag verveelvoudigd 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.



Nederlands
uitgeversverbond
Groep uitgevers voor
vak en wetenschap

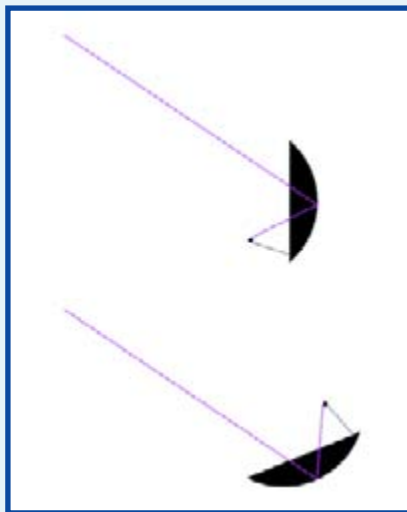
© SEGMENT B.V. - 2006
Printed in the Netherlands

Schotel uit het zicht

Satelliet-TV is een prachtige manier om heel veel kanalen in hoge kwaliteit te ontvangen. Alleen die schotel, die is lelijk. Met deze 'PlatSat' opstelling is hij veel minder zichtbaar te maken.

De signalen van een satelliet komen niet van waar een schotel heen lijkt te 'kijken', maar onder een hoek van 30 graden van boven. De schotel kaatst het signaal naar beneden, waar de opnemer is gemonteerd. In de klassieke rechtop-montage zie je de schotel daardoor volledig van opzij.

Een alternatieve montage maakt de schotel half zo hoog, waardoor hij op een plat dak van dichtbij onzichtbaar wordt en beter uitlijnt met het dak. Het idee is de signalen achteruit te laten kaatsen naar de opnemer, zoals in de schetsen weergegeven. In principe kun je de schotel draaien rond een lijn die je trekt tussen de schotel en de satelliet. Of preciezer, je kunt de schotel spiegelen in elk vlak dat door die lijn loopt. Als je meerdere opnemers op je schotel hebt gemonteerd, zul je dat preciezere model nodig hebben; een opnemer



die rechts van het midden zit komt in de nieuwe situatie links te zitten. En ook de verdraaiingshoek van de opnemer moet de andere kant op. In de meeste opstellingen

komt dit neer op een schotel die een hoek van 30 graden maakt met de grond. Dat houdt dus in dat hij ongeveer half zo hoog is, van opzij gezien. Op een plat dak met een dakrand betekent dat vaak onzichtbare montage, zeker met de moderne kleinere schotels. Op een schuin dak betekent het dat de schotel minder hoeft uit te steken.

Op de foto is de schotel gemonteerd op een horizontale paal. Dat werkt zonder het overige montagemateriaal te veranderen, maar alleen als de satelliet in de richting van die paal te vinden is. Bij verdraaien zou je namelijk de schotel zijwaarts laten afzakken, en dan is de focus van je opnemer weg, met gevoelige uitdovingsverschijnselen tot gevolg. Als je wilt kunnen richten is de montage op een verticale as (desnoods met motor) dus beter.



Een laatste waarschuwing: In de praktijk komt de opnemer recht boven de schotel te hangen. Dat kan betekenen dat het een bliksemafleider wordt. Hier zul je maatregelen voor moeten treffen.

Rick van Rein

(060277)

Ringleidingversterkers

Als bestuurslid van een Vlaamse vereniging voor slechthorenden en doofgewordenen en als elektronicus heb ik een bijzondere belangstelling voor ringleidingsystemen, zoals die dikwijls worden toegepast in schouwburgen en kerken. Dergelijke ringleidingen worden bij voorkeur als één-draads uitgevoerd, om de zelfinductie en het vermogensverlies bij hogere frequenties zoveel mogelijk te vermijden (hoewel dit verlies naar mijn persoonlijk oordeel dikwijls schromelijk overdreven wordt en relatief eenvoudig kan worden opgevangen door een simpel filter, het gaat immers in hoofdzaak om spraakfrequenties, dus in het gebied 200...5000 Hz). Eéndraadsringleidingen zijn echter zeer laagohmig, en de aangepaste versterkers zoals bijvoorbeeld van Ampetronic hebben uitgangsimpedanties in de orde van 1 Ω . Mijn vraag: Hoe realiseert men dergelijke uitgangsimpedanties voor een eindtrap? Mijn zoektocht in de literatuur en op Internet heeft geen enkel bruikbaar principe opgeleverd en een 'vivisectie' op een goed werkende Ampetronic versterker leek me iets te verregaand.

Roger Wauters

In Elektuur is dit onderwerp nooit ter sprake gekomen, maar wel in ons zusterblad Elex. In de uitgaven van april en mei 1991 zijn respectievelijk een ontvanger en een versterker voor een ringleidingsysteem beschreven. De versterker heeft een uitgangsimpedantie van circa 1 Ω , door de aanwezigheid van een uitgangsweerstand van die waarde. In deze artikelen wordt ook beschreven hoe u een bestaande eindversterker kunt gebruiken voor een ringleiding. Dat is mogelijk door tussen de uitgang van de versterker en de ringleiding een serieweerstand op te nemen die overeenkomt met de nominale belasting van de versterker, bijvoorbeeld 4,7 Ω (een type voor een flink vermogen, 10 W of nog meer).

Neem dan wel geen te zware versterker, anders gaat te veel vermogen in de weerstand zitten. Voor iedereen die geïnteresseerd is in de Elex-artikelen hebben we goed nieuws. Er is nu een Elex-DVD voor weinig geld te koop waarop alle verschenen jaargangen zijn verzameld (zie www.elektuur.nl).

Moeilijke Alfadoku

Die Alfadoku is wel erg lastig. Na weken puzzelen en proberen kan ik alleen zeggen dat deze niet op te lossen is. (Ik kom totaal vast te zitten, wel tig keer alles nagekeken. Zelfs in Excel alle mogelijkheden bijgehouden. Ik kom op 3 vakjes met 2 letters mogelijk, de rest 3, 4 of meer)

Als deze alfadoku wel op te lossen is, zijn er volgens mij meerdere oplossingen mogelijk.

Vandaag 'vals' gespeeld met een programma dat het zou moeten kunnen oplossen, maar helaas geeft dit programma ook aan dat er geen oplossing is.

M. Splint

Werkelijk een hele moeilijke, die Alfadoku in de HGI. Het was voor mij dan ook een uitdaging om een programma in Excel te schrijven waarmee deze puzzel opgelost kon worden. Uiteindelijk was ik zover dat ik een programma had dat weliswaar normale Sudoku's en ook de Hexadoku's oplost, maar bij de Alfadoku blijft het programma na enige tijd hangen omdat het geen eenduidige oplossing kan vinden. Zijn er misschien meerdere goede oplossingen mogelijk?

F. Tresch

De Alfadoku-puzzel was inderdaad een hele uitdaging! Toch zijn veel lezers ermee aan de slag gegaan. Sommige hebben dat op de ouderwetse manier gedaan, met potlood en papier, maar andere hebben de computer te hulp geroepen en hebben een programma geschreven dat de puzzel moest oplossen.

Van enkele lezers (zoals hierboven) hebben we de opmerking gekregen dat het niet mogelijk was een eenduidige oplossing te vinden (met de hand of de pc). We sluiten dat niet helemaal uit, bij zo'n grote puzzel bestaat inderdaad de kans dat er meer dan een oplossingsmogelijkheid is en een computerprogramma kan daar behoorlijk op vastlopen. Tot nu toe heeft geen enkele lezer ons echter een compleet ingevulde correcte Alfadoku gestuurd met een andere oplossing dan die van ons. Daarom rekenen we maar één oplossing goed en dat is: IDRFBV.

Er zijn overigens nog behoorlijk veel goede inzendingen binnengekomen, vanuit Nederland/België maar liefst 15 stuks! En daar waren ook enkele lezers bij die dit met behulp van een zelfgeschreven computerprogramma hebben opgelost. Onze complimenten!

Elektorskoop

Leuk, dat artikel over de Elektorskoop in het juninummer. Echt nostalgie. Dat herinnerde me eraan dat ik deze scoop

T	E	H	O	R	O	P	K	M	X	N	D	U	I	W	B	V	G	J	F	A	S	L	Y	C
Y	D	P	A	B	R	N	L	W	S	G	C	J	K	M	X	U	O	E	H	T	I	V	F	Q
J	N	F	G	I	H	V	Y	T	E	O	X	L	B	Q	M	C	A	S	R	P	U	K	W	D
W	L	X	K	V	B	D	J	U	C	S	H	F	A	E	P	I	T	Y	Q	O	N	M	R	G
S	U	C	O	M	G	A	I	F	Q	P	R	Y	V	T	N	L	D	K	W	J	E	B	H	X
D	T	E	H	P	F	Y	V	J	K	U	B	C	R	N	L	A	Q	X	M	I	G	O	S	W
M	O	L	J	C	D	B	W	X	T	V	S	I	H	P	Y	F	N	G	E	R	Q	U	K	A
G	V	R	B	N	Q	M	E	S	A	X	J	K	L	F	U	W	H	O	I	D	T	Y	C	P
U	S	W	F	Q	I	O	P	L	G	T	M	A	E	Y	R	K	C	B	D	X	H	N	J	V
I	K	A	Y	X	C	H	R	N	U	D	O	Q	W	G	V	J	S	P	T	L	B	E	M	F
O	W	Q	V	U	M	T	S	Y	B	A	G	X	F	C	I	N	L	H	P	E	K	J	D	R
C	R	N	S	D	L	W	H	O	P	M	I	T	Y	J	K	E	U	F	X	Q	A	G	V	B
F	M	T	X	G	J	C	A	K	N	E	W	S	U	R	Q	D	B	V	Y	H	L	P	I	O
B	I	J	P	Y	U	Q	G	E	V	H	L	N	D	K	T	R	W	A	O	F	C	S	X	M
E	H	K	L	A	X	I	D	R	F	B	V	P	Q	O	S	G	M	C	J	N	Y	W	T	U
A	P	S	U	O	E	L	T	H	D	J	Y	V	G	X	C	M	I	R	B	W	F	Q	N	K
Q	F	M	R	W	V	U	B	A	Y	I	P	O	C	S	D	T	E	N	K	G	J	X	L	H
N	C	G	I	T	K	R	X	Q	O	W	E	B	M	A	F	H	J	U	L	S	V	D	P	Y
H	X	B	D	L	P	J	N	G	W	F	K	R	T	U	O	S	Y	Q	V	C	M	A	E	I
K	Y	V	E	J	S	F	C	I	M	L	Q	H	N	D	A	P	X	W	G	U	O	R	B	T
V	J	Y	M	K	A	S	F	D	L	C	N	G	X	H	W	O	R	T	U	B	P	I	Q	E
X	Q	D	N	H	Y	G	U	C	J	K	T	W	O	V	E	B	P	I	S	M	R	F	A	L
P	B	O	C	F	T	E	Q	V	I	R	A	D	S	L	G	X	K	M	N	Y	W	H	U	J
L	G	I	T	S	W	K	M	P	R	Y	U	E	J	B	H	Q	F	D	A	V	X	C	O	N
R	A	U	W	E	N	X	O	B	H	Q	F	M	P	I	J	Y	V	L	C	K	D	T	G	S

ook nog steeds heb. Het was even zoeken op zolder, waar hij al vele jaren in een doos zat (ik ben lang niet met elektronica bezig geweest). En hij doet het nog steeds, zoals ook op de foto te zien is. Ik heb deze scoop tweedehands gekocht in 1983 of 1984 met een defecte trafo. Daarvoor heb ik toen een wikkel-hulpstuk gebouwd (zie tweede foto) waarin de spoel opgespannen op twee klosjes rustig ronddraaide door de motor en de micro-switch aan de zijkant pulsen gaf aan een

teller. Zodoende kon ik zowel met afwikkelen van de oude draad als met het opnieuw wikkelen makkelijk het aantal windingen tellen.

Ik heb de scoop enkele jaren gebruikt tot de elektronica naar de achtergrond verdween. Nu pak ik de draad weer op en ga de scoop mogelijk nog wel eens gebruiken. In ieder geval bewaar ik hem.

Jan Huijs

We vinden het altijd fijn om te zien dat zo'n terugblik zo'n enthousiaste reacties losmaakt bij de lezers. We drukken uw foto's bij deze af.



Mailbox

Alleen vragen of opmerkingen die voor meer lezers interessant zijn en die betrekking hebben op Elektuur-publicaties niet ouder dan 2 jaar, komen voor beantwoording in aanmerking. Vermeld bij uw vraag of reactie de titel, maand en jaar van uitgave van het artikel waar uw reactie betrekking op heeft. Gezien de hoeveelheid kunnen helaas niet alle reacties beantwoord worden en kan niet worden ingegaan op persoonlijke wensen en verzoeken om aanpassingen van of aanvullende informatie over Elektuur-projecten. Hiervoor kunt u het beste terecht op het forum van Elektuur op www.elektuur.nl. Stuur uw e-mail naar: redactie@elektuur.nl. Een brief schrijven kan ook: postbus 121, 6190 AC Beek

20-jarig jubileum LabVIEW

Jubileumversie 8.20 vooral gericht op testen van communicatiesystemen

National Instruments heeft ter gelegenheid van het 20-jarig jubileum van LabVIEW de versie 8.20 gepresenteerd. LabVIEW is 's werelds meest gebruikte grafische ontwerpplatform voor testen, besturingen en ontwikkeling van embedded systemen.

De nieuwe versie 8.20 is uitgebreid met hulpmiddelen voor het ontwerpen, simuleren en testen van communicatieprotocollen in de telecommunicatie. LabVIEW 8.20 biedt de ontwerper de mogelijkheid om m-bestanden die gegenereerd zijn met MATLAB-software van The MathWorks te hergebruiken. Tevens voorziet versie 8.20 in object-georiënteerde programmeerstructuren voor geavanceerde ontwerp- en testapplicaties, en een op XML gebaseerde rapportagestandaard voor testdata-management.

Het LabVIEW 8.20 platform bevat de nieuwe Modulation Toolkit, een flexibele, door software gedefinieerde benadering om communicatiesystemen te ontwerpen en te testen. Deze bouwt voort op de intuïtieve LabVIEW-programmeertaal. De Modulation Toolkit maakt het mogelijk om modellen te ontwerpen, om communicatiesystemen te simuleren, om parameters te



wijzigingen en ontwerpbeslissingen te evalueren. Bovendien kan de code worden hergebruikt en geïntegreerd in HF testapparatuur om signaalmetingen en bitfouttesten uit te voeren voor het testen van complete producten.

Een belangrijke nieuwe innovatie is MathScript. Het gaat hierbij om een math-georiënteerde, tekstuele programmeertaal die vrijwel geheel compatibel is met de door MATLAB gegenereerde m-bestanden. Zo kan de ontwerper bestaande m-bestanden integreren of nieuwe scripts met behulp van LabVIEW creëren. De combinatie van de grafische en tekstgebaseerde benadering laat toe om met interactieve GUI's en naadloze koppeling

met I/O stimulisignalen te genereren en metingen aan complexe communicatiesignalen uit te voeren.

LabVIEW 8.20 levert ook nieuwe hulpmiddelen om eigen specifieke meetcomponenten te ontwikkelen, die gebaseerd zijn op de standaard PC en halfgeleiderstechnologie. De nieuwe FPGA-Wizard automatiseert de ontwikkeling van FPGA-code voor de ontwikkeling van deze zelfgedefinieerde meetcomponenten. De ontwerper kan vervolgens de op een FPGA gebaseerde meetcomponent op een plug-in kaart voor standaard PC's implementeren. Hiermee kan snel en op een goedkope wijze de PC worden gebruikt

voor prototyping van willekeurige systemen. Hetzelfde kan ook op een National Instruments PXI-module worden geïmplementeerd voor het realiseren van robuuste krachtige productietestsystemen.

De nieuwe Instrument Driver Wizard betekent dat ontwerpers hun LabVIEW instrument-drivers, momenteel al meer dan 5000, kunnen herdefiniëren en vanuit andere programmeertalen kunnen aanroepen als een dynamische-link-bibliotheek (DLL). Leveranciers van instrumenten kunnen nu een enkel stuurprogramma ontwikkelen binnen de LabVIEW-omgeving en daarmee ook klanten ondersteunen die traditionele tekstgebaseerde programmeertalen gebruiken.

LabVIEW 8.20 introduceert bovendien een zeer snelle data-opslagfaciliteit, genoemd TDM (Technical Data Management) voor het opslaan en documenteren van gegevens. De gebruiker kan met TDM databeschrijvingen van testen onderbrengen in zijn databestanden die gebaseerd zijn op een open XML-gebaseerd formaat.

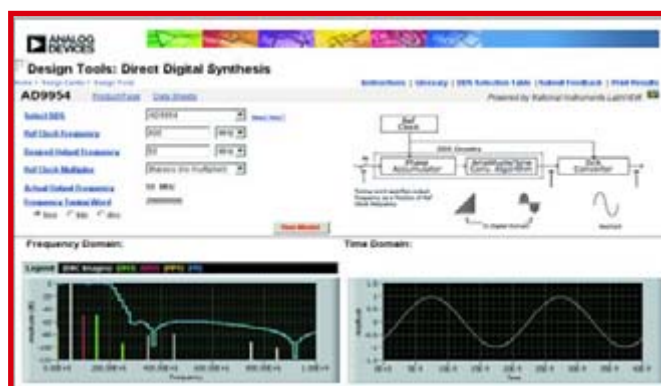
(067207)

Meer info:
www.ni.com/netherlands

Simulatie-tool voor DDS-IC's

Met het online-simulatieprogramma ADIsimDDS wil fabrikant Analog Devices ontwerpers helpen bij het ontwikkelen van schakelingen met DDS-IC's (Direct Digital Synthesis), bij de keuze van het juiste type IC en bij het foutzoeken in zulke schakelingen. De online-software maakt gebruik van parametrische gegevens voor het berekenen van het uitgangssignaal van een bepaald type DDS-chip. De ontwerper kiest eerst een bepaald type IC van Analog Devices uit een lijst van meer dan 20 typen en voert

vervolgens de te gebruiken klokfrequentie voor het IC en de gewenste uitgangsfrequentie in. Grafisch worden dan het te verwachten frequentiespectrum en de vorm van het uitgangssignaal getoond. De uitgangssignalen kunnen ook nog in tabelvorm worden weergegeven. Het is bovendien mogelijk een analoog uitgangsfILTER toe te voegen (waarbij type, steilheid, doorlaatrimpel en maximale onderdrukking kunnen worden ingesteld), waarna het programma het effect daarvan op het spectrum



en het uitgangssignaal toont. ADIsimDDS is gratis beschikbaar op de website van Analog Devices, er hoeft geen apart pro-

gramma te worden gedownload.

(067206)

ADIsimDDS:
www.analog.com/ADIsimDDS

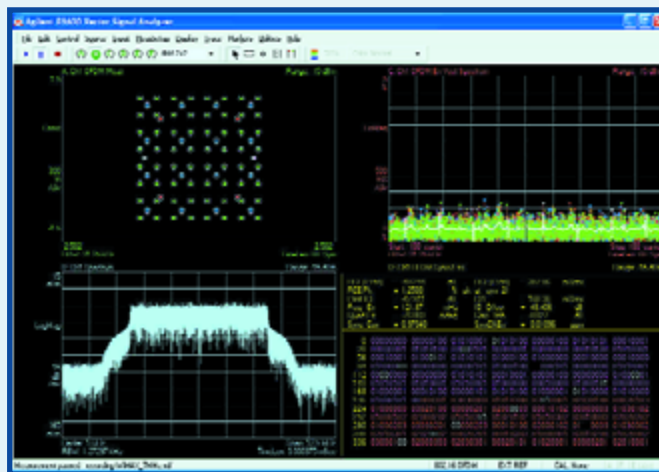
Drie nieuwe testsystemen van Agilent

Draadloze toepassingen worden steeds complexer. Meer functionaliteit, complexere schakelingen, hogere integratie van componenten en modules en de snelle groei van de mogelijkheden van de software zijn slechts enkele oorzaken. Ook het feit dat de time-to-market steeds belangrijker wordt en dat men niet wil wachten op een applicatie of product, vraagt om een steeds complexere en efficiëntere ontwikkelafdeling.

Om hieraan tegemoet te komen brengt Agilent Technologies [1] in september 3 nieuwe platforms op de markt, de MXA signaal-analyser, de MXG signaalgenerator en de E6601A One-Box Tester. Met deze nieuwe apparatuur wil Agilent tegemoet komen aan een groot aantal wensen van gebruikers, zoals snelheid en prestatie. Ook aan de schaalbaarheid is gedacht. De platforms zijn zo geconstrueerd dat de gebruiker precies kan kopen wat hij nodig heeft en niet hoeft te betalen voor allerlei functies die hij toch nooit gebruikt.

Daarnaast heeft men actief nagedacht over de 'cost of ownership', de werkelijke gebruikerskosten. De prijs van een meetapparaat bestaat niet alleen uit de aanschafprijs. Kosten die voortkomen uit kalibratie, reparatie en tijdverlies in het productieproces als gevolg van die twee worden vaak over het hoofd gezien. Om al deze kosten te beperken, heeft Agilent een aantal maatregelen genomen. Zo zijn alle geïntroduceerde systemen gebaseerd op het Windows XP besturings-systeem. Op die manier zijn de systemen eenvoudig aan te passen aan de gewenste configuratie en gemakkelijk uit te breiden naar de behoeftes van de gebruiker.

De MXA signaalanalyser biedt de hoogste meetsnelheid van de nieuwe generatie analysers uit de middenmoot. Het platform werkt samen met Agilent's 89601A vector signaal analyse (VSA) software. De signaalanalyser is eenvoudig te bedienen vanaf het frontpaneel of met een USB-toetsenbord en -muis. Ook via de LAN-verbinding en de GPIB



(General Purpose Interface Bus) is het apparaat te benaderen.

Het MXA-platform is speciaal bedoeld voor het ontwikkelen van HF/ μ W- en draadloze communicatieproducten. R&D technici zullen aan de MXA een grote steun hebben bij het testen van ontwerpen die moeten voldoen aan strikte standaarden. De analyser meet complex gemoduleerde signalen en kan geautomatiseerde testen uitvoeren.

Via software is de configuratie van het apparaat te upgraden (of te downgraden). Aan de hardware hoeft niets gewijzigd te worden. Als men bijvoorbeeld een voorversterker voor 3,6 GHz koopt en deze later toch niet blijkt te voldoen, kan de module eenvoudig geüpgraded worden door een andere

softwarelicentie te kopen. Nieuwe hardware is niet nodig. Het frequentiebereik van de MXA loopt van 20 Hz tot maximaal 26,5 MHz en de analysebandbreedte bedraagt 10 of 25 MHz. De MXG signaalgenerator vangt de ESG-AP/DP. De ACLR (Adjacent Channel Leakage Ratio) van minimaal -64 dBc (-76 dBc gemeten bij enkele draaggolf 3GPP W-CDMA-signalen) is onovertroffen. Daarnaast biedt de MXG een afspiegelgeheugen van 64M samples en een 100 MHz basisband generator. De werkelijke gebruikerskosten worden geminimaliseerd doordat een defecte printplaat binnen een half uur verwisseld kan worden en het ontwerpproces dus minimaal wordt opgehouden. Hiervoor zijn reserve printboards

aan te schaffen die verder geen kalibratie behoeven.

De E6601A is een compacte draadloze communicatie-testset. Een normale testopstelling neemt ongeveer een halve 19"-kast in beslag. Deze One-Box Tester heeft veel bescheidenere afmetingen en kan zelfs nog op de werktafel geplaatst worden.

De tester bevat een HF-analyser voor power-, frequentiefouten-, modulatie- en spectrumanalyses. Een HF-generator voor technologiespecifieke signaalmodulaties en een audiosignaalgenerator en -analyser zijn ook ingebouwd. Formaten als GSM, GPRS, EGPRS, W-CDMA, HSDPA, cdma2000 en 1xEV-DO hebben geen geheimen voor deze One-box tester. Een complete GSM-test kan in 15 tot 30 seconden doorlopen worden. De test-setup of het testprogramma is eenvoudig op te slaan en mee te nemen op een USB-stick. De E6601A kan niet alleen via het frontpaneel bediend worden, maar ook via Remote Desktop-beheer over een LAN-verbinding.

Ook bij dit platform kan de configuratie zelf samengesteld worden en zijn alle upgrades softwarematig door te voeren, zonder dat er hardware bijgekocht hoeft te worden. Er kan bijvoorbeeld een tijdgebonden licentie gekocht worden, of een licentie voor technologiespecifieke RX/TX-metingen.

Agilent is van plan naast IVCOM, IVC en VXI ook 'G drivers' te schrijven voor alle nieuwe instrumentatie, zodat deze ook in LabView bruikbaar is. Daarnaast voldoet de meeste apparatuur aan de LXI-standaard. LXI staat voor LAN for eXtensions in Instrumentation [2] en wordt gezien als de opvolger van GPIB. De LXI-standaard wordt reeds door alle grote fabrikanten ondersteund. Veel apparatuur is dus uitwisselbaar en instrumenten van verschillende merken kunnen dus via LXI met elkaar communiceren.

(067204)

Weblinks:

- [1] www.agilent.com
- [2] www.lxi-standard.org

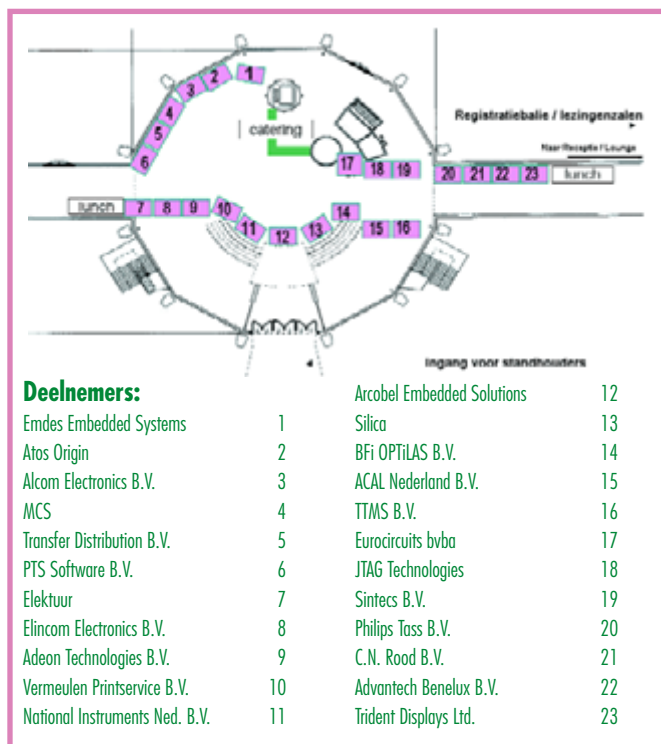
Achtste D & E Event

Op 28 september 2006 organiseert het FHI de achtste editie van het D&E Event. Tijdens dit jaarlijkse Design Automation & Embedded Systems evenement kunnen ontwikkelaars en gebruikers van embedded systems en high-end elektronica-ontwerpen kennis maken met de laatste technologieën. Ook kunnen ze hier visies en ervaringen uitwisselen met vakgenoten.

Het Atrium in het bekende Evoluon te Eindhoven is met 25 table-top presentaties de gehele dag toegankelijk. Vooraanstaande leveranciers van embedded systems en design automation zullen hier innovatieve ontwikkelingen en technologieën voor een foutloze en vloeiende designflow presenteren.

Het subthema 'Challenges in hardware & software integration' wordt zowel door de deelnemers als de plenaire sprekers vormgegeven.

Ook Elektuur zal op deze D&E Event met een stand aanwezig



zijn en verschillende demonstraties geven.

De kick-off om 09.00 uur wordt door Philips Semiconductors ver-

richt met een presentatie over 'The long and winding road of Hardware & Software IP integration'. Daarna volgt een presentatie van AimSys over het realiseren van een snelle Time-to-Market en lage productiekosten. De dag wordt afgesloten door Thales met het onderwerp 'Fully Controlled Electronics Design'.

Tussendoor zijn parallel diverse presentaties van de deelnemers, waarbij men uitgebreid wordt geïnformeerd over de mogelijkheden en uitdagingen van nieuwe technologieën.

Het Design Automation & Embedded Systems Event 2006 biedt de ontwikkelaars de laatste technologie en de contacten die nodig zijn bij performanceverbetering van embedded systems.

U kunt u gratis registreren voor een bezoek aan het D&E Event 2006 op: www.fhi.nl/d&e

(067210)

Nieuwe generatie USB-programmers van Dataman

De Engelse fabrikant Dataman heeft een nieuwe serie universele programmers gepresenteerd, die zodanig zijn opgezet dat ze alle moderne IC-technologieën ondersteunen. De nieuwe programmers zijn allemaal voorzien van een USB-interface, zodat ze gemakkelijk kunnen worden aangesloten op moderne PC's en vooral ook laptops.

De Dataman-40Pro is een kleine draagbare programmer met een 40-pens programmeervoet, die ontworpen is om een groot aantal geheugen-IC's en logica-IC's te kunnen programmeren, inclusief de nieuwste low-voltage chips. Dit type is vooral geschikt voor elektronici die veel onderweg zijn en toch programmeerfunctionaliteit bij zich moeten hebben.

De Dataman-48Pro is bedoeld voor degene die hoge programmeersnelheid wenst en een universeel apparaat dat zoveel



mogelijk typen en soorten IC's kan programmeren. De 48Pro ondersteunt meer dan 25.000 IC's met voedingsspanningen van 1,5 tot 5 V.

Grotere hoeveelheden IC's kunnen snel geprogrammeerd worden door meerdere 48Pro-exemplaren op dezelfde PC aan te sluiten. Op deze wijze kunnen meerdere exemplaren van hetzelfde type IC parallel worden geprogrammeerd, maar men kan ook IC's met verschillende data simultaan programmeren.

De Dataman-40Pro en -48Pro hebben ook een In System Programming (ISP) aansluiting met een JTAG-interface, waarmee chips in de schakeling kunnen worden geprogrammeerd.

De Dataman-448Pro tenslotte is ontworpen voor het programmeren van grotere hoeveelheden IC's op een eenvoudige wijze. In de behuizing van dit apparaat bevinden zich vier onafhankelijke universele programmeermodules die ondersteuning bieden

voor meer dan 22.000 typen IC's.

De nieuwe programmers worden aangestuurd met behulp van een Windows-programma met een overzichtelijke interface. De software wordt elke 2...3 weken ge-update met nieuwe IC-typen en deze updates kunnen gebruikers gratis downloaden van de Dataman-website.

(067192)

Meer info:
www.dataman.com

Masterclass luidsprekers ontwerpen

Op zaterdag 21 oktober a.s. organiseert Elektuur in Eindhoven een masterclass over het ontwerpen van luidsprekers. Na het succes van twee eerdere audio-masterclasses is dit opnieuw een gelegenheid die geen enkele audiofiel mag missen.

In deze eendaagse cursus worden de theorie en de praktijk van moderne luidsprekersystemen behandeld. Aan het einde van de dag begrijpt de deelnemer de invloed van de behuizing op de akoestiek en kan hij de opgedane kennis toepassen in eigen projecten. Deze masterclass wordt verzorgd door natuurkundige Ing. Peter Swarte. Als productontwerper heeft hij veel luidsprekersystemen ontwikkeld en vernieuwd, waaronder basreflex-

systemen, luidsprekers met extreem grote membraanuitslagen, resonantievrije luidsprekers en luidsprekers voor 'moeilijke' akoestieksituaties.

Op het programma staan:

- Typen en opbouw van luidsprekers
- Overdracht: Hoe 'ziet' de versterker de luidspreker en hoe 'ziet' het membraan de aangekoppelde lucht.

- Metingen en welke conclusies er uit kunnen worden getrokken

- Akoestische kortsluiting, baffle, gesloten kast, open afgestemde kast.

- Meervoudige luidsprekersystemen: hoog-, midden- en lage-tonen luidsprekers, arrays.

Van de deelnemers wordt verwacht dat ze kennis hebben van filterelementen, wisselspanning, frequentie, fase, vermogen etc.

De deelnamekosten bedragen € 119,- (incl. lunch). Elektuur-abonnees krijgen 10% korting.

Inschrijven kan op:
www.elektuur.nl/events

Datum:
zaterdag 21 oktober 2006, van 10.00 tot 14.30 uur

Locatie:
Holiday Inn, Eindhoven

(067208)

Elektuur organiseert in samenwerking met National Instruments Lezingen- en praktijkdag: Maak kennis met LabVIEW

Binnenkort organiseert Elektuur weer een lezingen- en praktijkdag voor zijn lezers, ditmaal in samenwerking met National Instruments. Op deze dag worden theorie en praktijk weer op een prettige wijze met elkaar gecombineerd. Deze dag wordt gehouden op 30 november in Eindhoven.

Welke elektronicus kent LabVIEW niet? Als het gaat om het verrichten van (geautomatiseerde) metingen met behulp van een computer, dan is dit de aangewezen software om snel zelf een applicatie voor een bepaalde meetsituatie op te zetten.

Op deze lezingen- en praktijk-



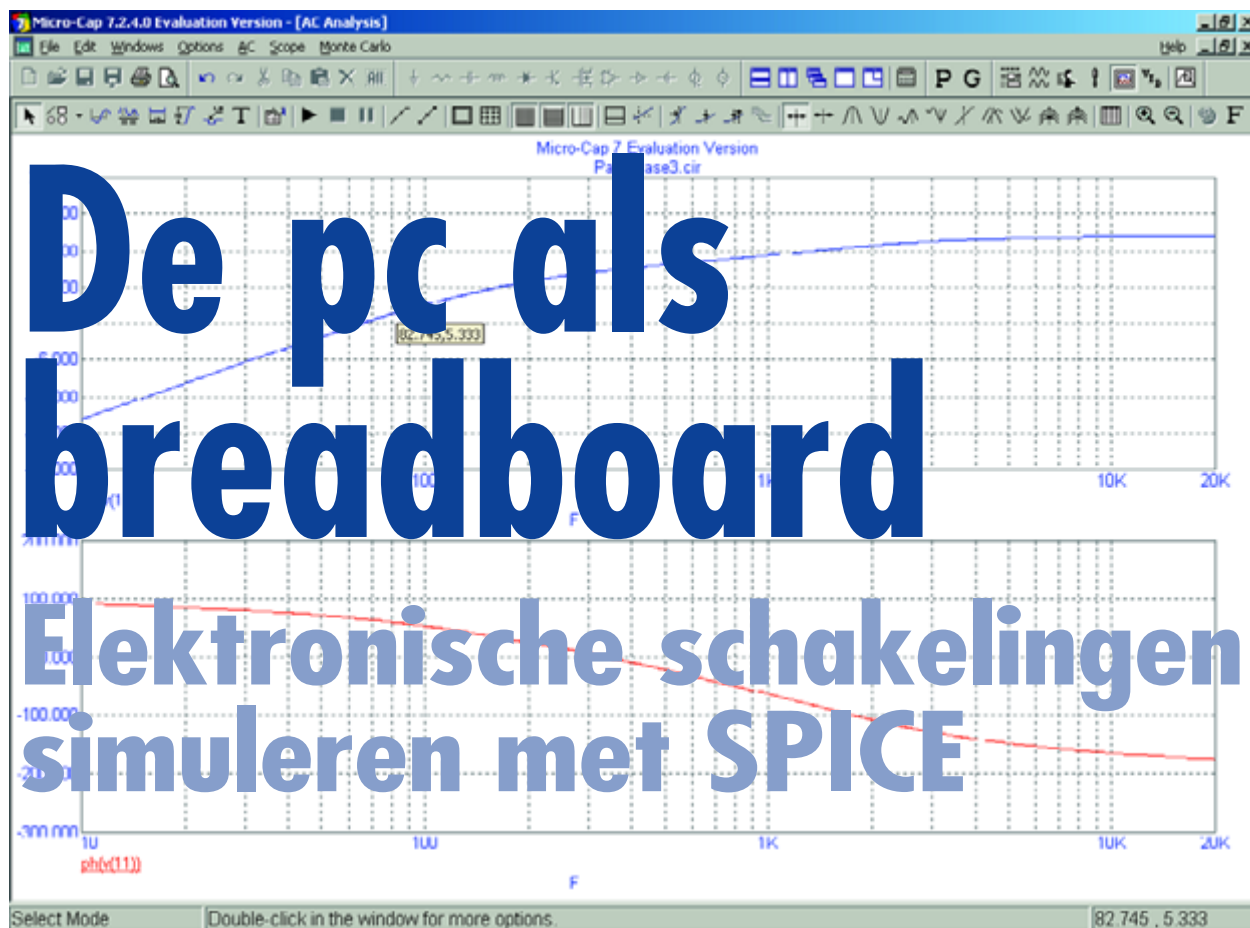
dag maakt u kennis met LabVIEW en leert u hoe u uw eerste meting in minder dan 10 minuten kunt realiseren. De deelnemers krijgen een introductie in LabVIEW en een overzicht van de mogelijkheden die zowel de kracht en als het gemak van grafisch programmeren met LabVIEW benadrukken. In de ochtend wordt eerst een data-acquisitie sessie gegeven, waarna 's middag een LabVIEW-training volgt.

In de novemberuitgave zullen we meer details geven over de exacte inhoud van deze dag.

(067203)

WWW.BROKER1.TV

*Uw partner voor moeilijk verkrijgbare
obsoleete elektronica componenten sinds 1984*



Kees de Groot

Tegenwoordig brengen elektronica-ontwerpers meer tijd door achter hun pc dan achter de soldeerbout. Dankzij slimme software kunnen ze op de computer hele schakelingen nabootsen zonder ook maar één soldeerverbinding te maken. De basis voor zulke simulatieprogramma's vormt het programma SPICE dat al in 1972 werd ontwikkeld. Hier leggen we beknopt uit hoe SPICE componenten en schakelingen natuurgetrouw kan simuleren.

SPICE is een programma waarmee je een elektronische schakeling kunt simuleren. Alle spanningen en stromen kunnen bekeken worden nog voordat de schakeling echt gebouwd wordt. Solderen en experimenteren met de PC! De schakeling kan bestaan uit alle bekende elektronische componenten. Dus weerstanden, condensators en spoelen, maar ook diodes, transistors en FET's. Ook heel veel IC's zijn middels bibliotheken beschikbaar. Nieuwe componenten kunnen zelf gedefinieerd worden, van het internet geplukt of gekocht worden. De simulatieresultaten komen in het algemeen heel goed overeen met de werkelijkheid en dat tot zeer hoge frequenties.

Naast analoge schakelingen kunnen met de moderne simulatieprogramma's ook digitale schakelingen worden gesimuleerd, zoals microcontrollers, RAM en schakelingen met digitale poorten, maar ook antennes en transmissielijnen.

Waarom zou ik SPICE gebruiken?

Voor de hobbyist is SPICE een geweldige mogelijkheid te experimenteren met nieuwe of (nog) onbekende compo-

nenten. Het is leuk om op een regenachtige zondagmiddag eens een buizenschakeling op te zetten, de voedingsspanning drastisch te verlagen en vervolgens te kijken waar dan problemen optreden in de schakeling. Een push-pull audio-eindtrap of een klasse-E HF-eindtrap is vrij snel opgezet met buizen, transistoren of FET's. En er sneuvelen geen dure componenten!

Maar ook de professionele elektronica-ontwikkelaar kan heel veel nut hebben van een dergelijk programma. Schakelingen en wijzigingen erin kunnen worden geprobeerd zonder dat steeds weer een nieuw prototype hoeft te worden opgebouwd. Het is verder ook mogelijk rekening te houden met de toleranties en temperatuurafhankelijkheid van de toegepaste componenten. Zo is snel te controleren of een schakeling goed reproduceerbaar is.

Hoe het begon

De ontwikkeling van SPICE (Simulation Program with Integrated Circuits Emphasis) gaat terug naar 1972 toen Larry Nagel en Donald Pederson van de Berkeley Univer-

sity in Californië de allereerste versie schreven in FORTRAN. De eerste versies hadden geen grafische interface omdat de programma's op een mainframe werden uitgevoerd. Mede daarom werd een vrij Spartaanse wijze van beschrijving van de schakeling gebruikt. Tot op heden worden SPICE-modellen en subschakelingen nog steeds op die manier beschreven (**figuur 1**). Latere versies van SPICE, we zitten dan al in 1985, werden in C geschreven. De eerste PC-versie, PSpice, werd door MicroSim op de markt gebracht.

Tegenwoordig zijn er tientallen simulatie-tools die meer of minder op SPICE baseren. Naast commerciële versies zijn er ook open-source-versies. Voor educatieve doeleinden zijn er versies die beperkt zijn in de grootte van de te simuleren schakeling of versies met een tijdslimiet. Veel simulatieprogramma's hebben de mogelijkheid om een schema grafisch in te voeren en de simulatieresultaten in grafische vorm op een virtuele oscilloscoop te zien. Vaak is het ook mogelijk de schakeling naadloos over te zetten naar een printontwerp.

Naast het simuleren van algemene elektronischschakelingen zijn er ook simulatieprogramma's voor een specifiek gebied. Zo zijn er simulators voor geïntegreerde schakelingen, digitale schakelingen, microgolfschakelingen en filters, maar ook voor radio-antennes en elektromagnetische velden. De invoer kan op de ouderwetse numerieke SPICE-manier gebeuren door alle inputs, outputs, knooppunten, spanningen, stromen en onderdelen te benoemen. Veel moderne simulatieprogramma's maken gelukkig gebruik van grafische invoer, waarbij je met de muis onderdelen neerzet en met elkaar verbindt. Voor digitale schakelingen kan vaak een hardware-programmeertaal gebruikt worden zoals VHDL of Verilog eventueel uitgebreid met een analoge beschrijvingstaal.

Een heel ander gebied is de simulatie van mechanische systemen. En wat dacht u van een simulatieprogramma waar je LEGO-ontwerpen mee kunt bouwen? Maar daar zullen we hier niet verder op ingaan.

Hoe werkt SPICE?

SPICE maakt op een slimme manier gebruik van de wet van Ohm en de wetten van Kirchhoff.

De wet van Ohm geeft het verband tussen de spanning over een weerstand en de stroom die door die weerstand gaat. Als er bij een spanning $U = 2 \text{ V}$ een stroom $I = 0,5 \text{ A}$ door een weerstand R vloeit, dan is de waarde van die weerstand 24Ω ($R = U/I$).

De stroomwet van Kirchhoff zegt dat er in een knooppunt net zoveel stroom binnenkomt als er weer uitvloeit. Verbind maar eens een paar waterslangen aan een T-stuk. Al het water dat een slang instroomt komt er geheel weer uit via de andere aangesloten slangen. Niet meer en niet minder.

De spanningswet van Kirchhoff zegt dat in een maas (een rondgang door een schakeling, zodanig dat je weer op het beginpunt uitkomt) de som van de spanningen nul is. Dat heeft alles te maken met het kiezen van een fietsroute in een heuvelachtig terrein. Hoe je de route ook kiest, je kunt nooit alleen maar omlaag van de camping naar de kroeg en dan weer omlaag terug naar de camping. Je gaat later net zo veel weer omhoog als eerst omlaag.

Een klein voorbeeld. Stel dat we middels een serie weerstand van 10Ω een penlite-accu van $1,2 \text{ V}$ willen opladen vanuit een spanningsbron van 12 V . Over de penlite is een draaispoelmeterje geplaatst met een inwendige weerstand van 100Ω (**figuur 2**).

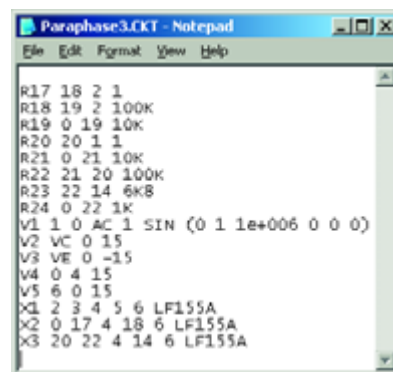
De spanningswet van Kirchhoff geeft

$$U_1 - I_1 \cdot R_1 + U_2 = 0 \quad (1)$$

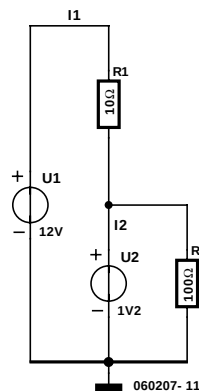
$$U_2 + (I_1 - I_2) \cdot R_2 = 0 \quad (2)$$

Uit deze twee vergelijkingen kunnen I_1 en I_2 worden opgelost met wat simpele algebra. Het blijkt dat $I_1 = 1,08 \text{ A}$ en $I_2 = 1,068 \text{ A}$. De penlite wordt dus met $1,068 \text{ A}$ geladen.

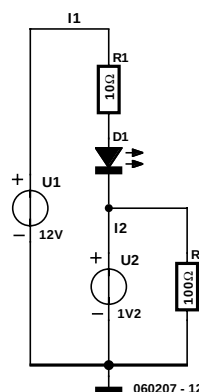
SPICE doet het op dezelfde wijze. Voor elke node (knooppunt) wordt de stroomwet van Kirchhoff toegepast en voor alle mazen de spanningswet van Kirchhoff. Zo krijg je een aantal vergelijkingen die uiteindelijk in de vorm van een matrix met getallen in het geheugen staan. De matrix wordt geïnverteerd en daarmee wordt het stelsel vergelijkingen opgelost. Er kan een willekeurig aantal weerstanden, spanningsbronnen en stroombronnen wor-



Figuur 1.
Gedeelte van een SPICE-netlist. Alle componenten worden opgesomd met de knooppuntnummers waartussen ze zijn opgenomen, gevolgd door andere specifieke eigenschappen.

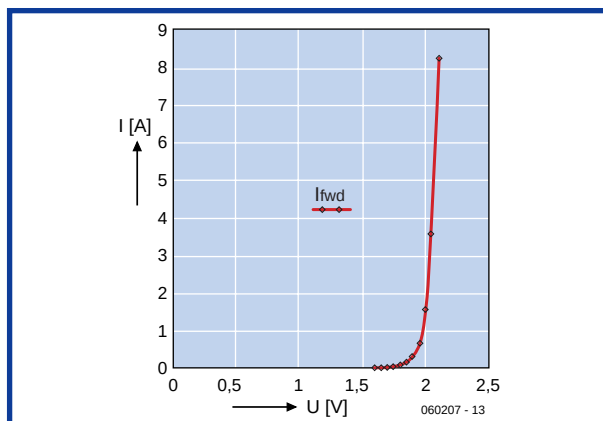


Figuur 2.
Vervangingscircuit van een 12-V-voeding die via een $10\text{-}\Omega$ -weerstand een NiCd-laadt. Parallel aan de accu zit een draaispoelmeter.



Figuur 3.
In serie met de laadweerstand wordt een indicatie-LED opgenomen.

Figuur 4.
De berekende
doorlaatkarakteristiek
van de LED.



den aangesloten als we de computer maar vertellen wat er tussen de verschillende nodes is aangesloten.

Als we in serie met R1 een LED opnemen (**figuur 3**), dan is de oplossing niet zo eenvoudig meer te vinden. De LED zal een spanningsval van circa 2 V veroorzaken, waardoor U1 zakt naar 10 V. Nu kunnen we net zoals hiervoor wel weer een oplossing uitrekenen voor I1 en I2, maar met die waarde van 2 V wordt dat slechts een vrij grove benadering. Willen we een exacte oplossing, dan komt er wat meer wiskunde aan te pas omdat we bij de LED met een niet-lineair element te maken hebben. Voor de stroom I_{LED} geldt:

$$I_{LED} = I_s \cdot (e^{U_d/N \cdot U_T} - 1)$$

Hierin is $I_s = 5,5 \cdot 10^{-15}$ A, U_d is de spanning over de diode, $U_T = 25 \cdot 10^{-3}$ V en $N = 2,3$

Figuur 4 toont hoe dit er in grafiekvorm uit ziet. Dit is de doorlaatkarakteristiek van een diode of LED, zoals de fabrikant deze ook opgeeft. Als de spanning over de LED minder is dan ongeveer 2 V, loopt er weinig stroom. Is de spanning groter dan die drempelspanning, dan stijgt de stroom vrij snel.

De LED kunnen we in dit geval dus vervangen door een spanningsbron U_{LED} met een spanning die afhangt van de stroom I1 in de schakeling (**figuur 5**). Maar dan zijn we er nog niet. De wetten van Kirchhoff laten het afweten als er niet-lineariteiten in de schakeling zitten. En een spanningsbron waarvan de waarde afhangt van iets anders in de schakeling, is op die wijze niet in formules te gieten.

Wat we dan wel kunnen doen, is onze LED lineariseren rond een bepaald instelpunt. Het idee is dat we bij kleine veranderingen van de spanning en stroom de LED als een lineair element kunnen beschouwen. Dan kunnen we weer wel de wetten van Ohm en Kirchhoff toepassen en alle spanningen en stromen in de schakeling berekenen. Dat geeft ons nog niet het juiste antwoord, maar wel een betere benadering. Met die betere benadering passen we de parameters van de benadering weer aan en dan berekenen we weer een betere lineaire benadering van onze diode in dat andere instelpunt. Het blijkt dat we dan na een paar iteraties al een bruikbaar resultaat hebben.

We hebben nu gezien hoe SPICE omgaat met niet-lineaire elementen. Deze worden vervangen door schakelingen die, in een bepaald instelpunt, wel lineair zijn. Door een aantal herberekeningen uit te voeren weet SPICE ook voor niet-lineaire schakelingen uiteindelijk de juiste oplossing te

vinden, een instelpunt dus dat 'past' in de schakeling.

Spoelen en condensatoren

Als de schakeling met wisselspanning wordt gevoed, dan kunnen we condensatoren en spoelen als complexe impedanties beschouwen en gewoon weer de wetten van Ohm en Kirchhoff toepassen om de spanningen en stromen in de schakeling te bepalen. Maar voor het doorrekenen van het inschakelgedrag gaat dat niet zo gemakkelijk. Laten we maar weer eens een simpele schakeling als voorbeeld nemen: een spanningsbron van 12 V, een weerstandje van 1 kΩ en een condensator van 1 nF (**figuur 6**). Als de spanning wordt ingeschakeld, zal er een stroom gaan lopen via R1. Deze stroom zal C1 opladen, waardoor de spanning over de condensator steeds groter wordt. De laadstroom zal dan steeds kleiner worden. Uiteindelijk zal de condensator worden opgeladen tot 12 V. Als we kijken naar de toestand waarbij de condensator is geladen tot 4 V, dan staat er nog 8 V over R1. Er zal dan 8 mA lopen. De condensator is op dat moment te vervangen door een spanningsbron. De spanningsverandering $dU = dt \cdot i/C$. Dus als er gedurende 0,1 ms een stroom van 8 mA loopt, zal de spanning over C toenemen met $1 \cdot 10^{-7} \cdot 8 \cdot 10^{-3} / 1 \cdot 10^{-9} = 0,8$ V. Na die 0,1 ms staat er een spanning van 4,8 V over C1 en 7,2 V over R1, waarmee we vervolgens een nieuwe berekening voor de volgende 0,1 ms kunnen doen. Op die wijze kunnen we het verloop berekenen dat in **figuur 7** is afgebeeld.

Bij het gebruik van deze eenvoudige integratiemethode moeten de tijdstappen heel klein blijven. Daardoor moet de pc veel stapjes berekenen, waardoor de simulatie aardig wat rekentijd gaat kosten. Nemen we de tijdstap te klein, dan kunnen er extra afrondingsfouten optreden. Vaak is de tijdstap variabel. Bij grote veranderingen worden de stappen automatisch kleiner gemaakt, bij kleine veranderingen weer groter. In de praktijk van SPICE zien de formules er wat anders uit (er wordt trapeziumintegratie toegepast), maar het basisidee is hetzelfde. In dit voorbeeld is de condensator vervangen door een spanningsbron. Het is ook mogelijk met een stroombron en een weerstand te werken, zoals in het voorbeeld met de diode. Het principe blijft hetzelfde: vervang het te simuleren onderdeel door een combinatie van lineaire componenten en itereer naar de oplossing.

Reële componenten

Tot nu toe hebben we alleen gewerkt met ideale theoretische componenten. Reële componenten zijn veel complexer van structuur. Zo is een weerstand eigenlijk een serieschakeling van een weerstand met een parasitaire inductie en daaraan parallel geschakeld een capaciteit. Bij een transistor of opamp komen daar nog een heleboel andere eigenschappen bij. Bij SPICE-modellen maakt men daarom onderscheid tussen theoretische (virtuele) en reële componenten. Bij de laatste gaat het gewoonlijk om subcircuits waarbij het totale gedrag van een bestaande component zo goed mogelijk is nagebootst. De gebruiker merkt daar niets van, want op het scherm verschijnt bij een transistor nog steeds hetzelfde symbool. Alleen bij het bekijken van de interne eigenschappen of de netlist is te zien dat er heel wat meer achter steekt dan bij een theoretisch ideale transistor. De meeste halfgeleiderfabrikanten leveren voor hun componenten SPICE-modellen waarin de eigenschappen van

elke specifieke component zo goed mogelijk zijn verwerkt. Alleen met zulke nauwkeurige modellen is het mogelijk een simulatie uit te voeren die overeenkomt met het werkelijke gedrag van een schakeling.

Tips en trucs

Bij SPICE moet er altijd een punt aan massa liggen. Dit is het referentiepunt. Bij het simuleren van een schakeling wordt altijd eerst een analyse gemaakt van de beginvoorwaarden. Daar kan het al mis lopen als je bijvoorbeeld drie condensatoren in serie zet. De middelste condensator kan in principe een willekeurig gelijkspanningsniveau hebben. Dit hangt helemaal af van de beginlading van de condensatoren. Ook als die beginlading nul is, kan de middelste condensator uiteindelijk een willekeurige lading krijgen.

Wanneer er vreemde fouten optreden, kan het vaak helpen om enkele componenten van plaats te verwisselen of hier en daar een weerstand van een paar $M\Omega$ naar massapotentiaal te leggen, als dat tenminste voor de werking van de schakeling geen probleem is.

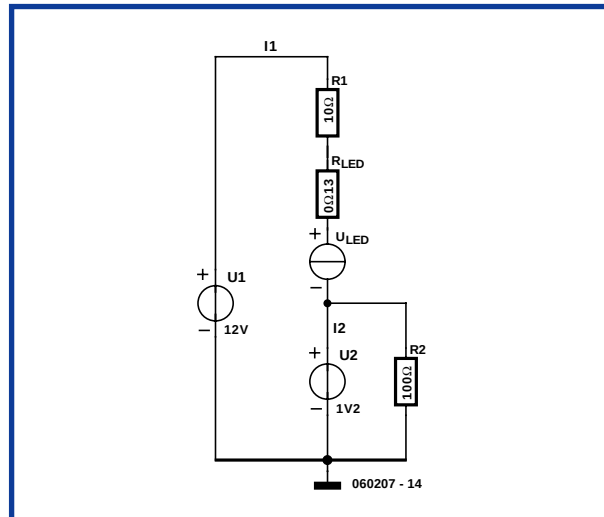
Bij het werken met virtuele componenten kan het gebeuren dat de simulatie van de schakeling een prima resultaat levert. Ga je dan over op standaard componenten dan wil de schakeling wel eens vreemd gaan doen. Dat kan komen doordat de waarden van de componenten niet ideaal meer zijn, omdat er bijvoorbeeld een keuze gemaakt moet worden uit de E12-reeks. Vooral bij filters wil de doorlaatkarakteristiek dan nog wel eens flink afwijken van wat er theoretisch berekend werd. Ook hierbij kan het simulatieprogramma helpen, want bij een zogenaamde Monte-Carlo-simulatie kun je van alle componenten een tolerantie opgeven. Verder kunnen we de schakeling ook nog eens onderwerpen aan een echte hittegolf. De schakeling wordt dan met allerlei combinaties van componentenwaarden en temperaturen doorgerekend. Het resultaat wordt getoond in een grafiek met een flink aantal lijnen die hopelijk netjes op elkaar liggen. Bij het simuleren van een schakeling met 'echte' componenten zijn interessante dingen waar te nemen bij hogere frequenties. Dan kan bijvoorbeeld de zelfinductie van een weerstand (de aansluitdraden) een grotere invloed hebben dan de weerstand zelf. Ook allerlei parasitaire capaciteiten (vaak slechts een paar picofarads) kunnen roet in het eten (de schakeling) gooien. In het schema kun je deze makkelijk toevoegen op sommige plaatsen en dan onderzoeken welke gevolgen deze hebben op het uitgangssignaal.

Het werken met opamps kan ook nogal eens tegenvallen. Werk je met virtuele opamps, dan kan de uitgangsspanning al gauw oplopen tot meer dan 1 kV als er een foutje in de schakeling zit. 'Echte' opamps lopen dan gewoon vast tegen een van de voedingsspanningen.

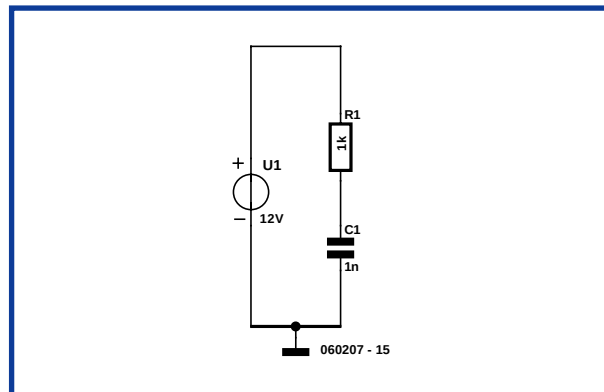
SPICE heeft vaak een hekel aan transformatoruitgangen die 'zweven'. Verbind daarom een kant van de uitgang van een trafo met massa. Kan dat niet, dan wil een weerstand van 1 $M\Omega$ nog wel eens wonderen doen.

Pas op: sommige SPICE-programma's kennen niet het verschil tussen m en M, maar begrijpen wel MEG. Een weerstand van 1 m Ω is een kleintje! Gebruik bij twijfel 1000 K of 1 MEG.

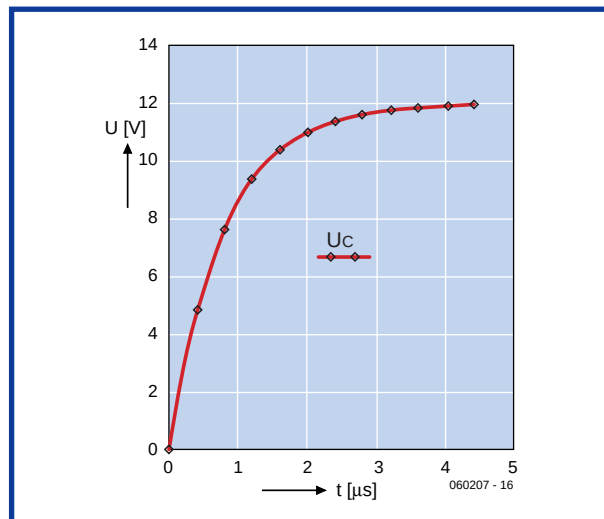
Met SPICE is het ook mogelijk schakelingen te bouwen met onderdelen die gewoonweg niet te maken zijn. Probeer maar eens een spoel te maken met een zelfinductie van 100 H en een weerstand van slechts 0,01 Ω . Ook met een zelfgedefinieerde transformator met een fluxdichtheid van 1000 T heeft SPICE geen enkel probleem.



Figuur 5. De LED wordt vervangen door een spanningsbron met inwendige weerstand om de spanningen en stromen in de schakeling voor een bepaald instelpunt te kunnen berekenen.



Figuur 6. Het inschakelgedrag wordt bekeken aan de hand van dit eenvoudige schema: een spanningsbron laadt via een weerstand een condensator.



Figuur 7. Het berekende verloop van de spanning over de condensator.

Tenslotte: het kan voorkomen dat een ogenschijnlijk simpele schakeling het niet doet. Als je alle verbindingen hebt gecontroleerd en het werkt nog steeds niet, dan is het zinvol het internet op te gaan en in een forum om raad te vragen. Sommige fabrikanten zijn heel behulpzaam. Zij hebben er belang bij te weten wat wel en niet goed gaat in de praktijk. Laten we eerlijk zijn: met zijn allen doen wij gebruikers - of we het willen of niet - altijd mee in een grote bèta-test!

(060207)

Simulatiepr

Harry Baggen & Thijs Beckers

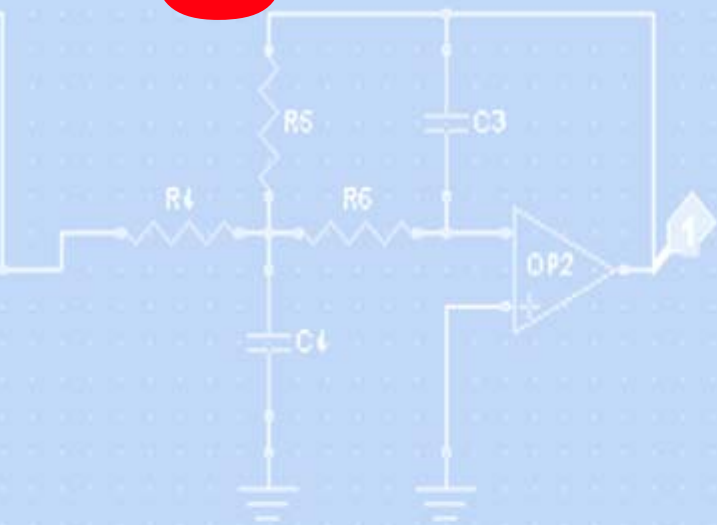
Bij het ontwerpen van elektronische schakelingen speelt de computer een steeds belangrijker rol. Niet alleen voor het maken van print-layouts, maar ook voor het simuleren van een schakeling bieden tientallen fabrikanten uitgebreide programma's aan. Bij deze uitgave biedt Elektuur zijn lezers een DVD-ROM aan die een groot aantal demo-, evaluatie en volledige versies bevat van vrijwel alle bekende simulatieprogramma's. Elke electronicus kan met deze DVD allerlei programma's op zijn pc testen en zelf beslissen welke het beste geschikt zijn voor zijn toepassing. In dit artikel geven we een overzicht met een korte beschrijving van de programma's op de DVD.

Overzicht van de simulatieprogramma's op de DVD-ROM bij deze uitgave

Alle programma's op deze DVD-ROM zijn uitsluitend bedoeld voor niet-commercieel gebruik!

5Spice 1.22	5 Spice Analysis Software
AIM-Spice 4.3	AIM-Software
B2Spice 5.1.6	Beige Bag Software
Boardmaker 3	Tsien
Cadstar Express 8.0	Zuken
CIRSIM 3.0	Bells-Hill
DesignWorks Professional 4	Capilano Computing
Easy-PC/Easy-Spice 10	Number One Systems
eSketch Pro 1.5	Schematica Software
iSim	Inca Systems
LTSpice/SwitcherCAD 3	Linear Technology
Micro-Cap 8	Spectrum Software
Multisim DesignSuite 9	Electronics Workbench
OrCAD 10.5	Cadence
Profilab-Expert 4.0	Abacom
Proteus 6	Labcenter Electronics
PSIM 7.0	Powersim
SIMatrix 5.2	Catena
SIMWinXP 1.1	Visionix
SMASH 5.7	Dolphin
Sonnet-Lite 10.51	Sonnet
SpiceAge	Those Engineers Ltd
SpiceCreator Pro 5	AMS
Target3001! V12	Ing-Büro Friedrich
TopSPICE/Win32 V7	Penzar Development
Visual Spice 6	Island Logix
Win-Elektronik 3.1	Erwin Rössler

Programma's

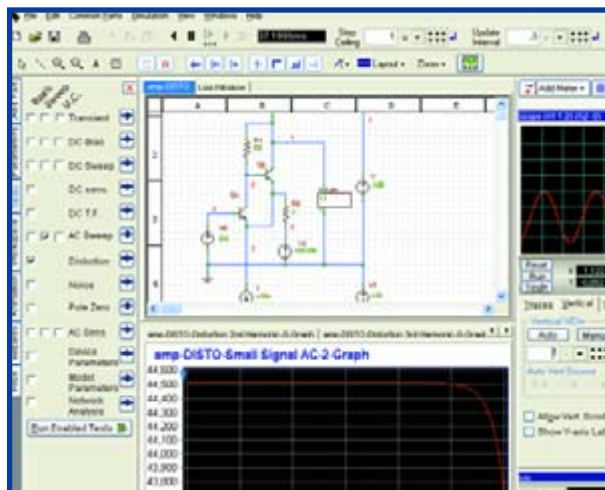


- Zoom In
- Zoom Out
- Expand Y Axis
- ☒ Logarithmic Frequency Axis
- Expand Freq Axis
- Contract Freq Axis
- ☒ Auto fit Y axis
- Expand Y2 Axis
- ☒ Auto fit Y2 axis
- Expand Time Axis
- Contract Time Axis
- Configure Axes
- Graph Colors
- Thick Graph Lines
- Save Graph as Bitmap
- Save Graph as Metafile

Ontbreekt de DVD?

Vraag uw tijdschrift-handelaar!





Speciale versies

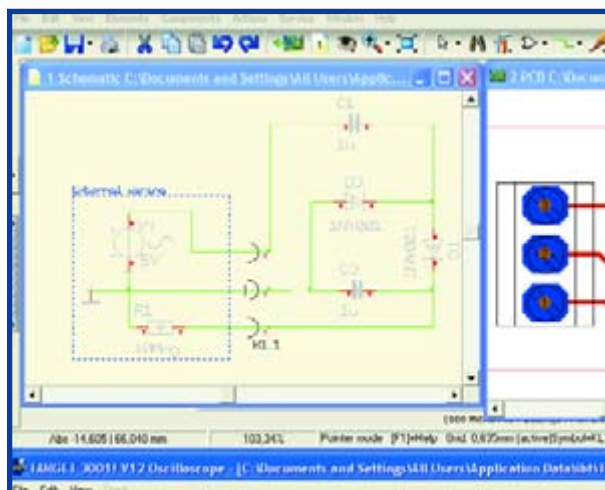
Enkele firma's hebben ons een speciale versie geleverd die duidelijk meer mogelijkheden heeft dan de standaard demoversie die op hun website beschikbaar is.

SpiceAge & Spicycle van de Engelse firma Those Engineers zijn op de DVD te vinden als 'special editions' met een beperkte componentenbibliotheek. Verder zijn ze volledig functioneel en zonder tijdslimiet te gebruiken (Spicycle Level 1).

Target 3001! van Ing. Büro Friedrich is op de DVD aanwezig in een speciale 'light' versie t.w.v. 49 Euro. Deze kan overweg met 400 pins/pads en 2 koperlagen. Alleen heeft men geen toegang tot de extra componentenbibliotheek van Target, maar dat is niet direct een gemis met de bijgeleverde bibliotheek met circa. 1.000 standaard componenten.

Met dank aan...

We willen alle firma's bedanken die hebben meegeholpen aan de totstandkoming van deze DVD, in het bijzonder Linear Technology voor het beschikbaar stellen van hun programma LTSpice/SwitcherCAD, en Those Engineers en Ing. Büro Friedrich voor hun speciale versies.



Een professionele elektronica-ontwerper moet heel efficiënt met zijn tijd omspringen. Het is tegenwoordig nauwelijks nog mogelijk om een schakeling eerst op papier te ontwerpen en vervolgens meerdere prototypes op te bouwen om te controleren of alles werkt zoals men het in theorie heeft bedacht. De alom tegenwoordige computer (meestal een pc) is intussen al lang gepromoveerd van handig rekenhulpje tot intelligente meedenker bij het ontwerpen, dankzij een aantal slimme programma's. Aan de ene kant kennen we de printontwerpprogramma's, die het maken van een print sterk vereenvoudigen door middel van automatische plaatsing van componenten, uitgebreide bibliotheken met behuizingvormen en autorouters om de beste bedradingswegen op de print te zoeken. Natuurlijk is menselijk inzicht en toezicht op al deze hulpjes toch nog nodig om een bruikbaar eindresultaat te krijgen, maar dit betekent een enorme winst ten opzichte van het vroegere 'plakwerk'. Ook bij het ontwerpen van een schakeling vertrouwt de ontwerper steeds meer op zijn computer. Dankzij goede simulatieprogramma's is het mogelijk na het invoeren van het schema's een natuurgetrouwe nabootsing van de werking van die schakeling te laten uitvoeren. Als de schakeling in het simulatieprogramma functioneert zoals men voor ogen had, dan zal dat voor 95...100% ook zo in de praktijk zijn. Daarna is het meestal voldoende om nog één definitief prototype te maken voor de uiteindelijke test. Ook voor de student en hobby-elektronicus zijn zulke programma's een handige hulp. Men kan snel een hersenspinsel invoeren en kijken of het doet wat men verwachtte, zonder dat er een soldeerbout, componenten en meetapparatuur aan te pas komen. Bovendien helpt het ook bij het verkrijgen van inzicht in de werking van elektronica-componenten en -schakelingen.

Hoe het begon

Het simuleren van elektronische schakeling op een computer is mogelijk geworden dankzij de ontwikkeling van SPICE, een programma dat ontwikkeld is aan de universiteit van Berkeley. In deze uitgave vindt u ook het bijbehorende artikel 'de pc als breadboard' dat meer vertelt over het ontstaan en de werking van SPICE. Vrijwel alle huidige programma's gaan uit van deze basis. Met SPICE kunnen simulaties worden uitgevoerd aan lineaire en niet-lineaire elektronica-componenten. Als vervolg hierop werd aan het Georgia Tech Research Institute XSPICE ontwikkeld, waarmee het mogelijk was om modelbibliotheken met uitgebreide componentengegevens te maken. Zowel SPICE als XSPICE zijn geheel open-source en kunnen daarom uitstekend als basis voor een simulatieprogramma gebruikt worden. Andere bekende ontwikkelingen zijn Cider (digitale simulatie) en Ngspice (mixed-mode simulatie).

De meeste moderne programma's werken onder Windows omdat dit het meest verspreide platform is. De grootste vooruitgang in deze programma's is de gebruiksvriendelijke omgeving. Bij de oudere simulatieprogramma's was de bediening een ramp (op papier een schema tekenen, knooppunten nummeren, modellen zoeken en netlijst samenstellen, daarna in een andere programmamodule opgeven wat er aan welk knooppunt exact berekend moet worden; met wat geluk werd dat wel grafisch weergegeven). Bij de meeste huidige programma's kun je met de muis op eenvoudige wijze het schema tekenen, waar enkele overzichtelijke menu's je door de simulatie-instellingen helpen en er vervolgens een aantal duidelijke grafieken in beeld verschijnen. Bovendien bieden de betere pro-

gramma's uitgebreide componentenbibliotheken waarin de eigenschappen van de halfgeleiders van de meeste grote fabrikanten allemaal zijn opgeslagen. Je hoeft als gebruiker ook niet meer dagen te studeren om erachter te komen hoe zo'n simulatieprogramma werkt. Na enkele uren kun je er al aardig mee overweg. De meeste programma's zijn zogenaamde mixed-mode simulators, waarmee analoge, digitale en gemengde schakelingen kunnen worden gesimuleerd.

Soorten programma's

Er zijn verschillende soorten simulatieprogramma's beschikbaar, van elke soort zijn er wel enkele te vinden op de DVD-ROM.

Er zijn complete ontwerpsuites die zowel schematekenen, simuleren als printontwerpen beheersen, zoals MultiSim. Daarmee heb je eigenlijk geen ander pakket meer nodig. Gewoonlijk zijn deze pakketten door hun uitgebreide opzet vrij kostbaar, maar het voordeel is een goede integratie tussen de verschillende delen, een consequente bediening door het hele pakket en een goede ondersteuning via een enkel adres.

Daarnaast zijn er de pure simulatieprogramma's. Sommige werken met een volledig grafische invoer en uitvoer zoals Micro-Cap, andere hebben bijvoorbeeld geen grafische invoermogelijkheid maar maken daartoe gebruik van aparte schematekenprogramma's (bijv. AIM-Spice). Sommige programma's zijn zodanig opgezet dat ze geïntegreerd kunnen worden in een bestaand PCB-programma (bijv. Easy-Spice in Easy-PC). Tenslotte zijn er ook nog interface-programma's, zoals iSim, die zorgen dat gegevens van een schematekenpakket op de juiste wijze worden overgedragen naar een SPICE-programma.

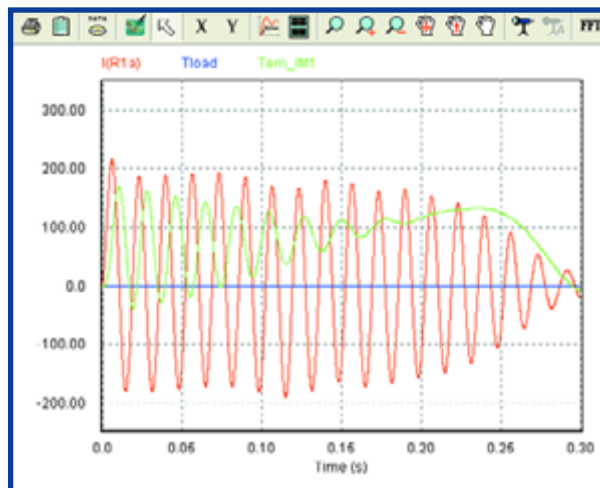
De DVD-ROM

Op de DVD hebben we getracht een zo volledig mogelijk overzicht te geven van de op dit moment beschikbare simulatieprogramma's. Het gaat in totaal om circa 30 stuks waarvan we van de fabrikanten toestemming hebben gekregen om deze via de DVD te distribueren. Op de DVD zijn de programma's in enkele mappen ondergebracht. Het grootste deel is te vinden in de Windows-map. Deze programma's draaien bijna allemaal onder Windows 98/ME/XP. De meeste van deze programma's zijn Engelstalig, enkele staan in meerdere taalversies op de DVD.

In de Linux-map zijn enkele interessante simulatieprogramma's voor Linux te vinden, zoals de naam al aangeeft. Hierin staan tevens enkele programma's uit de Windows-map die ook in een Linux-versie beschikbaar zijn. Een aparte open-source Windows-map bevat programma's die geheel gratis gebruikt en verspreid mogen worden.

Tenslotte bevat de map Extra enkele bijzondere programma's die afwijken van de normale simulatieprogramma's, zoals een programma om magnetische velden te simuleren en een filter- en timer-berekeningsprogramma. We geven nu een korte beschrijving van de voornaamste programma's op de DVD, met de beperkingen van de aanwezige versie en de plaats die elk programma op de harddisk inneemt.

**Veel plezier met het testen
van de verschillende programma's!**



Zelf aan de slag!

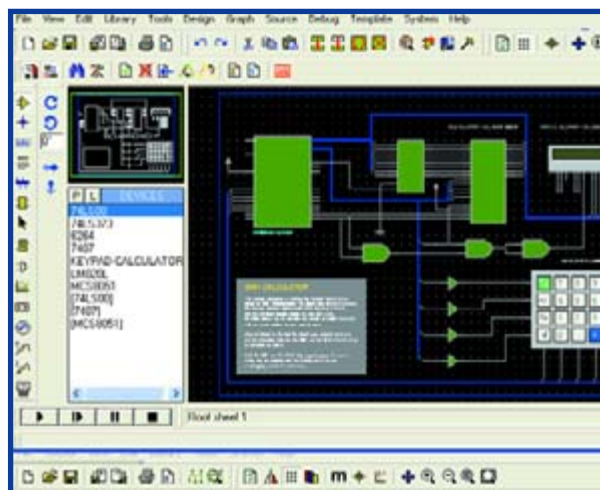
We hebben ons best gedaan om van alle beschikbare programma's de meest actuele versie op de DVD-ROM te zetten, maar de fabrikanten blijven hun programma's natuurlijk continu verbeteren. Als u belangstelling hebt voor een specifiek programma, dan is het altijd raadzaam om op de website van de fabrikant nog eens te kijken of er een nieuwere versie beschikbaar is.

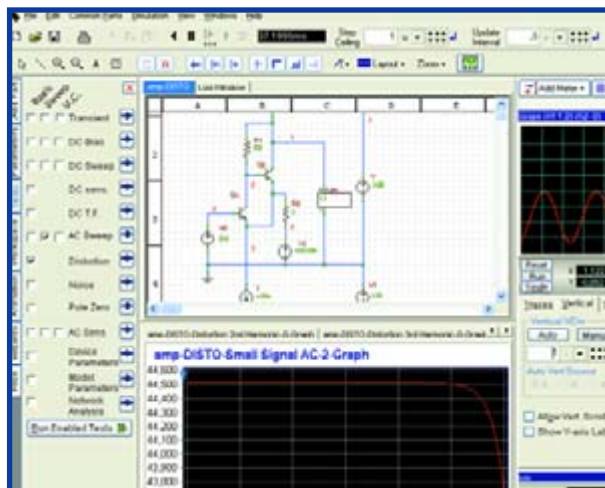
We hebben ook een lijst samengesteld met interessante producten die om een of andere reden niet op de DVD staan (bijv. geen toestemming voor verspreiding van het programma), het is best de moeite waard om daar ook eens naar te kijken.

Alle grotere fabrikanten hebben wel een landelijke distributeur of vertegenwoordiging waar u terecht kunt voor verdere informatie, dat is vaak wel zo prettig omdat u dan in uw eigen taal verder kunt communiceren. Die kan ook meer details geven over de prijzen en servicemogelijkheden van de software.

Tot slot nog de bekende opmerking die we toch niet achterwege kunnen laten: We hebben alle Windows-programma's op diverse computers getest, maar dat is geen garantie dat ze op uw computer ook probleemloos functioneren. Mochten zich bij het installeren of proberen van de programma's problemen voordoen, neem dan contact op met de desbetreffende fabrikant. Daar kunnen wij u meestal niet bij helpen!

Ga aan de slag met de software-verzameling op deze DVD-ROM en kijk wat de mogelijkheden zijn van de diverse programma's. Simuleren heeft de toekomst, dat staat vast. En deze DVD vormt een uitstekend hulpmiddel om er nader mee kennis te maken.





5Spice 1.22 (14 MB)

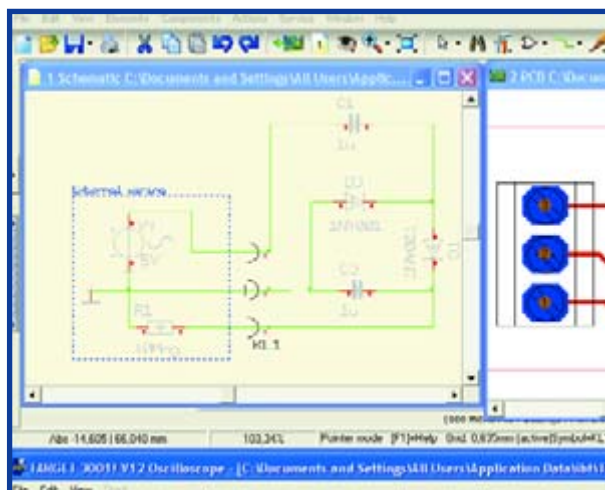
Dit programma is feitelijk een grafische schil rond een traditionele Spice emulatie-engine. Via een schema-editor geeft men een elektronisch ontwerp in, dat vervolgens met Spice versie 3f4/3f5 kan worden gesimuleerd. De bediening is eenvoudig. Het programma is niet erg uitgebreid, maar biedt ondanks dat toch de meest simulatiemogelijkheden.

In de demoversie is de afmeting van het schema beperkt en een numerieke uitgave van een aantal analyses is niet mogelijk. Verder kunnen schema's met logische poorten niet worden opgeslagen en in de overige schema's verschijnt een demotekst in beeld.

AIM-Spice 4.3 (10 MB)

Dit programma bevat geen schematekengedeelte, maar is eigenlijk alleen een SPICE-simulator. Het 'pakket' bestaat eigenlijk uit 2 programma's: AIM-Spice, met een tekst-editor voor het bewerken van de Spice-netlist en simulatiemogelijkheden, en AIM-Postprocessor, waarmee opgeslagen grafiek- en datafiles grafisch weergegeven kunnen worden.

Als je eenmaal gewend bent aan de tekstuele invoer van een schema, is dit programma erg overzichtelijk. De simulatieparameters kunnen vrij uitgebreid ingesteld worden.



De studentenversie is gelimiteerd tot 150 knooppunten en maximaal 30 transistoren per circuit.

B2Spice V5.1.6 (131 MB)

Vooral voor Eagle-gebruikers is dit programma interessant, want Eagle-schema's kunnen direct geïmporteerd en gesimuleerd worden. Maar een schema tekenen kan ook met B2Spice zelf. De gebruikersinterface van dit programma is helder en intuïtief. Simuleren is erg gemakkelijk. Met virtuele instrumenten kunnen probes real-time in het schema geplaatst worden.

De trial-versie is 45 dagen volledig werkzaam.

Boardmaker 3 (134 MB)

Boardmaker 3 is een compleet CAD-pakket. Je kunt er schema's mee tekenen, simuleren en print-layouts maken. PCB-layouts kunnen zelfs in 3D worden weergegeven. De bediening van het programma is, mede door de vele mogelijkheden, vrij ingewikkeld. Er zijn echter tutorials in PDF-vorm meegeleverd (staan in de directory waar het programma geïnstalleerd wordt, vreemd genoeg worden er geen snelkoppelingen in het startmenu voor aangeemaakt). Het is zeer aan te bevelen deze eerst door te nemen voordat men met het programma aan de slag gaat.

De demo-versie kan niet printen en opslaan, en er kan geen Gerber-file gemaakt worden.

CIRSIM2006 (5 MB)

Het vrij eenvoudige programma CIRSIM is alleen geschikt voor simulaties met continueingangssignalen. De beschrijving van het schema kan alleen met SPICE-code, niet grafisch dus. Doordat het aantal mogelijkheden beperkt is, wijst het programma zich eigenlijk vanzelf. Registratie van het programma kost slechts £10. In de demoversie is het maximum aantal knooppunten vrij beperkt, slechts zes.

DesignWorks Professional 4 (38 MB)

Met DesignWorks Professional kunnen digitale schakelingen zich op eenvoudige wijze worden gesimuleerd. Via een schema of VHDL kan een ontwerp ingevoerd worden. De bediening voelt intuïtief en logisch aan. Mocht het niet op eigen houtje lukken, dan is er nog altijd een prima handleiding in PDF-formaat. DesignWorks kan ook gebruikt worden om analoge schema's te tekenen. Deze kunnen dan wel niet gesimuleerd worden.

De demoversie biedt volledige functionaliteit voor 30 dagen.

Easy-Spice (& Easy-PC)

Easy-Spice vormt een aanvulling op het printlayout-programma Easy-PC (beide op de DVD). U dient eerst Easy-PC te installeren, daarna pas Easy-Spice.

Met Easy-PC kunt u elektrische schema's en PCB's tekenen, simulatieparameters instellen en een simulatie starten. Het programma creëert vervolgens een netlist en start Easy-Spice op. Easy-Spice opent automatisch de netlist en voert de simulatie uit.

In de map ...\\Easy-PC Demo\\Examples\\SPICE staan een aantal voorbeelden. Zowel analoge als digitale schakelingen kunnen gesimuleerd worden.

De demoversie van Easy-PC kan geen bestanden opslaan

of CAM-outputs leveren. Van de demoversie van Easy-Spice zijn geen beperkingen bekend. Voor elk programma een passwoord nodig. Voor Easy-PC is dat kp69ny31, voor Easy-Spice wa32pk65.

eSketch (5 MB)

Het (kleine) programma ziet er gelikt uit en is zeer eenvoudig te bedienen. Er kunnen passieve analoge schema's mee getekend en gesimuleerd worden. Helaas is het niet mogelijk met digitale poorten, transistoren, diodes of andere actieve elementen te werken. De gratis versie is 15 dagen zonder beperkingen te proberen.

LTSpice/SwitcherCAD III (77 MB)

Met het programma SwitcherCAD III van Linear Technology kunnen (bijna) alle schakelende spanningsstabilisatoren van LT opgeroepen en gesimuleerd worden (inclusief inschakelverschijnselen). Daarnaast worden nog enkele handige voorbeeldschema's meegeleverd en natuurlijk kan er ook zelf een schema getekend worden. Het programma ziet er misschien niet zo flitsend uit, maar de functionaliteit is prima. LTSpice/SwitcherCAD III is een volledig gratis programma.

Micro-Cap 8 (22 MB)

Micro-Cap is een overzichtelijk simulatieprogramma met een vrij handig schematekengedeelte en een behoorlijke standaard componentenbibliotheek. De gebruikte afkortingen bij de simulatie-instellingen zijn in het begin nogal onduidelijk, maar als je daar eenmaal aan gewend bent is er uitstekend mee te werken.

De evaluatieversie van Micro-Cap is gelimiteerd tot 50 componenten en 100 vergelijkingen (knooppunten, spoelen en signaalbronnen). Ook is de simulatiesnelheid teruggeschoefd en onder andere het aantal mogelijkheden voor optimalisatie, filterontwerp en 3D-plots beperkt.

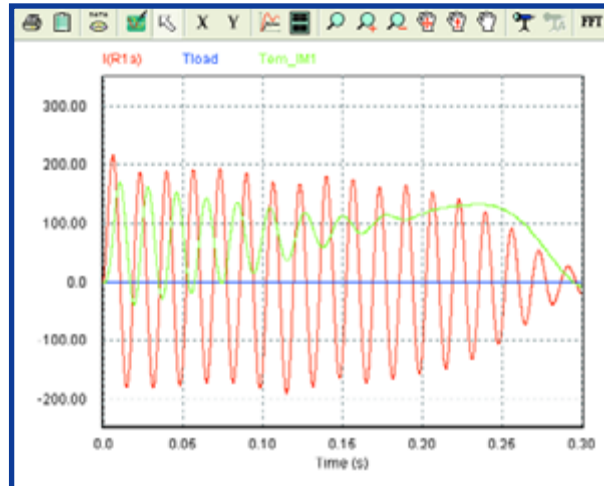
Multisim 9 (191 MB)

Multisim is een complete ontwerpsuite die zowel schema-tekenen, simuleren als printontwerpen (Ultiboard) omvat. Het is een van de uitgebreidste pakketten die we kennen. Fraaie virtuele meetinstrumenten kunnen in het schema worden geplaatst en tonen de gesimuleerde signalen. De componentenbibliotheek is bij Multisim zeer uitgebreid. Er is tegenwoordig ook uitwisseling van meet- en simulatiedata met LabView mogelijk.

De freeware-versie heeft een internet-verbinding nodig om een schema te kunnen simuleren. Na 45 dagen vallen de simulatie- en de autorouting-mogelijkheden weg. Daarnaast kunnen ontwerpen maximaal 50 componenten of 750 pennen en 2 layers aan.

OrCAD 10.5 (707 MB)

Nog zo'n uitgebreide ontwerpsuite! OrCAD maakt een aantal snelkoppelingen aan voor verschillende programma's die in het pakket zitten. Het 'hoofdprogramma' is Capture CIS. Dit programma werkt als een soort manager voor alle files die bij een ontwerp horen. Er is ook een tutorial (OrCAD-directory\OrCAD_10.5_Demo\tools\capture\tutorial\CAPTUTOR.EXE). Het simulatiegedeelte (PSpice A/D)



wordt echter niet via Capture CIS aangestuurd en dient handmatig naar het project geleid te worden. De vele mogelijkheden maken het pakket wat onoverzichtelijk en de nodige inwerktijd is dus wel vereist. De demoversie heeft geen tijdslimiet, maar beperkt vooral het aantal componenten waarmee gewerkt kan worden.

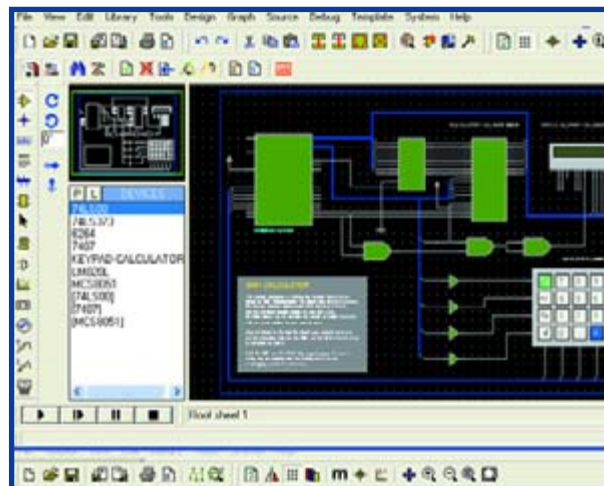
Profilab Expert 4 (17 MB)

Profilab Expert lijkt nog het meest op LabView, alleen dan een stuk eenvoudiger. Via een vrij opgeruimd en overzichtelijk scherm kan men allerlei knoppen, displays en andere functionele blokken plaatsen en tot een werkend geheel combineren. Via de simulatie ziet men de werking van het eindresultaat.

De demoversie kan maximaal 10 componenten verwerken. Opslaan of compileren is niet mogelijk en de simulatietijd bedraagt maximaal 30 seconden.

Proteus 6 (112 MB)

Proteus 6 bestaat uit 2 programma's: ISIS 6 en ARES 6. Met ISIS kunnen schema's getekend en gesimuleerd worden, met ARES kunnen PCB's gelayout worden. Een schema is met ISIS eenvoudig te simuleren (play-knop linksonder). De meegeleverde help-files zijn heel duidelijk, net als de uitgebreide gebruikersinterface. Het bij-



zondere van Proteus is dat in de mixed-mode simulaties ook microprocessoren kunnen worden opgenomen en de bijbehorende code tijdens de simulatie mee wordt uitgevoerd.

In de demoversie is opslaan en uitprinten niet mogelijk. Ook kunnen geen eigen microcontroller-ontwerpen worden gestart. De bijgeleverde ontwerpen kunnen wel gewijzigd worden.

SIMetrix 5.2 (34 MB)

Met SIMetrix kunnen analoge en digitale schakelingen getekend en gesimuleerd worden. Ondanks de afzonderlijke programmavensters is het een zeer overzichtelijk pakket. De verschillende instellingen zijn intuïtief snel te vinden.

Bij de installatie moet men kiezen voor SIMetrix Intro. SIMetrix maakt gebruik van 5 karakters als extensie en voorkomt zo allerlei problemen met andere programma's.

De demoversie is alleen beperkt in het aantal componenten dat gebruikt kan worden.

Als u aan de slag gaat met schakelende voedingen, kunt u het beste bij installeren voor de optie SIMetrix/SIMPLIS kiezen. SIMPLIS is 10 tot 50 keer sneller met het simuleren hiervan dan de uitgebreide Spice-simulatie van SIMetrix.

Internet-adressen fabrikanten

5 Spice Analysis Software	www.5spice.com
Abacom	www.abacom-online.de
AIM-Software	www.aimspice.com
AMS	www.advancedmsinc.com
Beige Bag Software	www.beigebag.com
	Benelux: www.franklin-industries.com
Bells-Hill	www.bells-hill.freesevice.co.uk
Cadence	www.cadence.com/orcad
Cadmigos	www.cadmigos.com
Capilano Computing	www.capilano.com
Catena	www.catena.uk.com
Dolphin	www.dolphin.fr
Electronics Workbench	www.electronicworkbench.com
Erwin Rössler	www.win-elektronik.de
Inca Systems	www.incasystems.fi
Ing-Büro Friedrich	www.ibfriedrich.com
Island Logix	www.islandlogix.com
Labcenter Electronics	www.labcenter.co.uk
Linear Technology	www.linear.com
Number One Systems	www.numberone.com
Penzar Development	http://penzar.com
Powersim	www.powersimtech.com
Schematica Software	www.schematica.com
Sonnet	www.sonnetusa.com
Spectrum Software	www.spectrum-soft.com
Those Engineers Ltd	www.spiceage.com
Tsien	www.tsien.info
Visionix	www.visionics.a.se
Zuken	www.zuken.com

SIMWinXP 1.10 (261 MB)

SIMWinXP is het kleine broertje van het ontwerp pakket EDWinXP. Het is een standalone-programma voor het tekenen van schema's die vervolgens met de meegeleverde mixed-mode- of de EDSpice-simulator gesimuleerd kunnen worden. Met EDSpice kunt u ook circuits die in Spice zijn beschreven simuleren. SIMWinXP kan met zowel analoge als digitale ontwerpen overweg. Om SIMWinXP te installeren voert u Setup.exe uit de map van SIMWinXP uit.

De evaluatieversie is volledig functioneel, maar werkt slechts 30 dagen.

Smash 5.7.0 (424 MB)

Smash is een krachtig mixed-mode simulatieprogramma zonder schema-invoergeedeelte. Het programma biedt enkele bijzondere features, zoals het benaderen van het energieverbruik van digitale schakelingen en de mixed-mode-mogelijkheid van SPICE met VHDL-AMS.

De benodigde netlist-files kunnen als .cir, .nsx of .sp worden geladen. Het programma werkt samen met verschillende andere bekende programma's van o.a. Matlab, Keil en National Instruments.

Wat vooral opvalt is de grote hoeveelheid meegeleverde PDF-documenten met uitleg over allerlei ontwerp problemen en simulatiemethoden. De evaluatieversie staat maximaal 25 analoge knooppunten toe.

SpiceAge & Spicycle (49 MB)

Om SpiceAge (simulatie) en Spicycle (tekenen) te kunnen installeren, moet de gehele inhoud van de SpiceAge-map op de DVD eerst naar C:\ worden gekopieerd, inclusief de mappenstructuur.

Met Spicycle kunnen schema's en PCB's getekend worden. Vanuit Spicycle kan een simulatie gestart worden, die in SpiceAge wordt uitgevoerd. In SpiceAge kunnen nog veel meer parameters worden ingesteld en kunnen ook nog andere simulaties gestart worden. De gebruikersinterface is helder en overzichtelijk. De meeste bedieningsknoppen zijn via de menubalk te bedienen. De speciaal voor Elektuur samengestelde demoversies hebben een beperkte componentenbibliotheek, maar zijn verder volledig functioneel en zonder tijdslimiet te gebruiken.

Spice Creator Pro V5.12 (39 MB) & Visual Spice (39 MB)

Beide programma's lijken als twee druppels water op elkaar.

Met Spice Creator en Visual Spice kunnen analoge en digitale schakelingen getekend en gesimuleerd worden. Er is een handige help-browser, waarmee alle benodigde instructies gemakkelijk kunnen worden gevonden. Het hoofdprogrammascherm puilt uit van de knopjes en mogelijkheden. Dit kan gelukkig naar wens wat beperkt worden.

De trial-versies hebben nogal wat beperkingen, bijvoorbeeld geen undo, save, export, printing, copy/paste en simulatie van aangepaste schema's.

Target 3001! V12 (61 MB)

Target 3001! is een CAD-programma met diverse extra mogelijkheden. In eerste instantie is het programma ont-

worpen voor het tekenen van schema's en ontwerpen van print-layouts. Het ontwerp kan gesimuleerd worden en er is ook een EMC-controle ingebouwd. Bovendien kunnen frontpanelen ontworpen worden.

Om alle mogelijkheden ten volle te benutten, zal toch even de handleiding erbij genomen moeten worden. Het programma is weliswaar vrij gemakkelijk zonder enige kennis te bedienen, maar de fijne kneepjes vragen toch wat meer kennis en oefening nodig.

Voor Elektuur is een speciale versie beschikbaar gesteld die veel meer mogelijkheden heeft dan de demoversie: Target 3001! V12 'light' (400 pennen/pads, 2 koperlagen, t.w.v. 49 Euro), die alleen geen toegang heeft tot componentenbibliotheek op de server van Target.

TopSPICE 7.09g (23 MB)

Met TopSPICE kunnen zowel schematekeningen als Spice-netlists worden geopend. Simulatie is snel en eenvoudig. Het programma wijst zich vanzelf, maar mocht het niet lukken, dan zijn er genoeg help- en getting-started-documenten om eruit te komen.

In de demoversie zitten een aantal limieten, zoals schemagrootte, aantal knooppunten, transistoren, toplevel-componenten, maximum datageheugen van 1 MB en aantal datapunten per plot.

Win-Elektronik 3.1 (1 MB)

Dit eenvoudige Duitstalige programma is prima geschikt om even te kijken hoe een analoog netwerk functioneert. Het is vooral voor studenten en scholen bedoeld. De instellingsmogelijkheden zijn beperkt.

De demoversie staat maximaal 8 onderdelen en 1 opamp toe.

Extra's

-iSim (14 MB)

(& CADStar Express 8 & PSpice A/D 10.5)

iSim is een interface tussen schema's getekend in CAD-Star en de SPICE-simulaties in PSpice A/D. Vanuit CAD-Star Express kan iSim worden aangesproken voor het uitvoeren van simulaties. De resultaten worden vervolgens getoond in PSpice A/D. Aan overzichtelijkheid laat deze plugin niets te wensen over. De demoversie kan maximaal met 50 componenten overweg.

PSIM (22 MB)

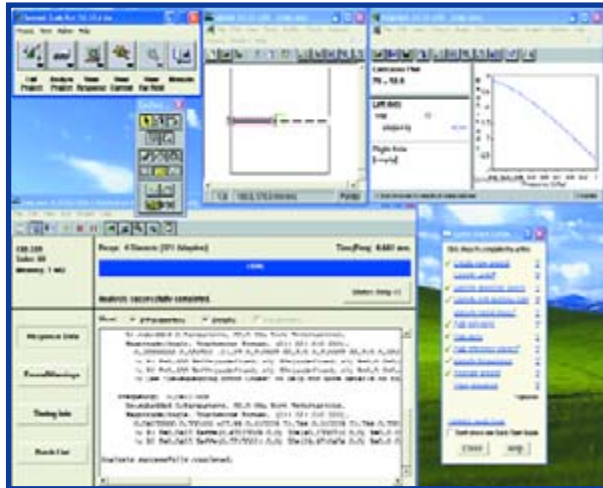
PSIM is vooral gericht op het simuleren van vermogensschakelingen en motorbesturingen. Het bestaat uit twee programma's: PSIM en SimView. Met PSIM teken je het schema en geef je de simulatieopdracht; daarna start SimView automatisch en laat de simulatiegrafieken zien. De bediening van beide programma's behoeft bijna geen uitleg. Erg handig zijn ook de voorbeelden die worden meegeleverd. Zo kun je snel een indruk krijgen hoe het programma werkt en wat er mogelijk is.

Sonnet Lite 10.51 (91 MB)

Voor (bijna) alle berekeningen en simulaties die met hoogfrequente EM-golven te maken hebben, biedt Sonnet software wel oplossingen. Analyses van printspoor-over-

spraak, microstrips en gekoppelde transmissielijnen zijn een paar voorbeelden van waar deze software toe in staat is. De gratis Lite-versie heeft beperkingen ten opzichte van de volledige versie, maar ook deze laatste is 30 dagen uit te proberen. Kijk op de website van de fabrikant voor meer informatie.

(060206)



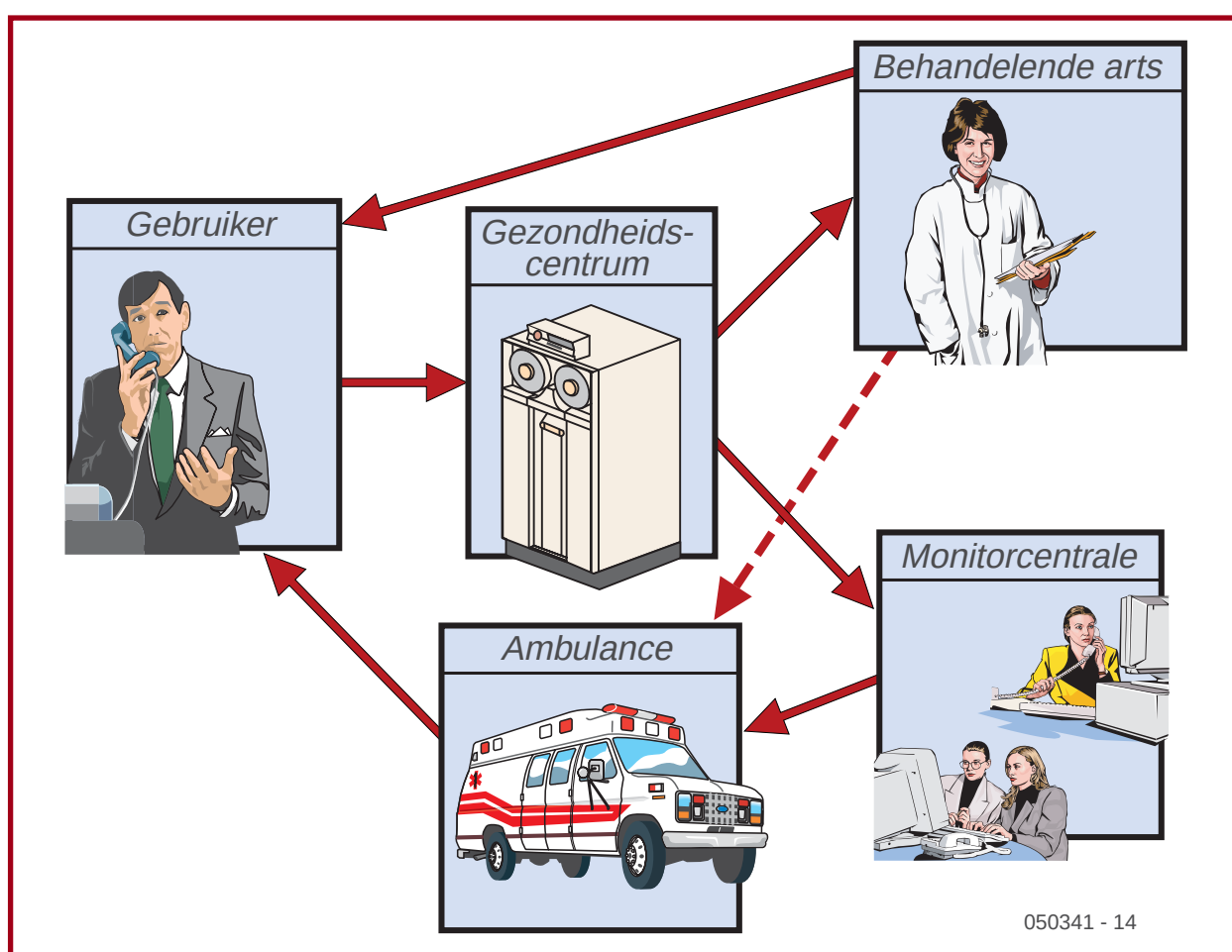
Interessante links

Altium Designer	www.altium.com/Products/AltiumDesigner/
Tina Pro 6	www.designwareinc.com/index.shtml
NGSpice	http://ngspice.sourceforge.net/relapp.html
AnaSoft SuperSpice	www.anasoft.co.uk/
APLAC	www.aplac.hut.fi/aplac/
AKNM Circuit Magic	www.circuit-magic.com/
Intusoft ICAP/4	www.intusoft.com/demos.htm
PC-ECAP	www.cdquickcache.com/pcecap.htm
Digital Simulator	www.mit.edu/people/ara/ds.html
Spice+	http://spicep.sourceforge.net/
WinEcad	www.winecad.com/winecad.htm
DxAnalog	www.mentor.com/products/pcb/expedition/analysis_verification/dx_analog/index.cfm
NGSpice	http://ngspice.sourceforge.net/
+ GSpiceUI	www.geda.seul.org/tools/gspiceui/index.html
PSpice 3f4	www.ee.washington.edu/circuit_archive/software/spice3f4.tar.gz
Spice3f4 (Mac)	www.kivadesigngroupe.com/Kiva%20Professional/professionalpage.htm
MacSpice 3f5 (Mac)	http://newton.ex.ac.uk/teaching/CDHW/MacSpice
Pulsonix	www.pulsonix.com/index.asp
CSIEDA	www.csieda.com/
Crocodile Technology 6.01	www.crocodile-clips.com/crocodile/technology/index601.jsp
Qucs	http://qucs.sourceforge.net/news.html
Simplorer Student Version	www.ansoft.com/about/academics/simplorer_sv/index.cfm

De elektronische

Haider Karomi

Een snelle en nauwkeurige diagnose op afstand kan op een cruciaal moment levens redden en zal ook leiden tot kostenbesparing. En hoewel het grootschalig elektronisch bewaken van patiënten nog veel politieke vragen zal oproepen, zijn alle technische struikelblokken hiervoor zo langzamerhand opgeruimd.



Infographic (PHTS GmbH)

Wat nu nog klinkt als toekomstmuziek, kan binnenkort werkelijkheid worden: de *telediagnose*. De gezondheidstoestand van mensen kan, dankzij gevoelige sensoren en moderne datatransmissie, over grote afstanden permanent worden bewaakt. Op deze manier kunnen specialisten met de ambulante arts meekijken naar bijvoorbeeld een elektrocardiogram. En de specialistische diagnose in het ziekenhuis kan juist uitmaken welke aanpak zal worden gevolgd. Bijvoorbeeld of een hartritmestoring direct behandeld dient te worden. Meestal moet snel worden beslist of de behandeling thuis zal

plaatsvinden, in het ziekenhuis of onderweg daar naartoe.

Telemedicatie gaat nog een stap verder. Hier wordt niet alleen de diagnose op afstand gesteld, maar het medicijn wordt ook op afstand toegediend. Met de term *Tele Home Care* wordt een op internet gebaseerde telemedicatie bedoeld. Maar ook het over internet plaatsvindend overleg tussen artsen wordt hiertoe gerekend. In de eerste plaats gaat het bij Tele Home Care echter om het verzenden van vitale parameters (hartritme, bloeddruk etc.) van de particuliere woning naar de arts. In de tabel zijn

e dokter

De toekomst van de tele-zorg

de verschillende kernbegrippen van Tele Home Care weergegeven.

Kansen en risico's

Door de tijd die nodig is om een diagnose te stellen drastisch te verkorten, kan Tele Home Care in bepaalde gevallen zelfs levens redden. Bovendien kan een dergelijk systeem op den duur leiden tot een kostenbesparing. De artsen en het medisch geschoolde personeel kunnen op deze manier veel meer patiënten tegelijk bewaken en verzorgen. Zo worden veel autoritten voor het traditionele huisbezoek overbodig. Ook kan hierdoor veel op ambulancevervoer worden bespaard, vooral in dunbevolkte gebieden.

In een samenleving waarin het aantal chronisch zieken en hulpbehoevenden gestaag toeneemt, zal de grens tussen gezond en ziek soms vervagen. De kwalitatieve verbetering van de gezondheid van iedereen is hier het doel. Daar tegenover staat natuurlijk het probleem van de dramatische kostenstijgingen in de gezondheidszorg. De oplossing voor dit vraagstuk kan misschien gevonden worden in een kostenbesparing door een efficiënt en doelgericht zorgaanbod [1][2].

Toch roept Tele Home Care ook politieke en juridische vragen op [2]. Vaak wordt de vrees geuit dat bij telemedicatie gevoelige persoonsgegevens onbeschermd blijven. Maar met de moderne technologie kan de informatie zodanig worden versleuteld dat misbruik vrijwel is uitgesloten. De patiënt zal hierbij ook vaak een verstrekkende zeggenschap krijgen over zijn eigen data.

Tele Home Care: kernbegrippen

Klinisch	Acuut toedienen van medicijnen in geval van nood Tele-zorg door arts Tele-sprekkuur Diagnose op afstand Behandeling op afstand Bewaking van vitale parameters, zoals het ECG
Zorg & Informatie	Gezondheidsbevordering Voorkomen van ziektes Zelfzorg Scholing
Administratief	Management patiënten Databank patiënten Coördinatie

Hartbewaking

De grootste en gevaarlijkste problemen van dit moment zijn wel de coronaire hartziekten. Een groot aantal factoren zijn hierbij van invloed op het ziekteverloop. Juist hier kan Tele Home Care veel voor de individuele patiënt betekenen met betrekking tot de mobiliteit en zelfstandigheid. Maar ook de benodigde begeleiding en de speci-

De voordelen en problemen van Tele Home Care

Het bewaken van patiënten

- Verbetering van de kwaliteit en de kwantiteit van monitor-data.

De monitor-data

- Toename van het aantal te bewaken patiënten.
- Het gebruik van geautomatiseerde beslissingshulpmiddelen.

Therapie-management

- Verbetering van de communicatie tussen arts en patiënt.
- Zonodig een snellere aanpassing van de therapie.
- Meer mogelijkheden voor zelfzorg.

De zorg op afstand

- Minder bezoeken aan het ziekenhuis.
- Voor de patiënt een betere toegang tot informatie.

- Het bereiken van een gecontroleerde autonomie voor de patiënt.
- Een afname van complicaties.

Tele Home Care leidt tot organisatorische veranderingen

- Deze nieuwe dienst zal de klinische routine en de bijbehorende protocollen ingrijpend veranderen.
- In de eerste fase van de invoering zal dit voor het medisch personeel meer werk opleveren.
- Er zullen meer patiënten en gegevens komen - hierdoor ontstaat de noodzaak van automatische data-analyse.
- Nadeel: de patiënt bevindt zich niet meer in een gecontroleerde omgeving.

bron: Telemedizinführer Duitsland 2004 (www.telemedizinfuehrer.de)

fieke risicofactoren moeten daarbij worden meegewogen.

De haalbaarheid van een geautomatiseerd bewakingsysteem voor hartpatiënten, dat gebruik maakt van deze telecommunicatietechniek, is al jaren het onderwerp van uitgebreide studies. De resultaten van deze studies laten nu zien dat de geautomatiseerde controle van patiënten technisch mogelijk is. Ook wordt uit deze studies duidelijk dat de medewerking van de patiënt in dit traject van doorslaggevend belang is. De patiënt krijgt met een dergelijk systeem juist meer informatie over zijn gezondheidstoestand. En dat zal waarschijnlijk uiteindelijk leiden tot meer begrip en een grotere tevredenheid.

Standaardisering

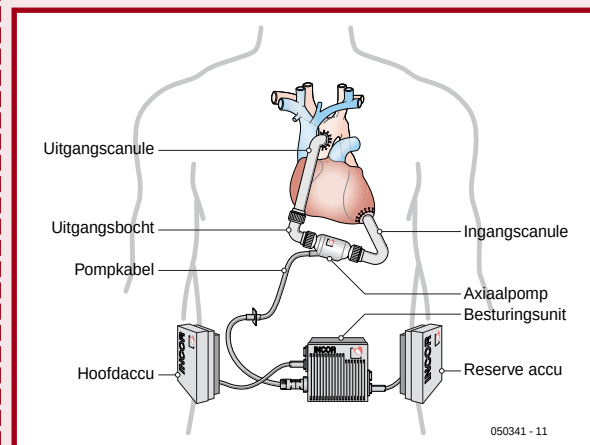
Met het systeem Paxiva (zie foto) wil het bedrijf Personal HealthCare Telemedicine Services in Europa een nieuwe standaard definiëren voor Tele Home Care. Met dit systeem wordt een verbeterde samenhang bereikt tussen de hartpatiënt, de behandelend arts en het ziekenhuis [3]. De patiënten hebben hierbij ook de mogelijkheid om, in geval van nood maar desgewenst ook periodiek, een elektrocadiogram te versturen per telefoon. De deskundigen kunnen dan direct de situatie beoordelen en een persoonlijk advies geven. Met Tele Home Care zal het voor de patiënt dus mogelijk worden bepaalde symptomen per uur te laten testen zonder dat de arts daarmee wordt belast. De gebruiker weet dat het monitorcentrum dag en nacht bemand is. Daarmee vervalt de gebruikelijke drempel die bestaat in het besef dat de arts waarschijnlijk weinig tijd heeft. In een aantal situaties is het van levensbelang dat de symptomen zo snel mogelijk worden onderkend, zodat geen kostbare tijd verloren zal gaan.

(050341)



Weblinks

- [1] Rapport van het Canadese 'Office of Health and the Information Highway': <http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection/H21-168-1998E.pdf>
- [2] Diverse boeken van de Health Academy: www.vde.com/VDE/Fachgesellschaften/DGBMT/Publikationen/Buchreihe+Health+Academy.html
- [3] Paxiva-systeem: www.phts.de/paxiva.html



Figuur A. Het systeem Icor voor de ondersteuning van hartfuncties wordt geproduceerd door de firma Berlin Heart AG. De bij de patiënt geïmplanteerde pomp wordt bestuurd door een controller. (foto: Berlin Heart AG)

De techniek van telemedicatie een voorbeeld

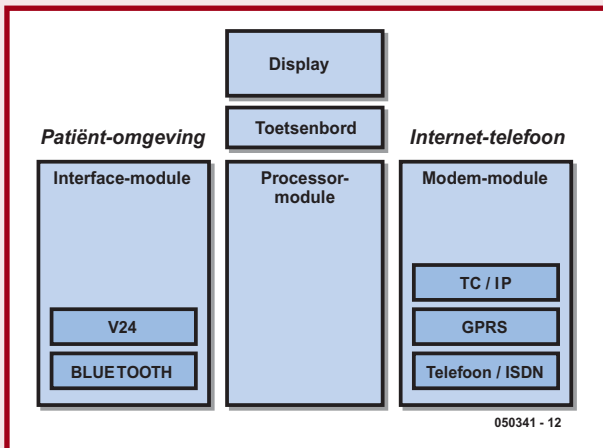
Het prototype van het hier gepresenteerde telematica-module werd ontwikkeld in het kader van een afstudeerproject. Hiermee kan een patiënt met een geïmplantéerd hartbewakingssysteem de gemeten parameters versturen via het Internet. Deze telematica-module is door de firma Berlin Heart AG verder ontwikkeld en zal binnenkort marktrijp zijn.

De microprocessorgestuurde module ontvangt data uit de stuureenheid van het hartbewakingssysteem (**figuur A**). De verkregen informatie, parameters zoals de doorstroming en drukverschillen in de geïmplantéerde pomp, worden eenmaal per dag verstuurd. Hiervoor kan het Internet, het vaste telefoonnet of een mobiele telefoon worden gebruikt. Alle benodigde interfaces zijn aanwezig: een analoog modem, ethernet, RS232, bluetooth en GPRS (General Packet Radio Service). De laatstgenoemde interface kan worden gebruikt voor het verzenden van data via een GSM.

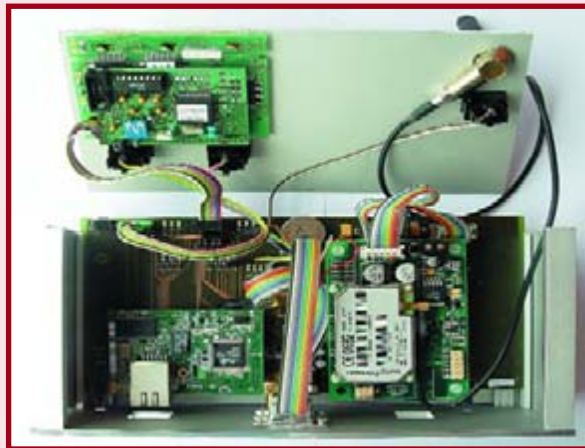
De functionaliteit van het systeem is in beeld gebracht met **figuur B**. Via een PC-aansluiting kan de unit worden geconfigureerd (IP-adres etc.). Eventueel kunnen de meetgegevens ook worden verstuurd naar de laptop van de patiënt. In **figuur C** is het geopende apparaat te zien. **Figuur D** toont het prototype.

Na langdurig onderzoek naar de verhouding functionaliteit, geheugencapaciteit en prijs is uiteindelijk besloten het RCM3200 ontwikkelbord van Rabbit Semiconductor te gebruiken. Als ontwikkelomgeving is hier gekozen voor de taal Dynamic C van Z-World.

De RCM3200-module, zie **figuur E**, heeft een volledige 10/100Base-T Ethernet-interface aan boord. Deze interface wordt gevoed met 3,3 V, maar kan ook moeiteloos 5-V-signalen verwerken. Bovendien zijn niet minder dan zes seriële poorten beschikbaar. Vanzelfsprekend is hier een processor uit de 3000-serie van Rabbit gebruikt. Deze processor draait op een kloksnelheid van 44,2 MHz. Op de print zijn ook een 512 KB flash-geheugen, 512 KB SRAM voor het uitvoeren van het programma, een kwadratuurdecoder en diverse PWM-uitgangen te vinden. Daarnaast beschikt de module over een real-time-clock (met backup-batterij) en diverse low-



Figuur B. De functionaliteit van de telematica-module schematisch voorgesteld.



Figuur C. Een kijkje in de kast van het prototype.

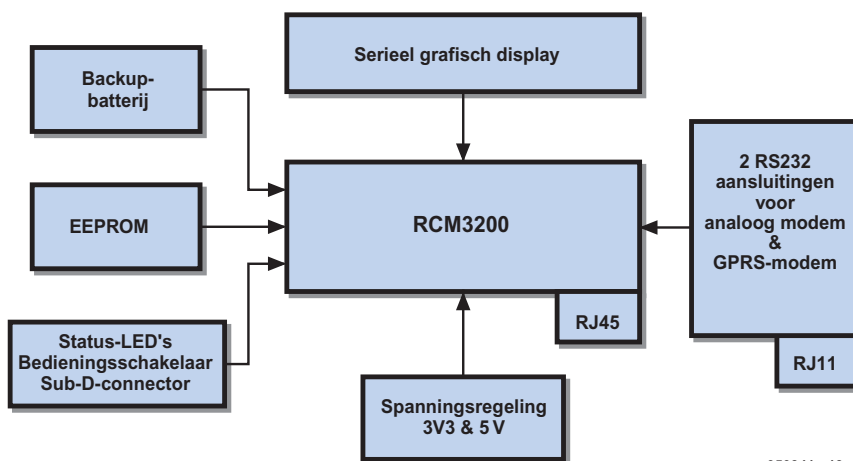
power slaapmodi. Het processorboard is zodanig ontworpen dat de EMI (Electro Magnetic Interference) erg laag uitvalt. Dit laatste is natuurlijk erg belangrijk met het oog op een verplichte HF-emissietest.

Dynamic C is een gebruiksvriendelijke ontwikkelomgeving met een editor, een compiler en een debugger. De gecompileerde programma's kunnen via de programmeerkabel naar de processor worden gestuurd, waarna het debuggen kan beginnen. Een emulator is hier eigenlijk helemaal niet nodig. Een enorm pluspunt van het hier gebruikte Dynamic C is toch wel gelegen in de uitgebreide bibliotheken die worden meegeleverd. De hierin voorhanden zijnde code (TCP/IP stack, seriële interface, etc.) helpt de ontwikkeltijd sterk te verkorten.

Uit het voorgaande wordt duidelijk dat de elektronische bewaking van patiënten met een ondersteuningssysteem voor het hart technisch gezien goed mogelijk is. Maar voordat dergelijke apparaten grootschalig zullen worden gebruikt, moeten er nog een aantal zaken worden opgelost. De bereidheid van de patiënt om dit apparaat te dragen is hier natuurlijk het eerste vereiste. De patiënt zal uitvoerig moeten worden geïnstrueerd over het gebruik van het apparaat. Hierbij kan worden gedacht aan het aansluiten van kabels, het bedienen van de diverse functies en het omgaan met foutmeldingen. Daarnaast zal moeten worden getest of, in verband met de datatransmissie, bij de patiënt thuis de aansluiting op het internet wel voldoende betrouwbaar werkt.



Figuur D. Het apparaat in de behuizing.



Figuur E. Het hart van de module wordt gevormd door een microcontroller van Rabbit.

GBECG

Marcel Cremmel

Je elektrocardiogram laten zien op een zelfgebouwd apparaat: welke elektronica-amateur ziet daar geen uitdaging in? Nieuwsgierig naar de techniek? Er komt nogal wat bij kijken als je elektrische hartsignalen op een nette manier wilt opnemen en weergeven. Of gewoon praktisch, om zelf te gebruiken voor controle, onder begeleiding van een cardioloog? De apotheek verkoopt tenslotte ook bloeddrukmeters...

Het idee om een GameBoy te voorzien van een geheel andere cartridge dan normaal is geïnspireerd op de GBDSO uit Elektuur oktober 2000, met dank aan M. Willis voor zijn hulp bij dit project.

Onze elektrocardioscoop gebruikt drie elektroden: één op iedere pols en de derde op het linkerbeen. De elektronica is ondergebracht in een cartridge die past in elke GameBoy. Deze verwerkt het opgenomen signaal tot een hartfilmpje dat vervolgens op het display verschijnt. De kwaliteit van het ECG-signaal is zeer goed, zoals ook de verschillende illustraties laten zien. De elektrocardioscoop maakt gebruik van de zogenaamde Einthoven-afleiding (zie kader op de volgende pagina). Er zijn maar twee actieve elektroden, terwijl een derde fungeert als referentiepunt voor die twee. Het gaat hier om unipolaire afleidingen.

Ondanks zijn eenvoud is het resultaat opmerkelijk en volgens een cardioloog

ook goed bruikbaar. De elektrocardioscoop beantwoordt met name goed aan de oorspronkelijk gestelde doelstelling, namelijk de controle op bijwerkingen van medicatie tegen malaria. Daarvoor wordt het interval tussen Q en T gemeten (zie **figuur 1** [2]), dat 'normaal' moet blijven.

Figuur 1 toont de elektrische activiteit van het hart in de verschillende fasen van een hartslagcyclus.

P-golf: samentrekking van de hartboezems (atria): veneus bloed wordt de hartkamers (ventrikels) ingestuwd.

QRS-complex: samentrekking van de ventrikels stuwt het bloed de slagaderen in.

Deze twee golven maken samen het 'ka-doem' geluid van het hart.

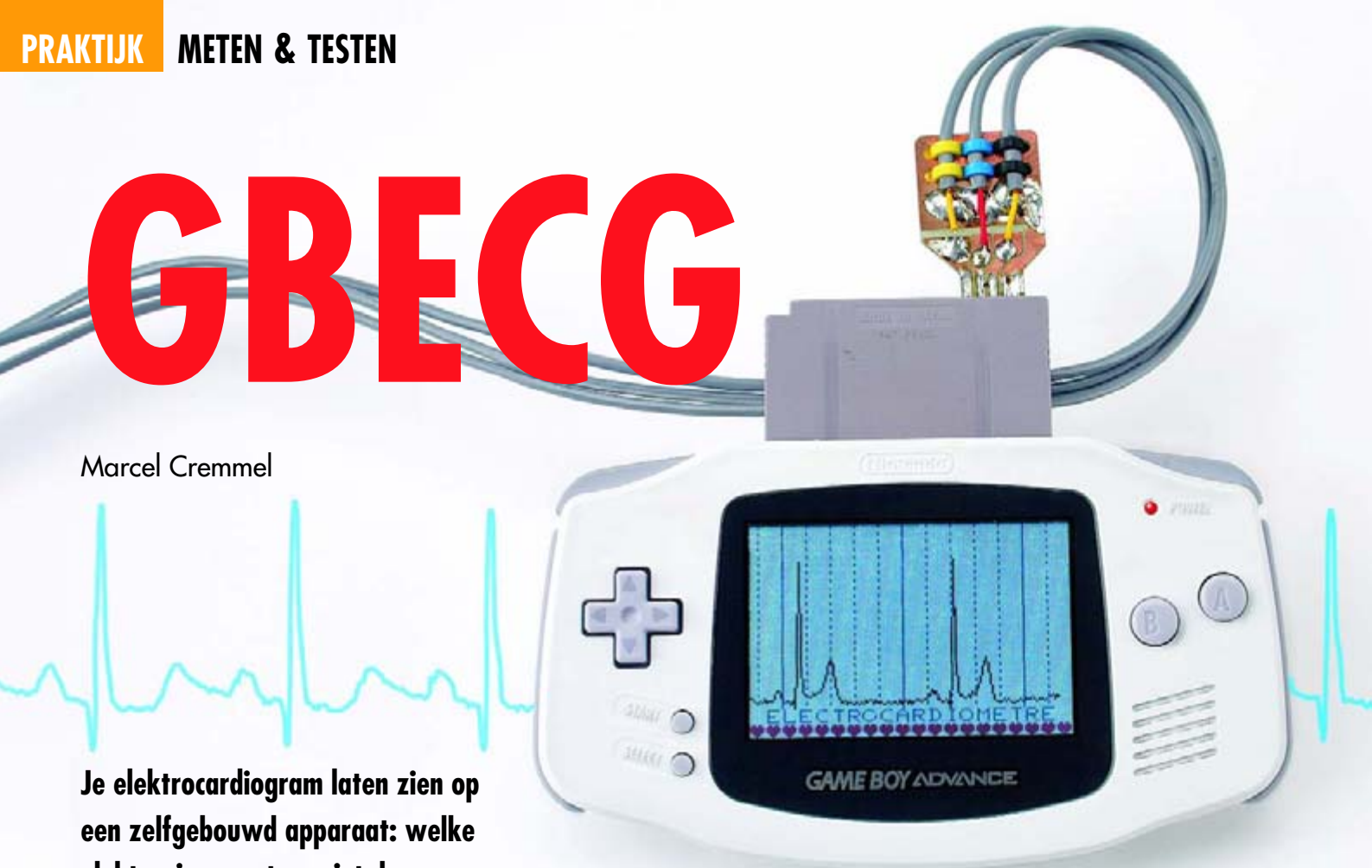
T-golf: repolarisatie van de ventrikels: de ventrikelspier keert terug in rust.

De elektronica

Na deze kleine opfrisser van de algemene ontwikkeling snijden we ons favoriete onderwerp aan: de beschrij-

ving van het schema van de GBECG en de uitvoering van de print. Net als bij de GBDSO (Elektuur 10/2000) zijn de elektronica en de firmware (in flashgeheugen) ondergebracht in een cartridge die in de GameBoy-console wordt geschoven. Nu is de GameBoy omgebouwd tot ECG-apparaat!

De elektronica verwerkt het zeer zwakke signaal dat tussen de twee actieve elektroden wordt opgenomen. De unipolaire afleidingen worden aangegeven met DI, DII en DIII, overeenkomstig met waar ze zijn geplaatst (zie de schets in **figuur 2**). De meest gangbare afleiding is DI. De top-top-waarde van het opgenomen signaal is zeer zwak (enkele millivolts) en wordt daarom flink versterkt (ongeveer 1000 maal) en daarna omgezet in een digitale waarde van 8 bits. De bemonsteringsfrequentie is 477,84 Hz, compatibel met het spectrum van een ECG-signaal. Het digitale signaal wordt vervolgens verwerkt door de processor van de console. Het wordt in een circu-



Hartfilmpje op een Game Boy

Specificaties:

- cartridge is compatibel met GameBoy-modellen Classic, Pocket, Color en Advance
- enkelvoudige afleidingen (3 elektroden)
- gevoeligheid: 1,6 mV volle schaal
- common-mode-onderdrukking: 100 dB
- geheugen voor ECG-golfvorm: 68 s
- 'scrollend' display
- tijdvenster: 2,6 s in acquisitie-mode (1,3 of 2,6 s in consultatie-mode)
- geluidssignaal met hartpuls
- voeding uitsluitend op batterijen i.v.m. veiligheid
- gebruiksduur op batterijen: ongeveer 2 uur.

Het elektrocardiogram (ECG)

Het is bijna onmogelijk om de werking van deze electrocardioscoop te bevatten zonder enige medische kennis. We komen zodadelijk aan de kern van de zaak, maar eerst...



...een stukje geschiedenis...

We brengen in één moeite door ook een eerbetoon aan Willem Einthoven, die meer dan 100 jaar geleden het verband tussen spiercontractie en elektriciteit ontdekte. Hiervoor ontving hij in 1924 de Nobelprijs. Hij is ook de uitvinder van de elektrocardiograaf [1].

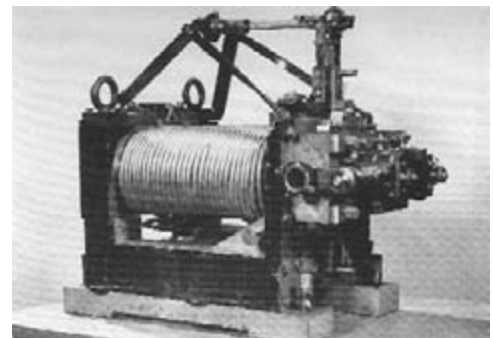
Willem Einthoven was in 1906 rector magnificus aan de Universiteit van Leiden.

en een beetje biologie ...

Het hart is een autonome spier: de enige die niet door de hersenen wordt bestuurd. De zogenaamde 'sinusknoop' die zich boven de rechterboezem bevindt, lanceert de stroom zenuwimpulsen die de contractie van het hartspierweefsel tot gevolg heeft. Dit trekt samen (depolariseert, in medisch jargon) en ontspant (polariseert), en vormt daarmee de bloedpomp die ons in leven houdt. De contractie wordt veroorzaakt door verandering van elektrische polariteit aan weerszijden van de celmembranen. Tijdens de ontspanningsfase komen deze elektrische ladingen weer in hun evenwichtstoestand, klaar voor een nieuwe contractie. De potentialen die zo ontstaan, verplaatsen zich tot aan het huidoppervlak en kunnen daar met elektroden worden opgenomen. De huid is zelf een goede geleider, dus hiervoor worden zogenaamde cutane elektroden gebruikt. Deze worden op de huid geplakt. Door nu de elektroden op een slimme manier te plaatsen kan de cardioloog de hartfunctie en het eventuele falen daarvan aan de hand van het elektrische signaal beoordelen.

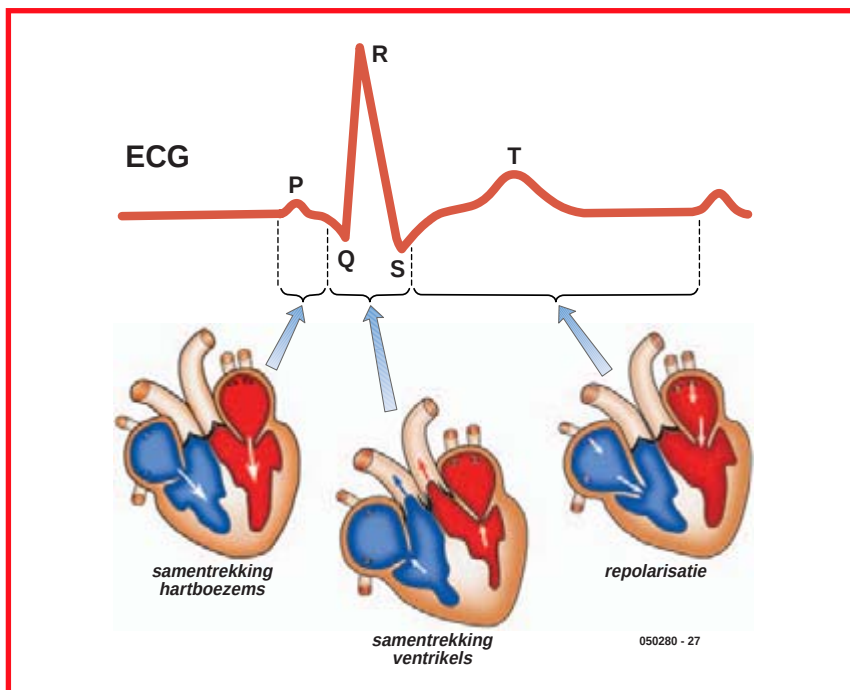


De techniek heeft niet stilgestaan: De eerste patiënten moesten handen en voeten onderdompelen in potten zout water, die fungeerden als elektroden.

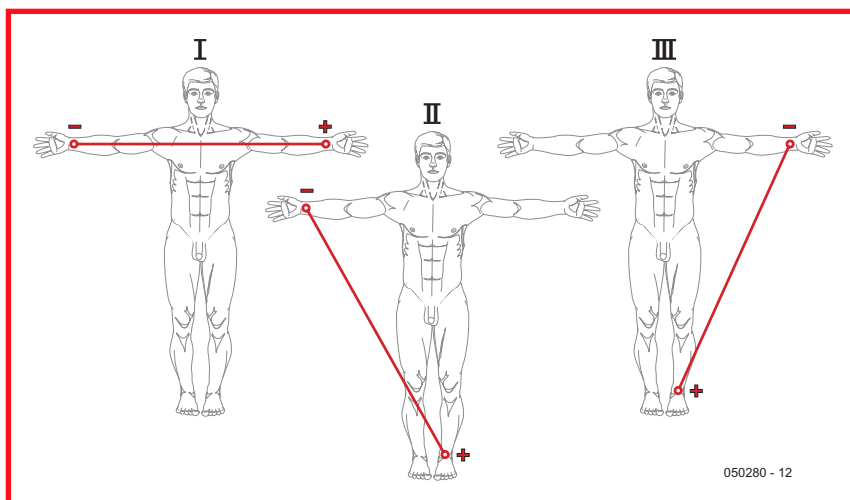


Snaargalvanometer. De beide poten van de hoefijzermagneet zijn omwikkeld met waterslangen voor de koeling.

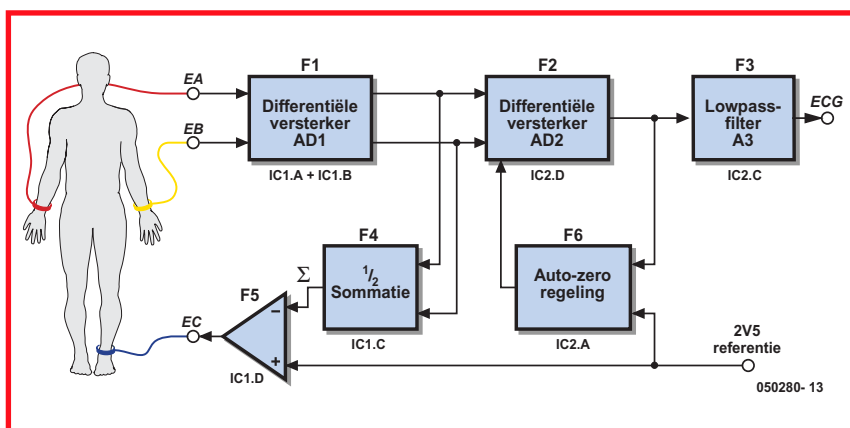
Foto's : Stichting Einthoven Foundation



Figuur 1. Het verband tussen de fasen van een hartslagcyclus en de gemeten elektrische activiteit.



Figuur 2. Met deze unipolaire afleidingen wordt het elektrocardiogram geregistreerd.



Figuur 3. Blokschema van het analoge gedeelte.

laire buffer van 8 Kbits gezet. Die buffer wordt uitgelezen om het signaal 'lopend' in real-time op het scherm te laten zien.

Het analoge gedeelte

Er komen aardig wat problemen om de hoek kijken als we zo'n signaal op een fatsoenlijke manier willen aanbieden aan een A/D-converter, maar dat is voor de electronicus nu juist de sport.

Differentiële versterker

Het top-top-sig-naal dat van beide elektrodes afkomt, is erg zwak, maximaal 2 mV. Bovendien wordt het menselijk lichaam, evenals de verbindingsdraden van de elektroden, sterk beïnvloed door de aanwezigheid van netspanning in de bekabeling van de kamer. De capaciteit tussen beide is weliswaar zeer zwak, maar die kan toch een spanning opleveren ten opzichte van aarde die relatief groot is (dikwijls meer dan 1 V), ondanks de frequentie van 50 Hz. Het lijkt in beginsel moeilijk om het nuttige signaal te scheiden van het parasitaire signaal, dat immers zo'n 1000 maal groter is. Bovendien maakt de netfrequentie van 50 Hz deel uit van het gebied waarin we meten; filteren is dus geen oplossing.

Maar, rekening houdend met de golflengte van 50 Hz (6000 km!) en omdat de huid elektrisch geleidend is, mogen we veronderstellen dat ieder punt op de huid op dezelfde potentiaal is. Gezien vanuit de elektroden hebben we dus te maken met een common-mode-sig-naal.

In dat geval ligt de oplossing voor de hand: we gebruiken een differentiële versterker waarvan de common-mode-onderdrukking voldoet aan

$$CMRR \geq \left[\frac{S_p}{S_{ECG}} \right]_{dB} + \left[\frac{S}{N} \right]_{dB}$$

Met:

S_p = amplitude van het parasitaire signaal, 1 V

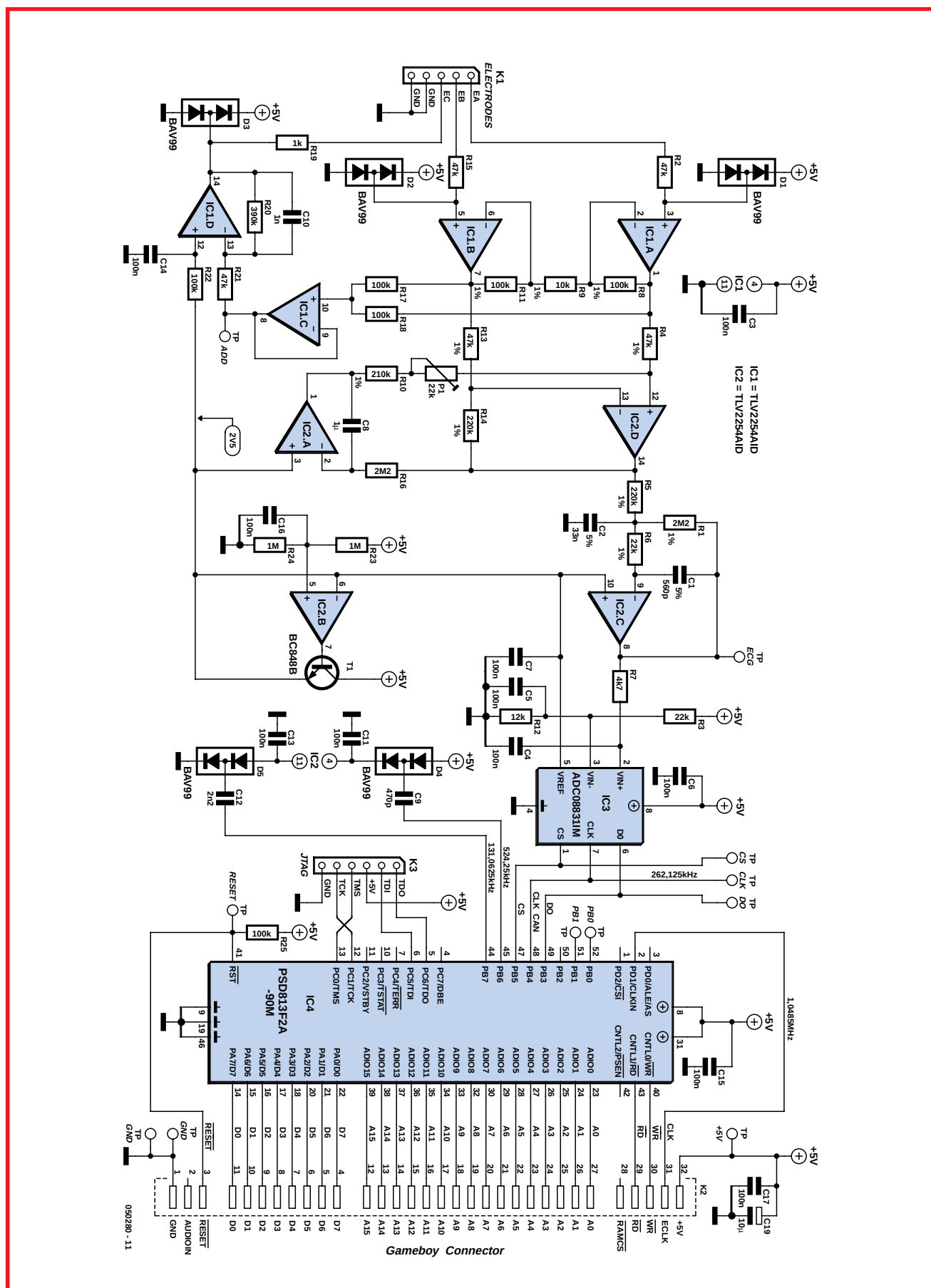
S_{ECG} = amplitude van het ECG, 1 mV

S/N = signaal/ruis-verhouding: 40 dB,

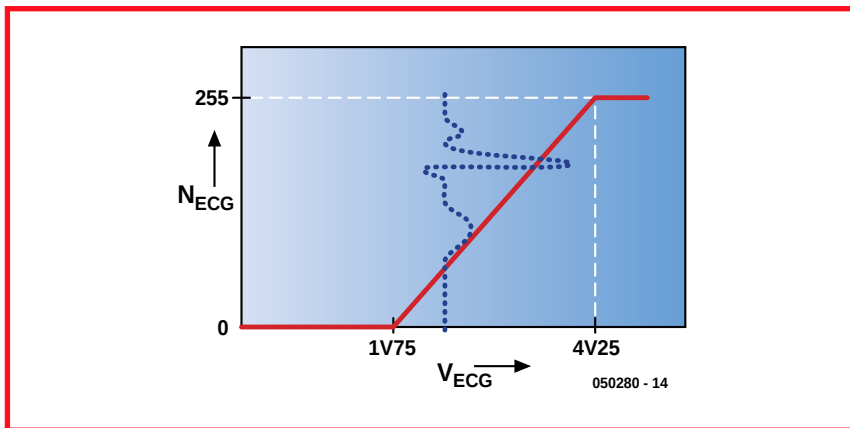
wordt dat:

$$CMRR \geq 100 \text{ dB}$$

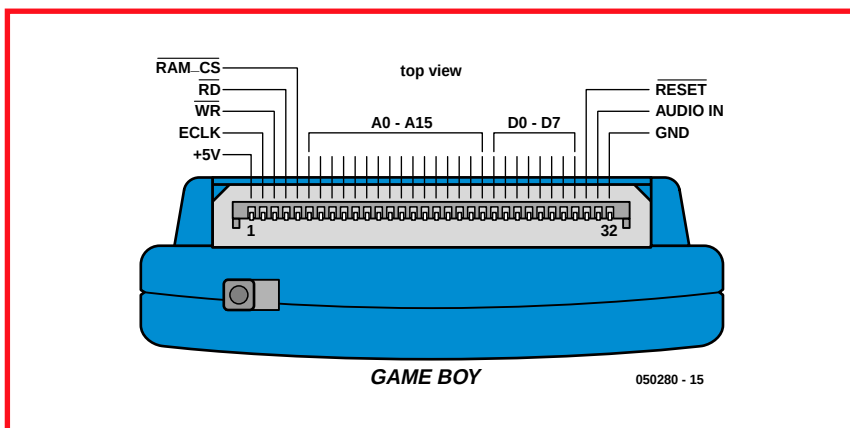
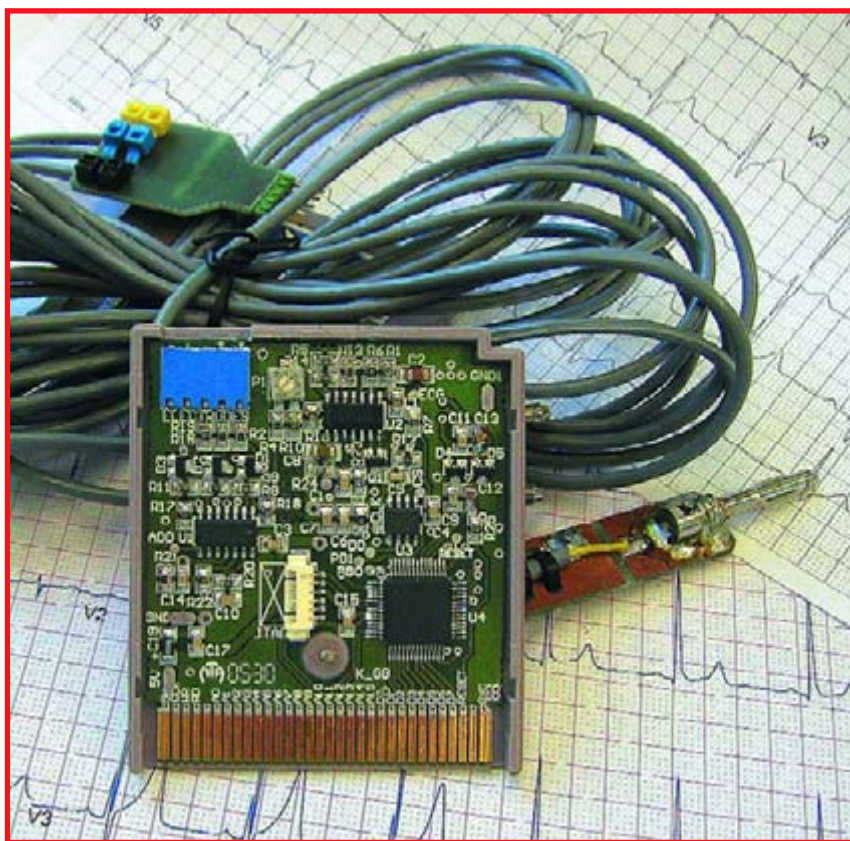
De versterker moet bovendien een zeer hoge ingangsimpedantie hebben,



Figuur 4. Het meeste werk wordt geleverd door het programma in het flash-geheugen van IC4 en door IC3, een A/D-converter met seriële I/O. De verdere dataverwerking is voor de processor van de GameBoy.



Figuur 5. De overdrachtsfunctie wordt bepaald door spanningsdeler R3/R12.



Figuur 6. Aansluitgegevens van de GameBoy-connector, onderaanzicht.

(> 10 MΩ) en een lage offset-spanning. Er bestaan veel geïntegreerde instrumentatieversterkers, bijvoorbeeld de AD624. Ze voldoen aan hoge eisen en hebben verder geen enkele afregeling nodig. Maar kwaliteit heeft zijn prijs. Wij hebben gekozen voor een differentiële versterker met een goedkopere opamp als uitgangspunt. Zowel de prijs als het stroomverbruik wordt daarmee aanzienlijk verlaagd. Bovendien werkt deze versterker prima op een enkele voedingsspanning van 5 V (wat met een AD624 niet kan). Minder prettig is wel dat de CMRR met een instelpotmeter moet worden afgeregeld.

Blokschema en schakeling

In de figuren 3 en 4 ziet u respectievelijk het blokschema van het analoge gedeelte en het volledige schema van het ontwerp. De benamingen van de functies in het blokschema (ICxy) verwijzen naar die van de opamps in het schema.

De instrumentatieversterker is opgebouwd met de functies F1 en F2. F3 is een 2^e orde laagdoorlaatfilter met een kantelfrequentie van 170 Hz en een dempingsfactor van 0,73 (vergelijkbaar met een Butterworth-filter). Dit onderdrukt alle frequenties boven het meetgebied en fungeert ook als anti-rimpelfilter voor de A/D-converter die erna volgt. De versterking is als volgt opgebouwd: AD1=21, AD2=4,7 en A3 is 10. De totale versterking is 987, conform de eis. De overige functies (F4, F5 en F6) 'helpen' de versterker goed te functioneren. Zoals opgemerkt is de voedingsspanning van de opamps 5 V. In rust is de ideale spanning tussen de drie aansluitpunten gelijk aan 2,5 V. In de meeste gevallen is het geen probleem om dit punt in te stellen: een spanningsdeler met twee weerstanden (R23 en R24) volstaat. Alleen bij de ingangsversterkers ligt dat iets moeilijker omdat hun ingangsimpedantie niet mag worden verlaagd.

Dit probleem is opgelost met de derde elektrode (zie figuur 3) en de functies F4 en F5. De spanning S is gelijk aan de halve som van de spanningen EA en EB; deze wordt vergeleken met de referentiespanning van 2,5 V. Dit fout-sigitaal wordt versterkt tot de spanning EC. Omdat er geen stroom loopt door de elektroden, zijn de spanningen EA en EB gelijk aan EC (enige mV groot). Op deze manier sturen we via

de huid het gemiddelde van de spanningen EA en EB naar het referentiepunt van 2,5 V. Het gestelde doel is hiermee bereikt: de opamps van de ingangstrap zijn ingesteld zonder dat hun ingangsimpedantie is verlaagd. Wanneer we nu de elektroden op de huid aanbrengen, krijgen we te maken met een natuurlijk verschijnsel dat echter wel storend is: er ontstaat een contactpotentiaal tussen huid en elektroden. Deze 'micro-batterij' is weliswaar erg zwak (enkele mV), maar die spanning wordt door onze versterker niet onderdrukt, maar juist versterkt!

De functies F4 en F5 onderdrukken dit fenomeen gedeeltelijk, maar de onderlinge offset tussen S1 en S2 kan toch nog oplopen tot 1 V. Dit is ontoelaatbaar en wordt daarom gecompenseerd met functie F6. Deze vergelijkt de gemiddelde waarde van S3 met een referentiespanning van 2,5 V. Dit foutsignaal wordt geïntegreerd (tijdconstante $R16 \cdot C8 = 2,2 \text{ s}$) en dat vormt zo een ZERO-stuursignaal. Deze spanning verschuift continu signaal S3, zodat dit zich stabiliseert op 2,5 V. De amplitude van deze compensatie wordt nog vergroot door twee spanningsvermenigvuldigers (C9-D4-C11 en C12-D5-C13), die -3 V en +8 V voedingsspanning voor IC2 leveren.

Het digitale gedeelte

De A/D-omzetting wordt uitgevoerd door IC3. Dit IC bevat een echte differentieel versterker, maar moet ook worden voorzien van een externe referentiespanning. Deze wordt gemaakt met een spanningsdeler (R23, R24) uit de 5-V-voedingsspanning, gebufferd door T1. Nauwkeurigheid en stabiliteit zijn niet geweldig, maar toch ruimschoots voldoende voor deze toepassing. Spanningsdeler R3/R12 (zie **figuur 4**) bepaalt het werkpunt. Dit is asymmetrisch ten opzichte van 2,5 V, omdat de ECG-golfvorm ook asymmetrisch is ten opzicht van zijn gemiddelde waarde. De A/D-converter levert een serieel uitgangssignaal NECG onder besturing van CS en CLK. CS laat de conversie starten, CLK klokt met 447,84 Hz de datastroom uit D0.

De PSD813F2

De connector van de Game Boy waar de cartridge ingeschoven wordt, voert de volgende bussignalen van de microprocessor in de console:

- adressering: A15 t/m A0

- data: D7 t/m D0
- sturing: ECLK, $\overline{\text{WR}}$, $\overline{\text{RD}}$ en $\overline{\text{RESET}}$.

Dit lijkt op de bus van de aloude Z80: de eerste GameBoys uit 1989 waren opgebouwd rond een vergelijkbare processor. Nieuwere versies zijn uitgerust met een veel krachtiger processor, maar om commerciële redenen functioneren oudere insteekkaarten nog steeds prima op de huidige Game Boys. En onze elektrocardioscoop dus ook!

De PSD813F2 is een IC dat perfect geschikt is voor een GameBoy-cartridge. Er is hier te weinig plaats om

in parallelle data, ontlast daarmee dus de CPU van die taak, en levert ook nog een blok golf voor de spanningsvermenigvuldigers;

- 27 programmeerbare I/O-poorten;
- 2 Kbyte RAM, niet gebruikt.

Voor de liefhebber is daarnaast nog een JTAG-interface beschikbaar aan connector K3, waarmee deze chip 'in-circuit' kan worden geherprogrammeerd. Op de website van de fabrikant is de ontwikkelomgeving PSDSoftExpress gratis te downloaden.

De signalen van de koppeling tussen console en PSD813 hebben allemaal

De auteur

Marcel Cremmel is leraar elektrotechniek, differentiatie elektronica, sinds 1979 (staatsdiploma Education Nationale française).

Zijn eerste jaren in het onderwijs heeft hij doorgebracht aan de ingenieurschool Mohammedia van Rabat, in Marokko. In het kader van Frankrijk's internationale samenwerking op het gebied van onderwijs is hij sinds 1982 verbonden aan het Louis Couffignal lyceum te Straatsburg, in de sectie hogere elektronica.

Beroepshalve houdt hij zich bezig met alle facetten van de elektronica, maar met een voorliefde voor telecommunicatie, video, microcontrollers (MSP430 en PIC) en programmeerbare logica (Altera). Naast de elektronica heeft hij ook een passie voor motoren en neemt deel aan toeren, wedstrijden, enz.

Zijn website: <http://electronique.marcel.free.fr/>



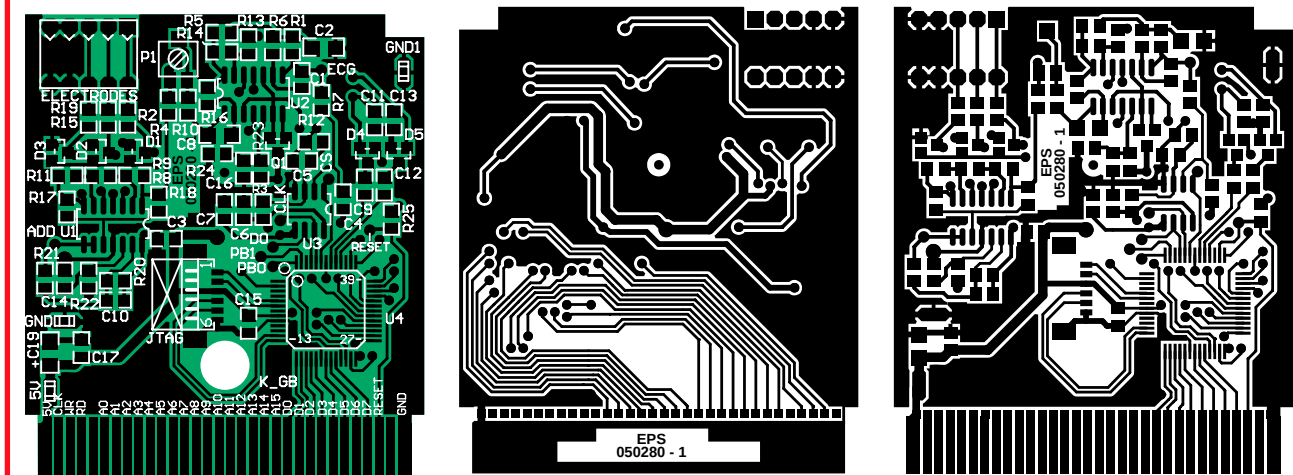
zijn functionaliteit volledig te omschrijven (zie [3]). Het bevat, kort samengevat:

- een programmeerbare interface compatibel met alle 8-bits microprocessors die op de markt zijn, dus ook de Z80;
- 128 Kbyte flash-geheugen (waarvan slechts 32 KB wordt gebruikt voor de ECG-meter, wat dus ruimte overlaat voor uitbreidingen, of iets anders...);
- programmeerbare logica (PLD) voor een adresdecoder;
- een CPLD met 16 macrocellen zet seriële data uit de A/D-converter om

gewoon dezelfde benaming, zoals te zien is in het schema (figuur 4). Er is nog wel één eigenaardigheid die als vergissing zou kunnen worden opgevat: de aansluitingen van de databus zijn omgedraaid! Het printontwerp werd hierdoor een stuk eenvoudiger, maar het programmeergeheugen is daardoor 'omgeklapt', dus *most significant bit is least significant bit* geworden en vice versa.

De software

De software is volledig geschreven in assembler. De auteur heeft hiervoor



Figuur 7. De dubbelzijdige print met de bijbehorende componentenopstelling. Het solderen van IC4 is de moeilijkste klus en met de hand haast onmogelijk.

gebruik gemaakt van 'Game Boy Assembler Studio' van Nicklas Larsson. (Freeware verkrijgbaar via weblink [4]). Het moest in assembler vanwege de real-time 'scrolling'-weergave in het eisenpakket.

Dat bezet al 80% van de CPU in oudere consoles, vanwege de 'ouderwetse' architectuur van het schermgeheugen (geheugen voor karakters gescheiden van schermgeheugen).

Het programma is opgebouwd uit vier taken:

1. Initialisaties

Deze taak wordt uitgevoerd bij het aanzetten of na een 'reset':

- declareren van variabelen
- I/O poorten configureren
- Initialisatie van het LCD. Het scherm beslaat 160 x 144 pixels, maar om technische redenen is dat teruggebracht naar 160 x 96 pixels. Het onderste deel (160 x 48) wordt gebruikt voor vaste meldingen:
- interne timer: deze is geprogrammeerd om te schakelen met 477,84 Hz, de sample-frequentie.
- toongenerator, geeft op commando

een piepsignaal synchroon met de hartfrequentie.

2. Hoofdroutine

De hoofdroutine is een lus die toetsaanslagen detecteert en aan de hand daarvan de volgende modi kan instellen:

- Start: acquisitiemodus
- Select: Stop-modus
- Δ : zoom x 1 in stop-modus
- ∇ : zoom x 2 in stop-modus

3. timer-interruptroutine

Deze taak wordt 477,84 maal per

Onderdelenlijst

(alles in SMD, behalve K1)

Weerstanden:

- (0805)
- R1 = 2M2 1%
- R2, R15, R21 = 47 k
- R3 = 22 k
- R4, R13 = 47 k 1%
- R5, R14 = 220 k 1%
- R6 = 22 k 1%
- R7 = 4k7
- R8, R11 = 100 k 1%
- R9 = 10 k
- R10 = 210 k 1%
- R12 = 12 k
- R16 = 2M2
- R17, R18, R22, R25 = 100 k
- R19 = 1 k
- R20 = 390 k
- R23, R24 = 1 M
- P1 = 22 k instel (Bourns 3314G)

Condensatoren:

- (0805, behalve C8 en C19)
- C1 = 560 p 5%

- C2 = 33 n 5%
- C3...C7, C11, C13...C17 = 100 n
- C8 = 1 μ (1208)
- C9 = 470 p
- C10 = 1 n
- C12 = 2n2
- C18 = niet aanwezig
- C19 = 10 μ /16 V (1208P)

Halfgeleiders:

- D1...D5 = BAV99
- T1 = BC848B
- IC1, IC2 = TLV2254AID
- IC3 = ADC08831IM (Analog Devices) of TLC0831CD (Texas Instruments)
- IC4 = PSD813F2A-90M (STMicroelectronics, geprogrammeerd EPS 050280-1)

Diversen:

- K1 = chassisdeel Molex type Dubox, 5 contacten, 89882-405 (Digikey bestelnr. 90148-1102-ND)
- Voor de programmering:
- K3 = chassisdeel Molex, 6 contacten,

- 1,25 mm, 53261-0671 (Digikey bestelnr. WM7624CT-ND)
- Optioneel voor de verbindingkabel met de FlashLink-programmer:
- Connector Molex 1,25 mm, housing, 6 contacten (Digikey bestelnr. WM1724-ND)
- 6 draden met aansluitpennen voor Molex-connector (female terminal, Digikey bestelnr. WM1775-ND)

Elektroden:

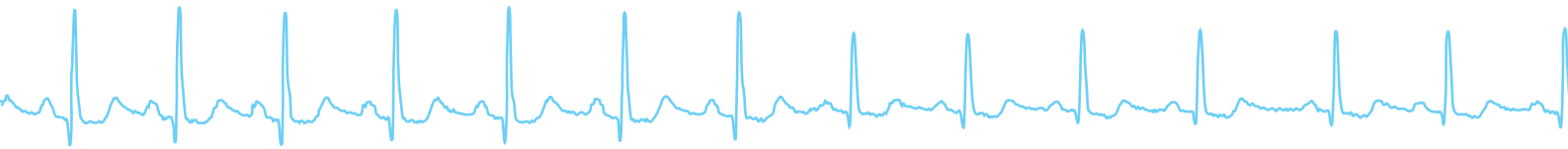
- Zuignapjes en balgjes zijn verkrijgbaar in de medische vakhandel.
- SIL-header, 5 contacten
- 4-mm-stekers (3x)
- 6 m afgeschermde audiokabel

Print EPS 050280-1

(zie www.elektuur.nl)

Floppy met source-code: EPS 050280-11 (gratis te downloaden van www.elektuur.nl)

Compleet opgebouwde en geteste print: EPS 050280-91



seconde uitgevoerd. Zij omvat de volgende functies:

- ontddenderen van toetsaanslagen.

In run-mode:

- start van een nieuwe conversie;
- acquisitie van het laatste sample (resultaat van de vorige conversie).

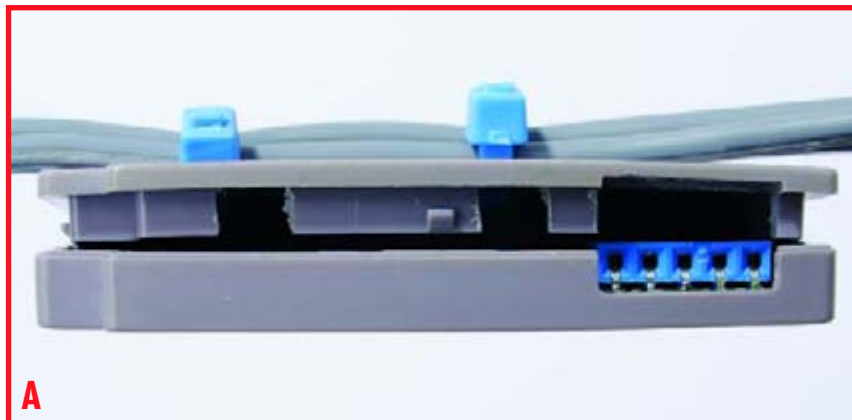
Iedere vier samples, dus 119,46 keer per seconde:

- bereken het gemiddelde van de vier laatste samples;
- detecteer de R-top en start dan de hartslag-piep;
- vullen van de 8 KB circulaire buffer met het gemiddelde sample.

4. V-blank interrupt-routine

Deze routine draait aan het eind van iedere V-scan van het LCD. V-scan-frequentie is 59,73 Hz, dus elke twee gemiddelde samples. De routine ververst het schermbeeld.

- Run-mode: het LCD toont de laatste 320 gemiddelde waarden uit de buffer, oftewel de ECG-golfvorm van de afgelopen 2,68 seconde.
- Stop-mode: al naar gelang de zoom-waarde (1x of 2x) geeft het LCD de laatste 320 of 160 samples weer, wat overeenkomt met 2,68 of 1,34 seconde over de breedte van het



scherm. In Stop-mode detecteert het programma ook de toetsen $\triangleright$ en $\triangleleft$, waarmee je heen en weer door het schermgeheugen kunt gaan. Het programma tekent ook de verticale en horizontale schaal tijdens het lopen van de ECG-golfvorm. De horizontale schaal loopt met de golfvorm mee, voor betere leesbaarheid.

De broncode van het programma is verkrijgbaar via de website van Elektuur (020580-11.zip).

De opbouw

Het gebruik van SMD's is bij dit project onvermijdelijk. De onderkant van de

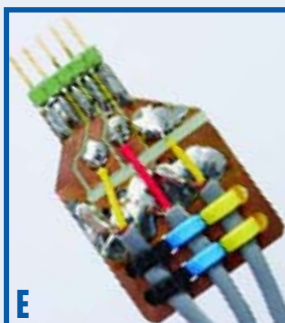
print moet perfect vlak zijn (dus zonder doorverbindingseilandjes), anders past ze niet in de cartridge-houder. Alle componenten zijn met de hand te solderen, behalve de PSD813 (POFP52-behuizing). De pootjes daarvan zitten slechts 0,65 mm uit elkaar, zowat de helft van die bij een SO14-behuizing. Elektuur biedt echter ook een compleet opgebouwde print aan, zodat dit geen probleem hoeft te vormen (zie kader).

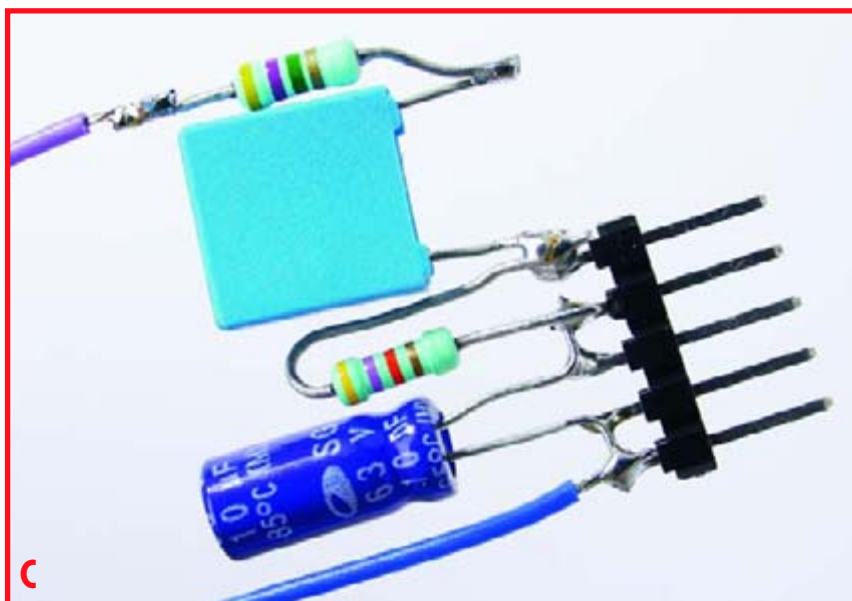
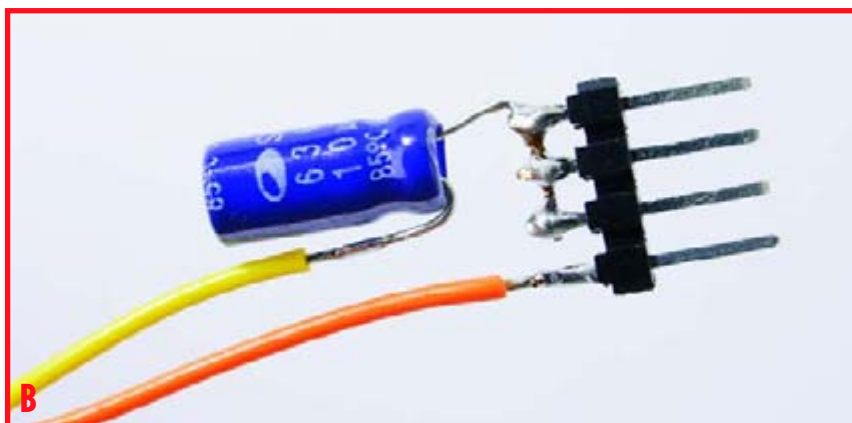
Nu moet u nog ergens een cartridge-behuizing op de kop tikken en dan voorzichtig de bovenste helft van de onderste lossnijden. Op **foto A** zijn de uitsparingen te zien die in de bovenste

De elektroden

Een goed ECG bestaat bij de gratie van goede elektroden, goede plaatsing van de elektroden en goede elektrodekabels. Gebruik van afgeschermd kabel wordt aanbevolen om de invloed van ongewenste signalen te beperken. Elektrisch gezien zijn audiokabels uitstekend geschikt, maar de draad daarvan is veel te fragiel. De auteur heeft daarom adaptertjes gemaakt (zie **figuur E** en **F**) met tie-wraps om de kabels vast te zetten. De kans op breuk is hiermee praktisch nihil. Merk op dat de afscherming uitsluitend aan de kant van de cartridge is doorverbonden. Aan de kant van de elektrode niet, om ieder contact met de huid te vermijden. Er is gekozen voor 4-mm-stekers, omdat die passen op

elektroden die in de handel verkrijgbaar zijn. Deze zuignapjes (**figuur G**) zijn erg praktisch en ook geschikt voor kinderen. Alleen de prijs zal veel lezers wat ontmoedigen: 10 Euro per stuk en u heeft er drie nodig! Men zou ze ook kunnen vervaardigen van oude muntstukjes (van vóór de Euro), zoals u kunt zien op de foto hiernaast. Men neme dan munten van een nikkel-legering (een Franse frank, een gulden, of een Duitse mark). Soldeer er een 4-mm-pen op (**figuur H**) en de elektrode is klaar voor gebruik. Met elastische armbanden houdt u ze op hun plaats op de beide polsen en onderaan de kuit. Deze armbanden kunt u maken van op lengte geknipt bretelband, met zelfklevend klittenband aan de uiteinden. Men zou ook stukken binnenband van een motor of een scooter kunnen gebruiken.





helft moeten worden gemaakt, o.a. voor de connector.

Afregeling

Het enige dat we hoeven af te regelen is de CMRR van de differentiële ver-

sterker. Daarvoor hebben we een functiegenerator nodig en een oscilloscoop of een AC-voltmeter. We maken ook eerst een meethulpmiddeltje, zie **foto B** (de condensator is 10 µF). Van boven naar beneden EA, EB, EC, GND. Steek de header in connector K1, let daarbij

op de polariteit, en sluit de functiegenerator aan. Op deze manier bieden we een common-mode signaal aan. Stel de generator in op een sinus van 50 Hz, 1 V amplitude. Steek vervolgens de kaart in de Game Boy zonder de bovenste helft van de behuizing, zodat u dus nog wel bij het testpunt ECG kunt komen. Zet de voeding aan en meet de AC-component van het ECG-signaal. Stel vervolgens de kleinst mogelijke top-top-waarde in met P1. Voor een signaal/ruis-verhouding beter dan 40 dB moet deze minder dan 25 mV zijn.

Eindcontrole

Deze stap is niet per se noodzakelijk, maar hiermee kunt u nagaan of de elektrocardioscoop naar behoren functioneert: een signaal dat wordt aangeboden, moet ook op het display verschijnen. Een standaard functiegenerator levert echter vrijwel nooit een signaalniveau dat laag genoeg is voor onze controle. We moeten het signaal uit de LF-generator drastisch verzwakken, en wel met het hulpmiddeltje in **figuur C** (massa = onderste pen, paarse draad = ingangssignaal). Het signaal wordt gedeeld door 100. Hiermee komt een sinus van 1 Hz, 140 mV_{tt} op het display, zoals u kunt zien in **figuur D**. De sinus is uitgelijnd op de eerste stippellijn en heeft een top-top-waarde van 7 hokjes, dus $7 \times 200 \text{ mV} = 1,4 \text{ V}$.

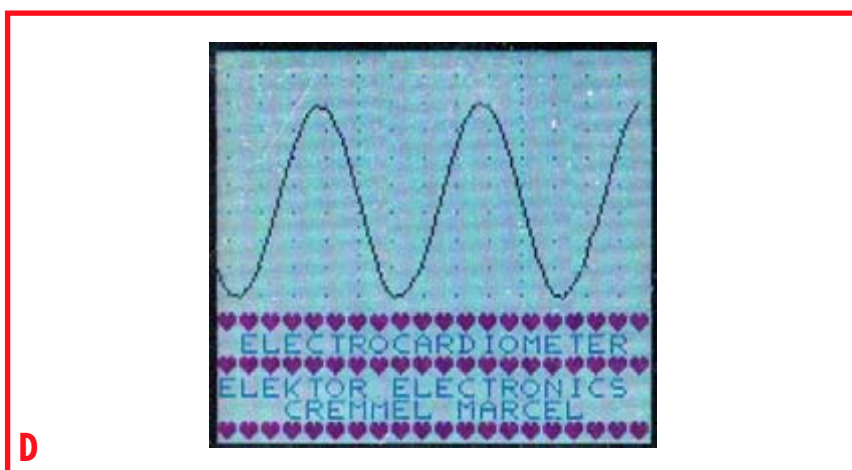
De connector K1 op de cartridge is niet erg robuust. Om het risico op vervorming of lostrekken enigszins te beperken, zijn de drie afgeschermd kabels op de behuizing vastgezet met twee nylon bindertjes, zoals in foto E. De exemplaren die de auteur heeft gebruikt, raken de componenten op de print niet. Ze gaan door 4 gaatjes van 2 mm, waardoor ook de behuizing niet minder stevig wordt.

(050280)

De auteur wil hier Prof. Schali en Prof. Maan van het Universitair Medisch Centrum te Leiden bedanken voor hun uitgebreide ondersteuning.

Referenties en weblinks:

[1] http://w3.bmt.tue.nl/nl/doelgroepen/alumnus/wie_was_willem_eindhoven/



BELANGRIJK

De elektrocadioscoop heeft geen enkel medisch keurmerk en is dus niet bedoeld voor beroepsmatig gebruik. Hij moet te allen tijde worden gevoed uit batterijen om beschermingsklasse III te waarborgen.

Gebruiksaanwijzing

Aanbrengen van de elektroden

Het is absoluut noodzakelijk om de huid en de elektroden goed schoon te maken met een dot watten gedrenkt in ether of alcohol. Hiermee wordt de contactpotential aanzienlijk binnen de perken gehouden, anders zou de versterker worden overstuurd.

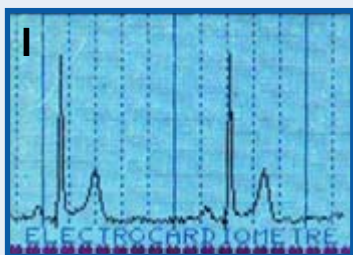
De standaard-afleiding is 'DI'

- EA-elektrode: rechterpols
- EB-elektrode: linkerpols
- EC-elektrode: linkervoet (onderaan de kuit)

Het gebruik van een contactmiddel op basis van kaliumchloraat kan de kwaliteit van het ECG-signaal aanzienlijk verbeteren. Voor een optimaal ECG moet de patiënt gewoon rustig liggen, zodat er zo min mogelijk andere spieractiviteit is.

Gebruik

- Aanzetten: welkomsttekst verschijnt op het scherm.



- Naar het acquisitiescherm: druk op Start, A, B of Select.
- ECG-acquisitie: wanneer de elektroden goed geplaatst zijn, moet het signaal zich na enige seconden stabiliseren en ziet er dan uit zoals in **figuur 1**.

Het ECG in figuur 1 is een voorbeeld, geen maatstaf. De golfvorm kan aanzienlijk verschillen van persoon tot persoon.

Indien na ongeveer dertig seconden nog helemaal geen beeld verschijnt, moet de huid onder de elektroden worden gereinigd met een in ether of alcohol gedrenkte dot watten. Onregelmatigheden in de golfvorm kunnen worden vermindert met behulp van een contactmiddel.

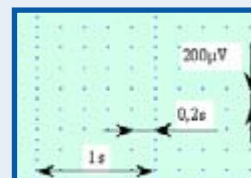
- Stop-mode: indrukken van de Select-toets stopt de acquisitie. Men kan dan de inhoud van het geheugen bekijken, oftewel 68,8 seconden aan ECG.

△ : zoom x 1 (zie hiernaast)

▽ : zoom x 2

▷ : vooruit

◁ : achteruit



Schaal (zoom 1x)

Bij iedere R-top klinkt een piepsignaal. Het volume is regelbaar met de knop op de GameBoy.

Attentie! Het schermgeheugen wordt gewist zodra het toestel wordt uitgeschakeld.

[2] <http://www.e-cardiologie.com/examens/ex-electro2.shtml>

[3] <http://www.st.com/stonline/products/>

[4] <http://www.devrs.com/gb/>

Aanvullende documentatie en broncode van het programma op:

<http://www.elektuur.nl>

Datasheet van de PSD813:

<http://www.st.com/stonline/products/literature/ds/7833.pdf>

Datasheet van de ADC08831M:

<http://www.ortodoxism.ro/datasheets2/6/Orcoik1ywhx1dj2ogg8wid7sfcy.pdf>

ECG via de geluid

Biomedische signaalbewerking met beh

Martin Klaper

Is het mogelijk om met een gewone geluidskaart een Elektrocardiogram (ECG) te maken en de hartslag te meten? Deze vraag vormde voor de auteur het onderwerp van een afstudeeropdracht. Hier presenteren we het praktische resultaat van dit onderzoek: een eenvoudig te bouwen hartslagmonitor! De bijbehorende software is gratis.



Een elektrocardiogram (ECG) is niet alleen met een Gameboy te meten (zie het artikel elders in deze uitgave). Het is ook mogelijk via de gangbare PC-geluidskaarten of met de lijningang van een laptop. We hebben hiervoor alleen een passende 'sensor' nodig (**figuur 1**) voldoende. Deze sensor kan zeer eenvoudig worden gemaakt van een buis met aan beide uiteinden een contactvlak

(elektrode), die dan als een fietsstuur vastgehouden moet worden. Het op deze manier gemeten zwakke signaal wordt 1000 keer versterkt en op de lijningang van de geluidskaart aangesloten. De verdere signaalbewerking geschiedt via een Java-programma, waarmee het signaal digitaal wordt gefilterd, opgeslagen en weergegeven op het scherm. Daarnaast bewaakt het

programma de hartslag, bepaalt automatisch de hartfrequentie en geeft deze digitaal en akoestisch weer. De metingen kunnen worden opgeslagen en op een later tijdstip worden geanalyseerd. Op internet zijn medische databanken met testmetingen te vinden [1]; ook deze metingen kunnen door het programma worden bewerkt en weergegeven.

skkaart

ulp van de PC

Technische gegevens:

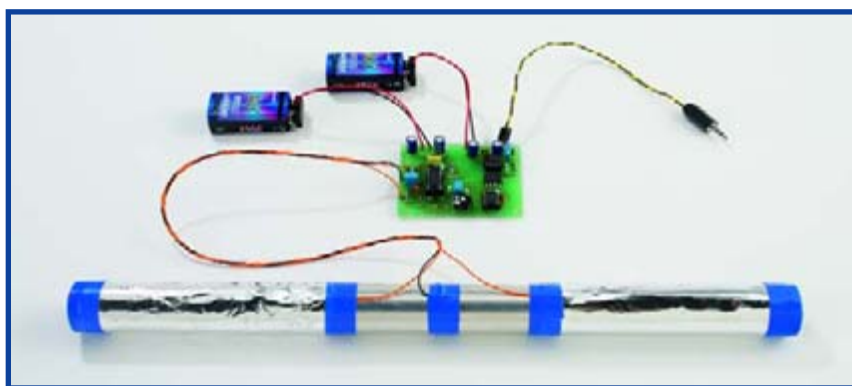
Ingangsimpedantie:	> 1 M Ω
Dynamisch ingangsbereik:	5 mV _{ff}
Stroomverbruik meetversterker:	ca. 11 mA
Stroomverbruik optocoupler:	ca. 2,2 mA
Common-mode onderdrukking (CMRR)	> 70 dB
Versterkingsfactor:	ca. 1000 keer (60 dB)
Bandbreedte:	ca. 0,4...35 Hz (afhankelijk van de geluidskaart)
Opnameduur:	praktisch oneindig, typisch 60 Kbyte per minuut

ECG

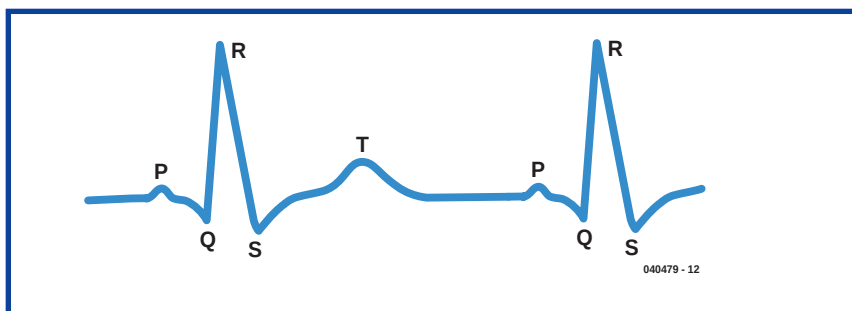
Zoals in het Gameboy-ECG artikel al wat uitvoeriger wordt beschreven, zijn het elektrische stromen die de hartspier sturen. Deze elektrische activiteit kan met elektroden die op het lichaam zijn geplakt, worden geregistreerd. De geregistreerde 'hartstroom-curve' wordt elektrocardiogram, kortweg ECG, genoemd. In **figuur 2** is een typische ECG-curve te zien. De ECG-curve heeft een grote diagnostische waarde. De diagnostiek staat hier echter niet ter discussie, dat is het terrein van de arts; het gaat hier om de meting zelf.

Het ECG werd van oudsher geregistreerd op papier met een registratiesnelheid van 25 millimeter per seconde. Daaruit kan een tijd van 40 milliseconden per millimeter worden afgeleid. De spanningen zijn zo gekalibreerd dat 1 mV overeenkomt met een uitslag van 10 mm in de verticale richting. Daarmee staat elk vierkantje op papier van 1 mm voor 0,04 s aan tijd en 0,1 mV aan spanning.

De karakteristieke punten in de ECG-curve worden met letters aangegeven [2]. De afstand tussen twee markante 'R'-pieken in **figuur 2** komt precies overeen met de afstand tussen twee hartslagen. Daaruit kan de hartfrequentie of pulse-rate eenvoudig worden afgeleid. De pulse-rate, gemeten in slagen per minuut (Beats Per Minute, BPM), wordt door het programma als getal en als (uitschakelbaar) akoestisch signaal weergegeven. De gemeten pulse-rate kan bijvoorbeeld dienen als meetwaarde bij een training op een hometrainer. Een regelaar kan deze meetwaarde dan vergelijken met een gewenste waarde en de rem zodanig beïnvloeden dat er



Figuur 1. De 'sensor' voor het meten van de hartsignalen in zijn meest eenvoudige vorm: een buis met aan beide uiteinden een contactvlak (elektrode).



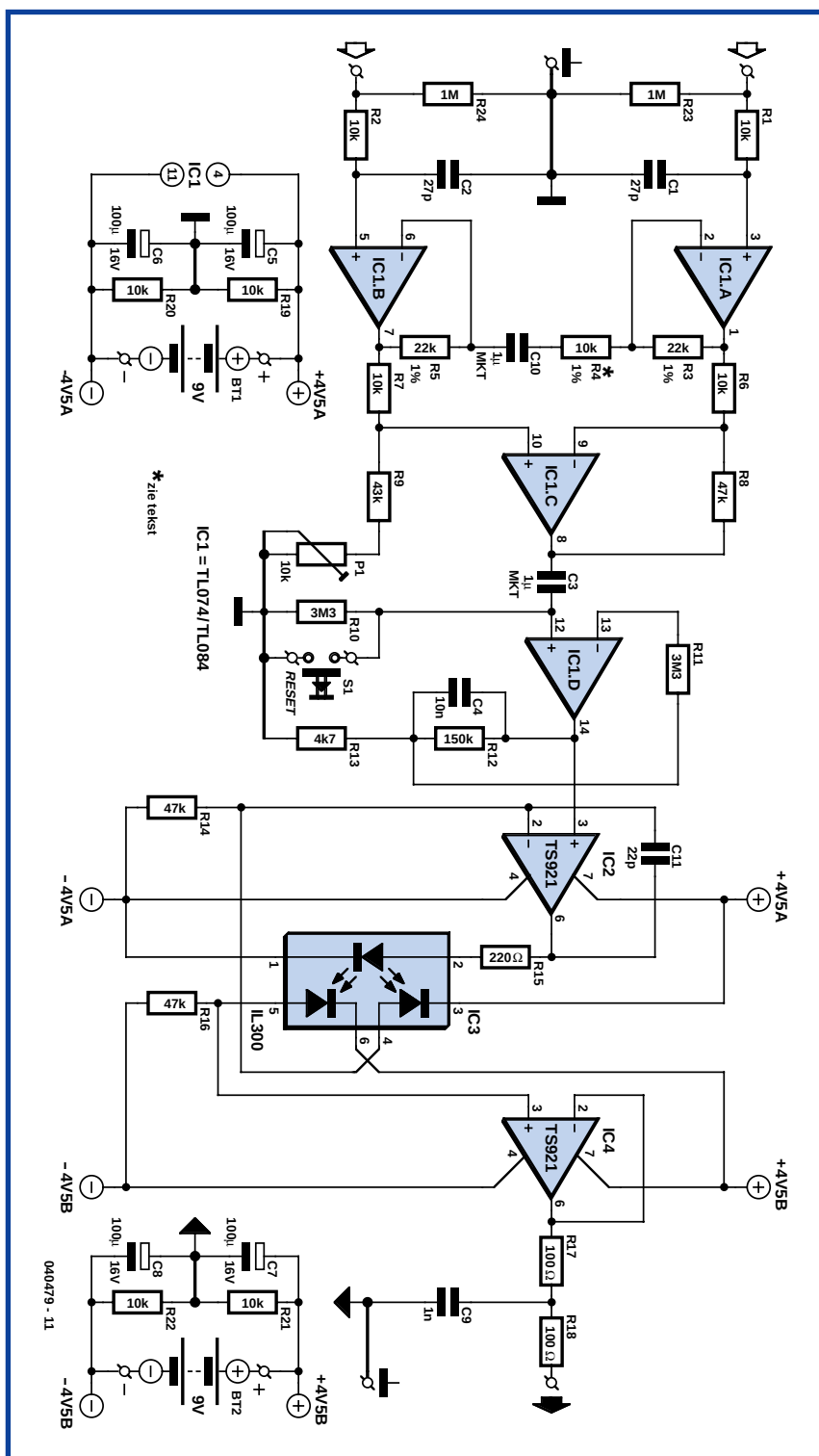
Figuur 2. De afstand tussen de met 'R' aangegeven pieken in het ECG-signaal komt overeen met de tijd tussen twee hartslagen.

Veiligheid

De hier beschreven schakeling mag **alleen** met batterijvoeding gebruikt worden. **Ook de via de geluidskaart aangesloten computer mag niet op de 230V netspanning aangesloten zijn.**

In de praktijk betekent dit dat er alleen een notebook gebruikt kan worden, waarvan de netvoeding in geen geval aangesloten mag zijn!

Het gebruik van deze schakeling en de software voor medische doeleinden is niet toegestaan. Dit ontwerp is slechts bestemd voor privé-gebruik, zoals meetexperimenten.



Figuur 3. De schakeling van de meetversterker. Een optocoupler zorgt voor de noodzakelijke galvanische scheiding tussen in- en uitgang.

met een meer constante hartslag getraind wordt. Maar dat is genoeg stof voor een ander project...

Signaalbewerking

Voor de computer vormt het ECG een interessant real-time probleem, dat

voor een belangrijk deel in de software wordt opgelost. De hardware in de vorm van de meetversterkerschakeling (figuur 3) heeft voornamelijk als doel om het zwakke signaal van ongeveer 1 mV te versterken en om zowel gelijkstroom- als hoogfrequente signalen te onderdrukken. Om een storingsvrij, of

in ieder geval minstens storingsarm ECG-sigitaal te verkrijgen, is het belangrijk om eventuele stoorsignalen doelmatig te filteren. Dit wordt met een software-matig gerealiseerd digitaal biquad infinite-impulse-response filter bereikt. Dit filter kan geconfigureerd worden als laagdoorlaat-, hoogdoorlaat-, bandpass-, of bandsperfilter en dus voor elke gewenste filterfunctie ingezet worden. Een 50-Hz-sperfilter verwijdert het door de netspanning veroorzaakte stoorsignaal, terwijl andere stoorfrequenties met een extra hoogdoorlaatfilter worden verwijderd. Omdat het signaal door middel van elektroden op het lichaamsoppervlak gemeten wordt, kan er een steeds veranderend gelijkspanningaandeel aanwezig zijn. Dit wordt door een 'DC blocking filter' verwijderd. De hoofduitslag van het ECG kan met behulp van een bandpass-filter gevonden worden, wat de bepaling van de pulse-rate vereenvoudigt. Het Java-programma kan zowel het originele signaal als het gefilterde signaal weergeven. Doordat de totale filterfunctie door de gebruiker zelf kan worden geconfigureerd, kan de invloed van deze instellingen zo goed zichtbaar worden gemaakt. De pulse-rate wordt via een zogenaamde autocorrelatie-functie bepaald. Dat wil zeggen dat het periodieke signaal met zichzelf vergeleken wordt. Hiermee wordt de periodetijd van het signaal vastgesteld.

Meetversterker

De schakeling in figuur 3 bestaat uit twee functiegroepen: de eigenlijke meetversterker en een scheidingsversterker met een optocoupler aan de uitgang.

Het signaal wordt versterkt door de viervoudige opamp IC1, een TL084 of de ruisarme TL074. IC1a en IC1b zijn als niet-inverterende versterkers geschakeld, die met de ingangen van de differentiële versterker IC1c verbonden zijn. Deze versterkerconfiguratie is beter bekend als instrumentatieversterker. Met P1 kan de zogenaamde common-mode-onderdrukking ingesteld worden. Ontkoppelcondensator C3 aan de ingang van de volgende versterkertrap met IC1d verwijdert de gelijkspanning aan de uitgang van de instrumentatieversterker. Om een zo laag mogelijk onderste kantelpunt te bereiken is de tijdconstante van de RC-kring C3/R10 iets meer dan drie seconden; zo lang duurt het ook tot de spanning op de condensator na het inscha-

Onderdelenlijst

Weerstanden:

R1,R2,R4,R6,R7,R19...R22 = 10 k
 R3,R5 = 22 k 1%
 R8 = 47 k
 R9 = 42k2
 R10,R11 = 3M3
 R12 = 150 k
 R13 = 4k7
 R14,R16 = 47 k
 R15 = 220 Ω
 R17,R18 = 100 Ω
 R23,R24 = 1 M
 P1 = 10 k instelpotmeter

Condensatoren:

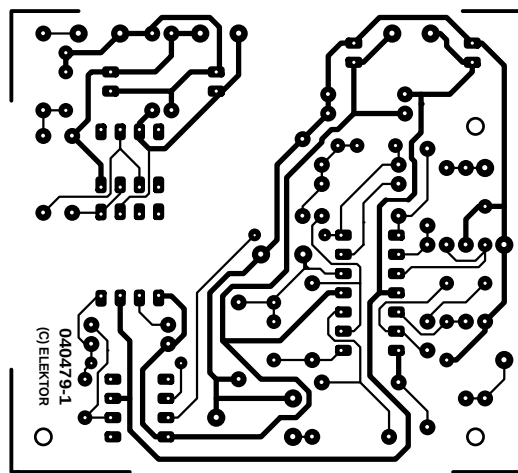
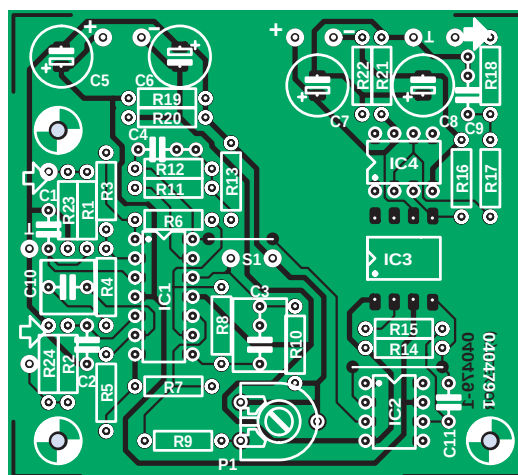
C1,C2 = 27 p
 C3,C10 = 1 μ /63 V, 5 mm raster
 (géén elcol!)
 C4 = 10 n
 C5...C8 = 100 μ /16 V radiaal
 C9 = 1 n
 C11 = 22 p

Halfgeleiders:

IC1 = TL074 DIP14
 IC2,IC4 = TS921 of TL071 DIP8
 IC3 = IL300

Diversen:

2 draadbruggen
 2 x 9-V-blokbatterij met aansluitclip
 2 x DIP-8 IC-voet
 1 x DIP-14 IC-voet
 Print EPS 040479-1
 PC-software met sourcecode op CD
 leverbaar (EPS 040479-81) of als
 gratis download op www.elektuur.nl



Figuur 4. De enkelzijdige print bevat geen SMD-componenten en is eenvoudig op te bouwen.

kelen is gestabiliseerd. Deze tijd kan verkort worden door R10 met reset-schakeleaar S1 kort te sluiten.

Optocoupler IC3 wordt door IC2 aangestuurd. De hier gebruikte TS921 is een rail-to-rail-opamp (uitstuurbaar tot aan beide voedingsspanningen) die een krachtige uitgangsstroom tot 80 mA kan leveren. Dit is meer dan voldoende voor de zend-LED in de optocoupler, die ongeveer 2,2 mA opneemt. De stroom door de zend-LED wordt via een ontvangdiode in de optocoupler en de inverterende ingang van IC2 zo geregeld dat over R16 (de voorschakelweerstand van de tweede ontvangdiode) dezelfde spanning staat als over R14. Dit is op zijn beurt weer dezelfde spanning als de spanning die op de niet-inverterende ingang van IC2 staat. Met andere woorden: over R16 staat de uitgangsspanning van IC1d, maar dan galvanisch gescheiden. Condensator C11 voorkomt hoogfrequente oscillaties van deze trap. De

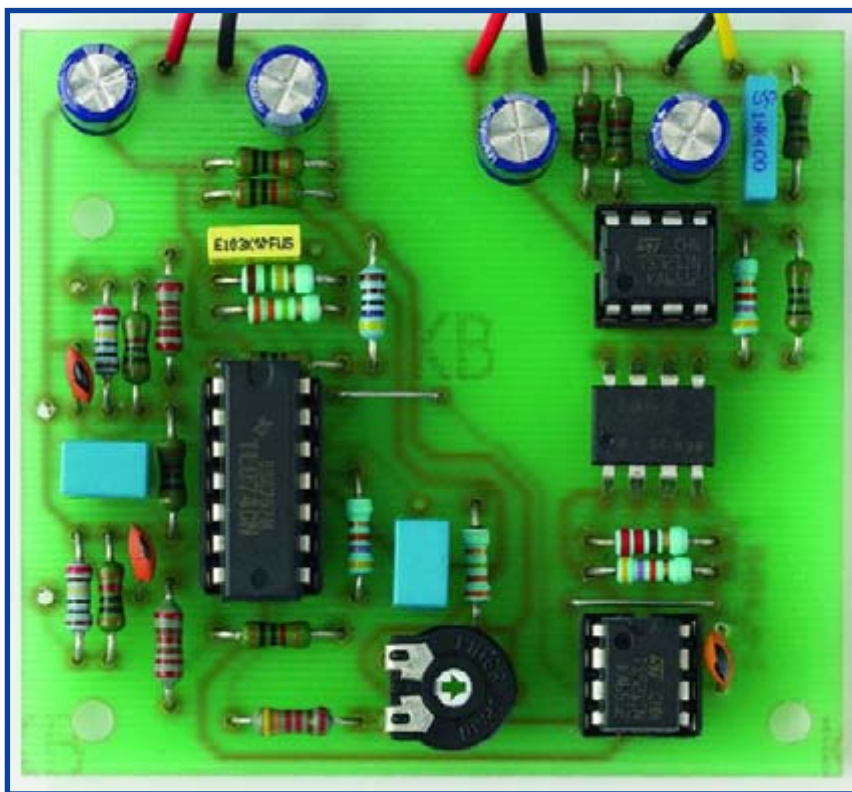
laatste opamp (IC4) zorgt voor een laagohmige uitgang. Dankzij de twee 100- Ω -weerstanden in het uitgangslaag-

doorlaatfilter R17/C9/R18 is dit ook een zeer kortsluitvaste uitgang. De volledige galvanische scheiding

De auteur

Martin Klaper studeerde Elektrotechniek aan de ETH Zürich, was 20 jaar in de telecommunicatie-industrie werkzaam in verschillende functies en is sinds 2000 docent Informatica en Telecommunicatie. Tot 2005 was hij aan de Fachhochschule Solothurn-Nordwestschweiz (FHSO) werkzaam. Sinds oktober 2005 geeft hij les aan de Fachhochschule Zentralschweiz, Hochschule für Technik und Architektur (HTA), in Horw bij Luzern. Dit project werd aan de FHSO begonnen en voortgezet aan de HTA. De auteur is actief zendamateur (HB9ARK) en heeft als bijzondere interesse Software Defined Radio concepten. Hij is getrouwd en heeft twee zonen.





Figuur 5. Voorbeeld van een opgebouwde Elektuur-print. Het zonder voetje gemonteerde IC is de optocoupler; de aansluitpennen zijn wat verder uit elkaar geplaatst om tot een hogere isolatieafstand te komen.

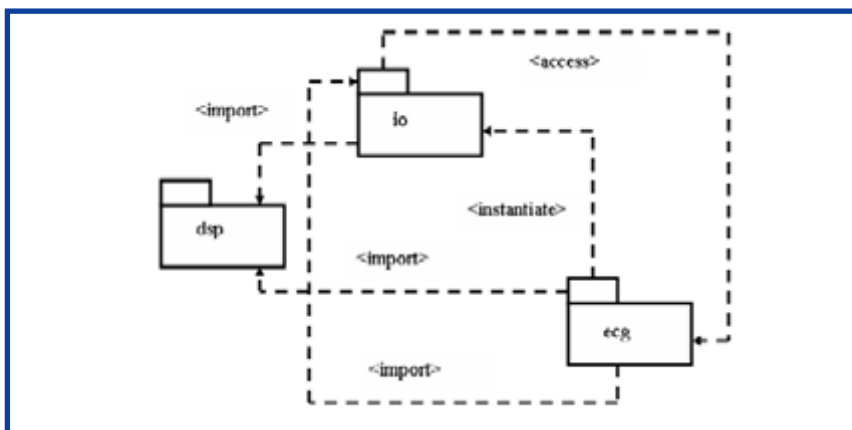
tussen in- en uitgang van de meetversterker is een extra veiligheidsmaatregel (zie ook het kader 'Veiligheid'). Om dezelfde reden is de schakeling batterijgevoed, met twee aparte batterijen voor de meetversterker en de uitgangstrap.

Bouw en onderdelen

We beginnen met de onderdelen. Voor de weerstanden R3, R4 en R5 zijn ruisarme metaalfilmweerstand aan te

bevelen. C10 zorgt voor een DC-ontkoppeling van de ingangsversterker. Hierdoor wordt voorkomen dat armbewegingen (zoals bij de sensor in figuur 1) spiersignalen opwekken die het ECG verstoren. Als u echter elektroden direct op de huid plakt, dan kunt u deze condensator door een draadbrug vervangen.

Als alternatief voor de wellicht moeilijk verkrijgbare TS921 kan voor een TL071 gekozen worden. Het dynamische bereik wordt dan wel wat kleiner.



Figuur 6. De modulaire structuur van de JAVA-software voor de signaalbewerking op de PC.

De 43-k-weerstand (uit de E24-reeks) kan ook een iets andere waarde hebben, omdat met P1 een eventuele afwijking kan worden geëlimineerd.

Bij het monteren van de componenten op de print (**figuur 4**) kunt u het beste beginnen met de twee draadbruggen. Zo heeft u meteen een probleem minder (namelijk vergeten draadbruggen). IC3 wordt geleverd met haaks omgebogen pootjes. Om dit IC in de gaatjes op de print te kunnen plaatsen, moet u de pootjes voorzichtig iets uit elkaar buigen (zie **figuur 5**). Dit is nodig om de voorgeschreven isolatieafstand te waarborgen.

Bij het instellen van P1 (common-mode-onderdrukking) begint u met de middenstand. Meestal is dat voldoende, omdat deze instelling niet kritisch is. Om de maximale common-mode-onderdrukking in te stellen, dienen de twee ingangen van de meetversterker met elkaar verbonden te worden. Vervolgens dient P1 zo ingesteld te worden dat het (opgevangen) 50-Hz-stoorsignaal in de schakeling zo klein mogelijk is. Dit is te testen met behulp van het Java-programma (zie **figuur 7**).

De door de auteur gebruikte sensor voor de hartsignalen bestaat uit twee geleidende buizen (verzinkte of verchromde stalen buis, bijvoorbeeld een stuk waterleiding of stofzuigerbuis) die door een isolerende buis net elkaar verbonden zijn. In het Elektuur-lab hebben we het ons gemakkelijk gemaakt en een buis uit één stuk gebruikt. Aan beide uiteinden is een stuk van ongeveer 10 cm lang met isolatieband omwikkeld. Deze isolerende gedeelten worden dan weer met aluminiumfolie omwikkeld om de twee contactvlakken te maken. De buis zelf wordt met massa verbonden. Op de contactvlakken uit alu-folie hebben we één winding van vertind schakeldraad aangebracht waarop de ingangen van de meetversterker aangesloten kunnen worden. Op deze manier kan de in figuur 1 getoonde sensor eenvoudig zonder boren of zagen worden geconstrueerd.

Aan de uitgang van de schakeling sluiten we een afgeschermd LF-kabel met stekker aan (normaal gesproken een 3,5 mm stereo klinkstekertje). Deze kabel kan worden aangesloten op de lijningang (of eventueel microfooningang) van de computer.

Software

De benodigde Windows-software is volledig in Java geschreven. De modu-

laire opgezette software (**figuur 6**) houdt zich bezig met de volgende zaken:

- Signaalregistratie via de geluidskaart (io)
- Signaalbewerking en wegfilteren van storingen (dsp)
- User-interface (ecg).

Figuur 7 geeft een indruk van de user-interface. Hier zijn het hoofdvenster van het programma en het venster voor de filterinstellingen te zien. Het bovenste signaal in het hoofdvenster is het oorspronkelijke signaal; het onderste signaal is het bewerkte signaal met de schaal-as er tussenin. Rechtsonder bevindt zich het 'BPM-panel' met de aanduiding van de pulse-rate (in BPM), de betrouwbaarheid van de meting ('Confidence') en de optie van een akoestisch signaal ('beep'). Het programma zelf is te omvangrijk om hier uitgebreid te bespreken, de source-code van het programma is op de Elektuur website beschikbaar als download.

Deze download bevat meerdere bestanden. Het PC-programma heeft als bestandsnaam 'EKG-MonitorV1.0.jar' en kan met dubbelklikken gestart worden. De extensie 'jar' betekent dat het een Java-executable is (vergelijkbaar met 'exe' onder Windows). Om het programma uit te kunnen voeren is de runtime-versie van Java nodig, deze kan gedownload worden van [3]. Op deze website kunt u de voor uw besturingssysteem geschikte 'JRE' (Java Runtime Environment) versie kiezen.

De praktijk

De hier beschreven schakeling is alleen geschikt voor geluidskaarten met een lage onderste kantelfrequentie (minimaal 0,1 Hz bij -3 dB). Bij gelijkspanningsgekoppelde geluidskaart-ingangen is dat geen probleem, de meeste ingangen zijn echter wisselspanningsgekoppeld via een ingangscondensator. In het Elektuur-lab functioneerde de schakeling ook op de lijningang van een oudere notebook probleemloos. Bij twijfel kunt u de frequentiearakteristiek van uw geluidskaart met het freeware programma RMAA [6] nameten.

De beste resultaten worden bereikt met de gangbare ECG-elektroden. In plaats van het plakken van deze elektroden op de huid van de 'patiënt' is het zeker eenvoudiger om de eerder



Figuur 7. In het hoofdvenster van het programma is bovenin het originele signaal en onderin het bewerkte signaal te zien.



Figuur 8. In het venster 'Filter Settings' zijn de software-matig uitgevoerde biquad infinit e-impulse-response filters te configureren.

beschreven sensorbuis (**figuur 1**) te gebruiken.

Met de keuze van het filter (**figuur 8**) kunnen storingen tot een minimum beperkt worden. Het beschikbare filter nodigt zeker uit tot experimenteren. Het filter biedt een breed scala aan instellingen en persoonlijke voorkeurs-

mogelijkheden. Als u deze software verder wilt ontwikkelen, dan dient u het aangepaste programma voor iedereen gratis beschikbaar te stellen. Dat is de enige voorwaarde bij de Java-software van dit project, die onder de GNU public licence vrij toegankelijk is.

(040479)

Weblinks

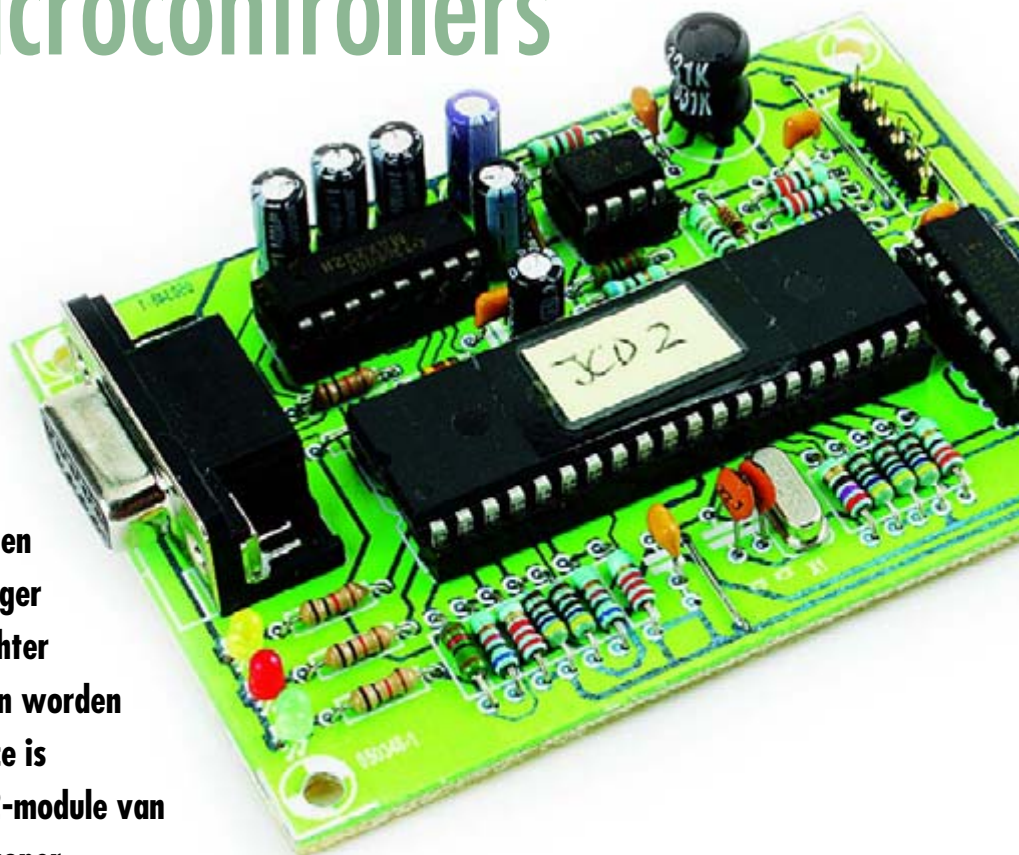
- [1] ECG-testdata: www.physionet.org/physiobank/
- [2] ECG-knowhow: www.grundkurs-ekg.de/index.htm
- [3] Java Compiler en ontwikkelplatform (JRE, JDK), Java Runtime Environment (JRE) versie 5.0 (noodzakelijk voor het uitvoeren van het programma), J2SE Development Kit (JDK) versie 5.0 (noodzakelijk om het programma te kunnen wijzigen): <http://java.sun.com/javase/downloads/index.jsp>
- [4] Eenvoudig Java-ontwikkelplatform, compleet met leerboek (ideaal voor beginners): www.bluej.org/download/download.html
- [5] Eclipse, een luxe Java-ontwikkelplatform voor de professionele ontwikkelaar: www.eclipse.org/downloads/
- [6] RMAA, RightMark Audio Analyser: <http://audio.rightmark.org/download.shtml>
- [7] DSP-naslagwerken: www.dspguru.com
www.musicdsp.org/archive.php?classid=0

In-circuit debugger

Voor PIC-microcontrollers

Jürgen Schüle

PIC-microcontrollers van de 8-bits series 16F en 18F worden in veel schakelingen toegepast. Ook bij Elektuur-lezers zijn deze controllers zeer geliefd. Voor het laden van een programma en het gebruik van een in-circuit-debugger (ICD) voor foutzoeken heeft men echter een interface nodig. Beide problemen worden met dit project opgelost. De interface is grotendeels compatibel met de ICD2-module van Microchip, maar wel een stuk goedkoper.



Er zijn maar enkele onderdelen nodig om interessante toepassingen te ontwikkelen met behulp van de 8-bits PIC's uit de 16F- en 18F-familie. De ontwikkelomgeving inclusief assembler en simulator is bij de fabrikant [1] gratis verkrijgbaar. Voor het programmeren in een hogere taal bieden verschillende fabrikanten C-compilers aan. Omdat het in de praktijk om kleinere projecten gaat, is het programmeren in assembler alleszins verantwoord en ook niet al te moeilijk. Het commandorepertoire van 35 commando's bij de PIC16 respectievelijk 75 bij de PIC18 is gemakkelijk te leren. Mede daarom worden PIC-controllers ook op veel technische scholen en universiteiten ingezet.

Voor het laden van een programma in de controller zijn op het Internet een groot aantal schakelingen en freeware-programma's beschikbaar [2]. De eenvoudigste variant bestaat uit een con-

densator, een schakelaar en drie weerstanden, en wordt vanuit de parallelle poort aangestuurd. Dikwijls wordt ook een zogenaamde bootloader toegepast, waarmee de target-controller het programma dat via de seriële poort wordt aangeboden, in zijn programma-geheugen schrijft.

Pas als de geprogrammeerde code niet het gewenste gedrag vertoont, ontstaat de wens om te kunnen zien wat zich in de schakeling precies afspeelt. Zo zou je bijvoorbeeld de inhoud van de registers willen zien en veranderen, of het programma op vooraf gedefinieerde plaatsen willen stoppen om zo fouten op te sporen. Dit is mogelijk met een zogenaamde in-circuit-debugger (ICD) of in-circuit-emulator (ICE).

ICD, ICE, ICP

In tegenstelling tot een in-circuit-emulator gebruikt de in-circuit-debugger

resources van de processor. Een nadeel daarvan is dat de voor het debuggen benodigde controller-resources bij het ontwikkelen van de software vrij gehouden moeten worden. (zie tabel). Bovendien is de debug-functionaliteit ten opzichte van een ICE meestal beperkt, bijvoorbeeld in het aantal plaatsen waar een te onderzoeken programma automatisch gestopt kan worden (breakpoints). Een voordeel is dat

Resources van de 16F877 die voor het debuggen nodig zijn

I/O-pennen	2
stack:	1 niveau
programma-geheugen	NOP op adres 0000h laatste 100h geheugenplaatsen
datageheugen	70h, 1EBh... 1EFh

programmer

de extra benodigde hardware voor het debuggen meestal alleen maar uit een communicatiemodule bestaat en dus eenvoudig en goedkoop gerealiseerd kan worden.

Om de bij het ontwikkelen noodzakelijke aanpassingen in het programma rechtstreeks in de target-hardware aan te brengen, combineert men gewoonlijk een in-circuit-debugger met een programmeermodule, een zogenaamde in-circuit-programmer (ICP). Als de voorzieningen voor het testen en programmeren (zoals bij de hier bespro-

ken schakeling) door de ontwikkelomgeving worden ondersteund, dan gebeurt het programmeren, vertalen, simuleren en testen in de target-hardware in een uniforme omgeving.

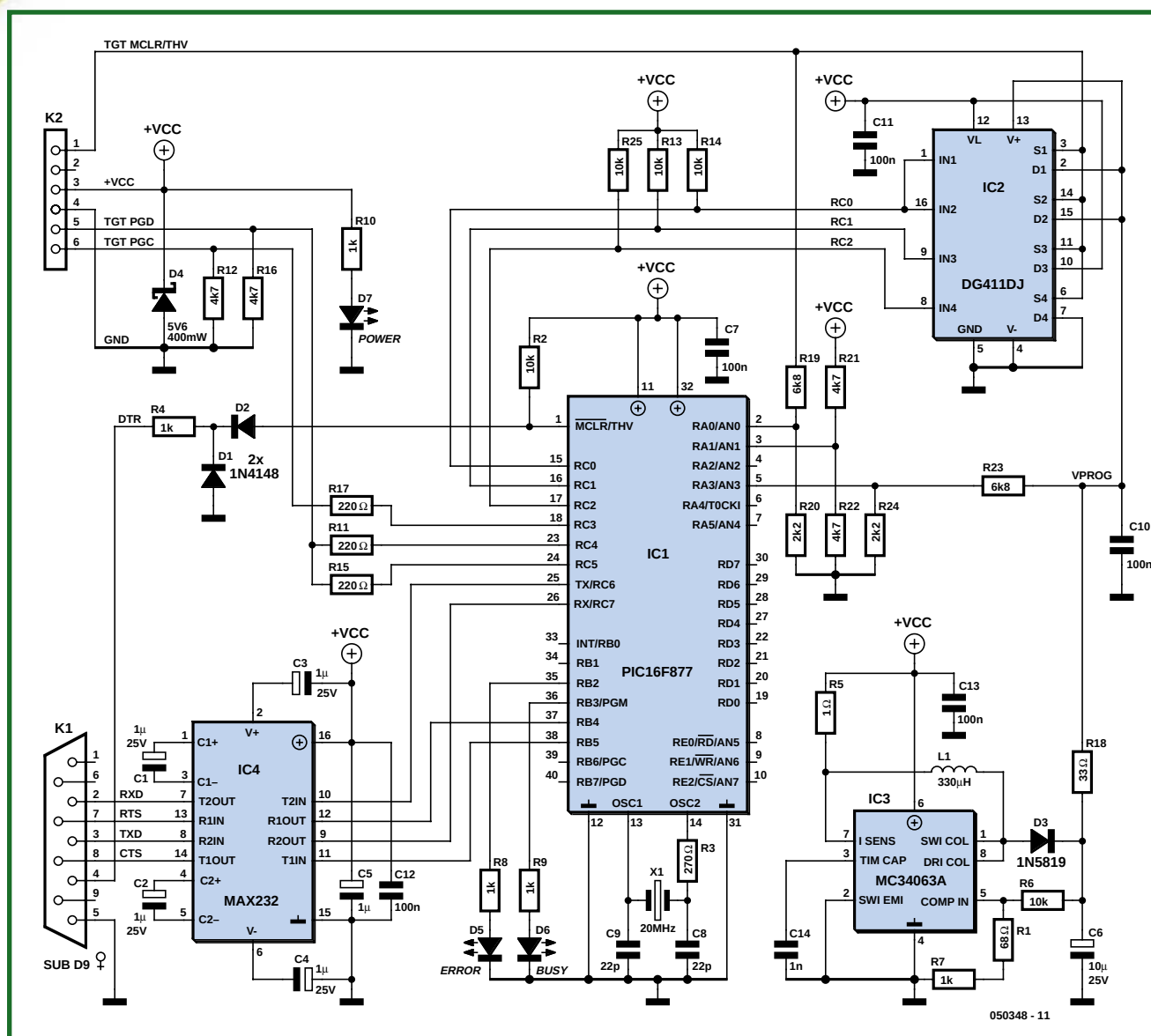
ICD2

Bij de ontwikkeling is uitgegaan van de ICD2-module van Microchip, de schakeling is in [3] te zien. Het doel was om het ontwerp van de ICD2-module uit te kleden tot aan de basisfunctionaliteit, om reproduceerbaar en

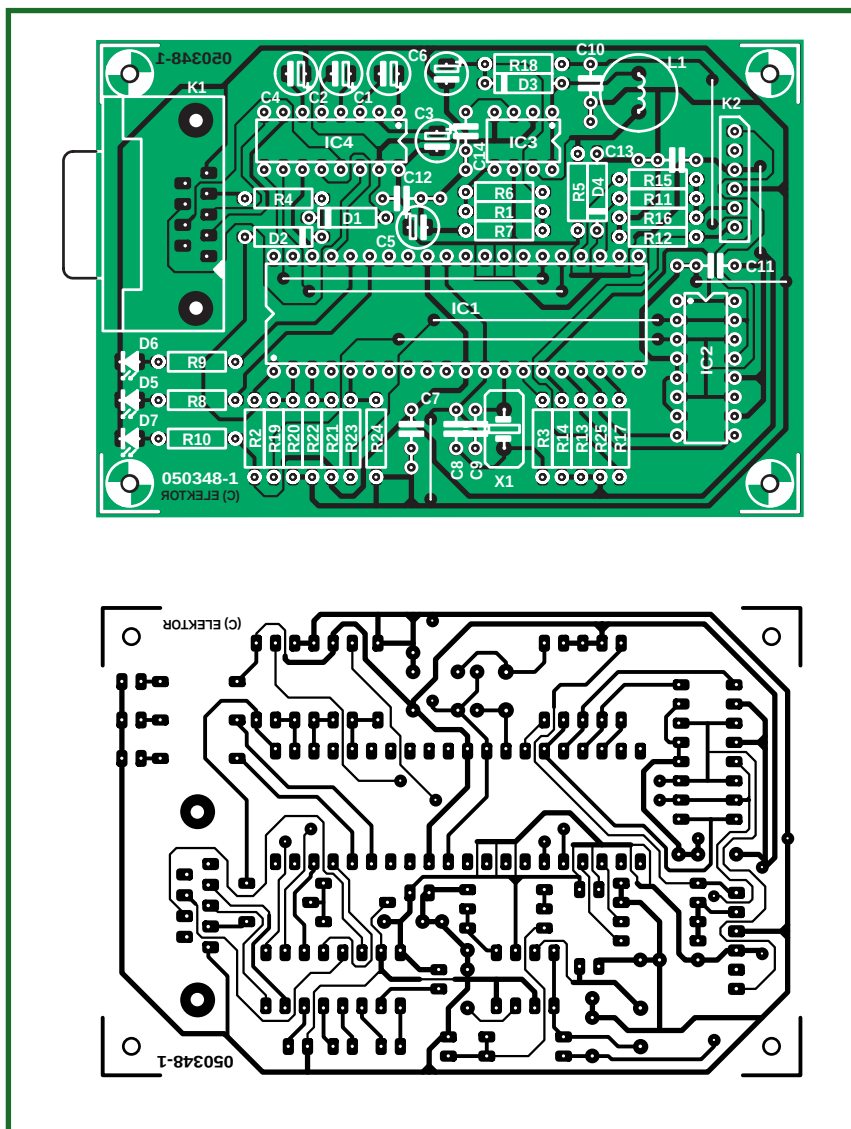
goedkoop te zijn en toch zoveel mogelijk compatibel met het oorspronkelijke apparaat te blijven.

Dit wordt op de volgende wijze bereikt:

- 5-V-voedingsspanning van de module wordt betrokken uit de target-hardware.
- Geen interface-driver tussen ICD-module en target-hardware.
- Vaste programmeerspanning.
- Vereenvoudiging van de RS232-interface.



Figuur 1. Het hart van de schakeling is een 16F877-controller die via een seriële interface met de PC communiceert.



Figuur 2. De enkelzijdige print is ruim opgezet en gemakkelijk op te bouwen.

Onderdelenlijst

Weerstanden:

R1 = 68 Ω
 R2, R6, R13, R14, R25 = 10 k
 R3 = 270 Ω
 R4, R7, R8...R10 = 1 k
 R5 = 1 Ω
 R11, R15, R17 = 220 Ω
 R12, R16, R21, R22 = 4k7
 R18 = 33 Ω
 R19, R23 = 6k8
 R20, R24 = 2k2

Condensatoren:

C1...C5 = 1 μ /25 V radiaal
 C6 = 10 μ /25 V radiaal
 C7, C10...C13 = 100 n
 C8, C9 = 22 p
 C14 = 1 n

Spoelen:

L1 = 330 μ H radiaal

Halfgeleiders:

D1, D2 = 1N4148
 D3 = 1N5819
 D4 = zenerdiode 5V6/400 mW
 D5 = 3 mm low-current-LED rood
 D6 = 3 mm low-current-LED geel
 D7 = 3 mm low-current-LED groen
 IC1 = PIC16F877 (geprogrammeerd, EPS 050348-1)
 IC2 = DG411DJZ (Digikey bestelnr. DG411DJZ-ND)
 IC3 = MC34063ECN (Digikey bestelnr. 497-4280-5-ND)
 IC4 = MAX232

Diversen:

K1 = 9-polige haakse female sub-D-connector, voor printmontage
 K2 = 6-polige header, enkele rij
 X1 = 20-MHz-kristal
 Print: EPS 050348-1
 Onderdelenset met print en controller: EPS 050348-71

Omdat de meeste schakelingen met een PIC op 5 V werken en de ICD-module slechts 30 mA nodig heeft, zijn de eerste twee punten voor veel toepassingen geen probleem. Ook op een instelbare programmeerspanning kan bezuinigd worden, omdat de gangbare PIC-controllers allemaal met 13 V kunnen worden geprogrammeerd.

De USB-interface van het originele apparaat is praktisch niet na te bouwen, omdat het toegepaste IC heel moeilijk verkrijgbaar is. Ook de eigen USB-drivers leveren soms problemen op. De communicatie middels een RS232-interface verloopt daarentegen probleemloos; er moet alleen goed opgelet worden dat de FIFO-buffer van de gebruikte COM-poort uitgeschakeld is. De desbetreffende instelling kan in het apparaatbeheer van Windows worden ingesteld.

Heeft u een 'legacy-free' computer zonder seriële interface, dan heeft u een USB/RS232-adapter nodig. Het is dan wel belangrijk dat de meegeleverde driver in een modus zonder FIFO-buffer kan werken. Als de FIFO-buffer niet uitgeschakeld kan worden, dan komen er bij het debuggen steeds communicatiefouten waardoor de schakeling niet goed werkt.

Schakeling

Het hart van de schakeling in **figuur 1** is een 16F877-controller (IC1) die via de gebruikelijke RS232-interface MAX232 (IC4) met de PC communiceert. De flow-control wordt met een hardware-handshake opgelost, bovendien kan de PC met het DTR-sig-naal IC1 resetten.

De programmeerspanning van nominaal 13 V wordt met een schakelende regelaar MC34063A (IC3) opgewekt, die als boost-converter werkt. De hoogte van de programmeerspanning wordt met spanningsdelers R6, R7 en R1 als volgt ingesteld:

$$V_{\text{PROG}} = 1,25 [1 + R6/(R1+R7)]$$

Door de grootte van R1 aan te passen kan de 13-V-spanning nauwkeurig worden afgeregeld.

IC2 is een viervoudige analoge CMOS-schakelaar. Deze zorgt er voor dat afhankelijk van de signalen RC0, RC1 en RC2 de reset-aansluiting van het target-systeem hetzij met de programmeerspanning, de voedingsspanning of met massa wordt doorverbonden.

De communicatie tussen de debugger en het target-systeem loopt via de signalen TGT PGD (data) en TGT PGC (klok). De waarden voor de pulldown-

weerstanden R12 en R16 zijn uit de originele ICD-module overgenomen. De serieweerstanden R11, R15 en R17 begrenzen bij kortsluiting in de target-hardware de uitgangsstroom tot een voor IC1 ongevaarlijke waarde. D4 beschermt de schakeling tegen ompolen van de voedingsspanning of te hoge spanning. Vanwege de begrensde vermogensopname van dit onderdeel is voorzichtigheid wel geboden, want een labvoeding ingesteld op 30 V en 5 A zal zich weinig van D4 aantrekken. Het is dan ook aan te raden om in serie met de toevoerleiding een zekering op te nemen van bijv. 100 mA.

De analoge ingangen RA0, RA1 en RA3 meten de spanning op de reset-aansluiting van de target-hardware, de programmeerspanning en de voedingsspanning. De gemeten waarden worden door de ontwikkelomgeving bewaakt en kunnen in het venster 'Debugger/Settings/Power' worden ingesteld. Wie prijs stelt op nauwkeurigheid, kan de spanningsdelers voorzien van 1%-weerstanden.

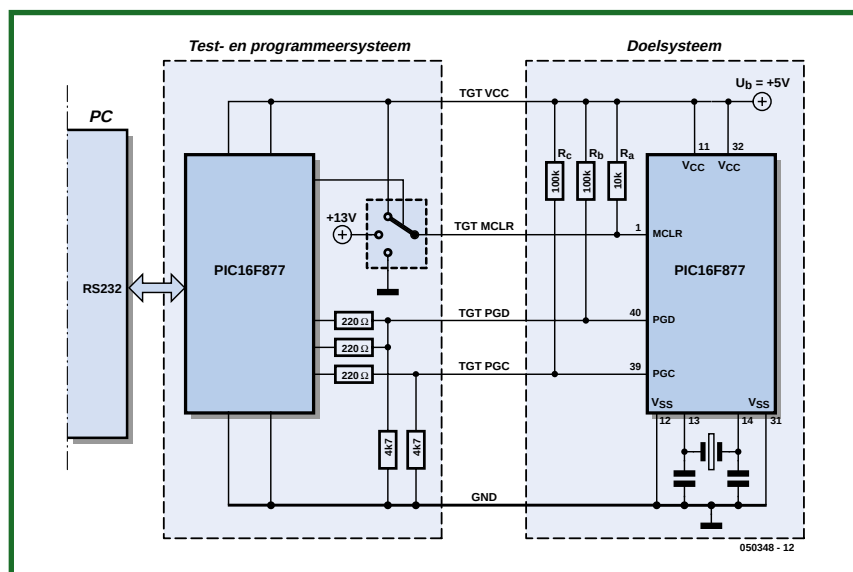
De LED's D5...D7 signaliseren de voedingsspanning, een in IC1 lopende operatie of een foutconditie. Net zoals in de Microchip-ICD2 zijn de power-LED (D7) groen, de busy-LED (D6) geel en de error-LED (D5) rood.

Print en bootloader

Omdat er op de enkelzijdige print (**figuur 2**) alleen maar gewone onderdelen (met aansluitdraden) worden toegepast (dus geen SMD-onderdelen) en omdat het geheel ruim is opgezet, is het opbouwen ook voor mensen met weinig soldeerervaring in een goed uurtje te doen.

Als de print klaar is en aangesloten op de target-hardware zoals in **figuur 3** te zien is, moet op pin 2 van IC2 een programmeerspanning staan van 12,75...13,25 V. Al naar behoefte kan de programmeerspanning door het aanpassen van R1 worden afgeregeld. In de meeste gevallen zal dat niet nodig zijn; bovendien tolereren veel PIC's programmeerspanningen tussen 12 V en 14 V.

Als dat nog niet gebeurd is, kan nu de actuele ontwikkelomgeving MPLAB IDE van de Microchip-website geladen en geïnstalleerd worden. De vraag naar het installeren van speciale USB-drivers kan met 'nee' beantwoord worden, omdat onze schakeling met een seriële interface werkt. Om het mogelijk te maken dat de ontwikkelomge-



Figuur 3. Voor de verbinding van de ICD/ICP-module met het target-systeem zijn vijf draden nodig.

ving de voor de target-hardware passende firmware in PIC-controller IC1 kan laden, moet IC1 met een bootloader geprogrammeerd zijn. Dat is bij de in de stuklijst aangegeven voorgeprogrammeerde controller (EPS 050348-41) al het geval.

Men kan de bootloader echter ook zelf in een PIC16F877 programmeren. Het bootloader-bestand BL010101.hex maakt deel uit van de ontwikkelomgeving MPLAB en zit in de directory \Programs\Microchip\MPLAB IDE\ICD2. Voor degenen die geen toegang hebben tot een programmer is er in [2] een eenvoudige schakeling voor de parallelle poort, die op gaatjesprint of gewoon 'los' kan worden opgebouwd. De MPLAB-bootloader is geschreven voor een 16F877. De nieuwere 16F877A heeft een aangepast programmeeralgoritme en heeft daarom een gemodificeerde bootloader nodig, die op het Internet bijvoorbeeld op [4] te vinden is. Bij toepassing van de 16F877A is er echter het risico dat de debugger niet meer werkt wanneer Microchip bij een toekomstige firmware-update ook de bootloader in de ontwikkelomgeving MPLAB door een nieuwe versie vervangt.

Ready

Zodra de schakeling met geprogrammeerde IC1 op de PC is aangesloten, kan de ontwikkelomgeving gestart worden. Vervolgens wordt met 'Debugger/Select Tool/MPLAB ICD2' het debugger-type ICD2 gekozen en aansluitend in het menu

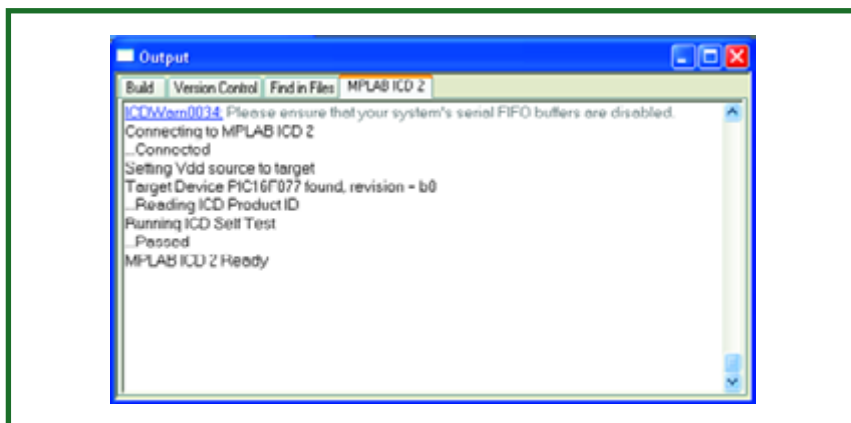
'Debugger/Settings/Communication' de seriële poort aangegeven waar het apparaat op is aangesloten. In hetzelfde menu wordt de baudrate op 57.600 gezet. Er verschijnt nu een waarschuwing 'ICDWarn0034: Please ensure that your system's serial FIFO buffers are disabled', ook als de FIFO-buffer op de juiste wijze is gedeactiveerd. Deze waarschuwing kan in het laatste geval genegeerd worden.

De ontwikkelomgeving neemt na de opdracht 'Debugger/Connect' contact op met de debugger, voert een zelftest uit en toont de resultaten in het venster 'Output/MPLAB ICD 2'. Merkwaardigerwijs verschijnt de mededeling 'MPLAB ICD 2 Ready' ook als de debugger niet is aangesloten.

Zolang er nog geen passende firmware voor het target-systeem in IC1 zit, zal de ontwikkelomgeving een download voorstellen. Als in het menu 'Debugger/Settings/Status' de optie 'Automatically download firmware if needed' is gekozen, verloopt het downloaden ook automatisch. Gedurende de download-tijd van ongeveer een minuut brandt de busy-LED D6.

Na een vernieuwde 'Connect' meldt de ontwikkelomgeving het in **figuur 4** getoonde resultaat met de opmerking 'MPLAB ICD 2 Ready'.

Het apparaat is nu gebruiksklaar en kan hetzij via de keuze 'Debugger/Select Tool/MPLAB ICD2' als debugger gebruikt worden of middels 'Programmer/Select Programmer/MPLAB ICD 2' als programmer worden ingezet.



Figuur 4. Na deze mededeling is de debugger/programmer gereed om gebruikt te worden.

Praktische tips

De interface tussen target-hardware en debug-module (zoals het in figuur 3 getoonde voorbeeld met een target-systeem met een 16F877) is te gebruiken met alle PIC-controllers die de ICD2-debugger ondersteunen en op 5 V werken. In debug-mode heeft de target-controller een klok nodig, bij het gebruik

als programmer is dat niet nodig. Tijdens het debuggen moet de optie 'View/File Registers' alleen bij wijze van uitzondering ingeschakeld zijn, omdat anders bij elke programma-onderbreking de hele inhoud van het RAM via de seriële interface wordt verstuurd. Dat geeft bij single-steppen lange wachttijden tussen de afzonder-

lijk opdrachten.

Programma's die in debug-mode in de target-controller geladen zijn, kunnen zonder aangesloten debug-module niet meer draaien. Aan het einde van een debug-sessie moet het programma daarom in programmer-mode in de target-controller gezet worden.

Tenslotte willen we er nog op wijzen dat Microchip natuurlijk geen ondersteuning biedt voor deze zelfbouwschakeling. Maar daarvoor kunt u natuurlijk wel terecht bij de microcontroller-forumrubriek op de Elektuur-website [5] of de homepage van de auteur [6].

(050348)

Weblinks:

- [1] www.microchip.com
- [2] www.sprut.de
- [3] www.mcu.cz
- [4] <http://icd2clone.narod.ru/>
- [5] www.elektuur.nl (klik op Forum)
- [6] www.elektronik.htw-aalen.de/sge/schuele

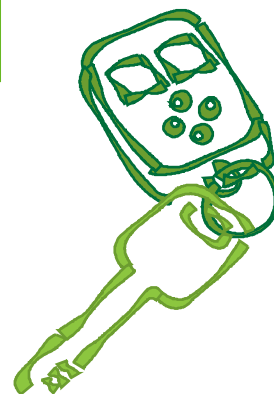
Advertentie

Draadloze sleutel

Compact en goed beveiligd

Gert Baars

Beveiligd draadloos schakelen kan van nut zijn voor bijvoorbeeld het in/uitschakelen van een alarminstallatie, een garagedeur-opener of een startonderbreker voor de auto. De hier beschreven schakeling is compact, heel goed beveiligd en werkt in de 433-MHz-band.



De schakeling die hier beschreven wordt, bestaat uit een zender en een ontvanger die werken op een frequentie in de 433 MHz ISM- band. Van deze frequentie mag licentievrij gebruik worden gemaakt, mits het toegepaste zendvermogen niet meer is dan 10 mW (10 dBm). De zender is klein genoeg om ondergebracht te kunnen worden in een sleutelhangerbehuizing en werkt op een 3 V lithiumbatterij. Omdat de zender slechts korte bursts uitzendt waarbij het stroomverbruik niet groter is dan 8 mA en de batterij een capaciteit van ruim 200 mAh heeft, zal deze batterij jaren lang meegaan. De ontvanger werkt op een spanning van 5 V en kan via een eenvoudige netvoeding worden gevoed. Voor gebruik op een auto-accu moet een 78L05 tussengeschaakeld worden. Bij een 6-V-accu zoals bij motoren of scooters moet een lowdrop 5-V-regelaar worden toegepast.

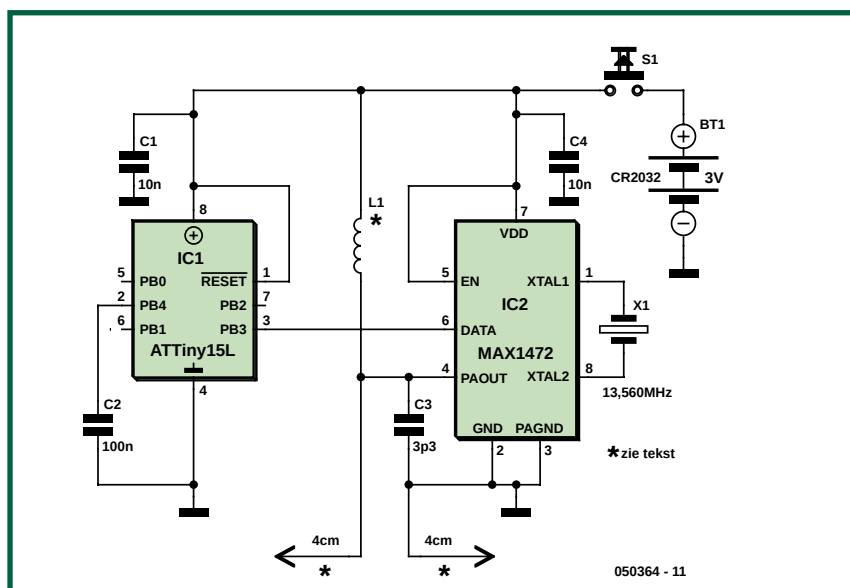
Omdat de ontvanger natuurlijk alleen op de eigen sleutelzender mag reageren, wordt hier een 24-bits code toegepast. Dit staat garant voor ruim 16 miljoen mogelijke combinaties. Om een indruk te geven van deze hoeveelheid: Bij een burst-duur van 300 ms per zendercode zou een zender 2 maanden lang onafgebroken opvolgende codes moeten genereren om alle mogelijkheden te doorlopen. Voor het coderen en decoderen is zowel aan de zend- als aan de ontvangkant een microcontroller toegepast.

De zender

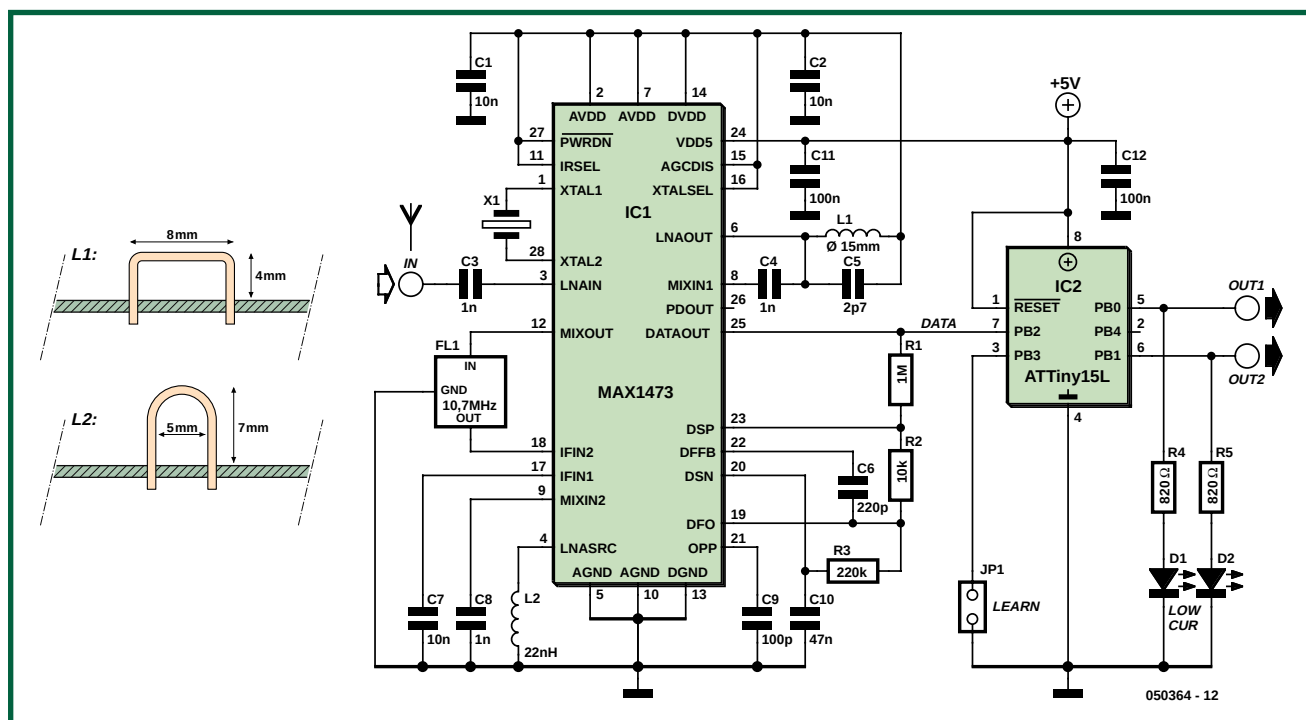
De eigenlijke zender bestaat uit MAX1472 van Maxim (figuur 1). Dit zeer kleine 8-pens IC bevat een kristalgestuurde ASK-zender voor frequenties van 300 tot 450 MHz. Het IC bezit een vast ingestelde PLL met kristal-referentieoscillator. Dit principe is overigens nauwkeuriger en stabielere dan ISM-zenders die zijn gebaseerd op SAW-resonators. In dit ontwerp is gekozen voor een frequentie van 433,920 MHz. Deze fre-

quentie ontstaat doordat de interne PLL de kristalfrequentie met 32 vermenigvuldigt. Vanwege de meestal geringe toleranties bij kristallen is de afstemming tussen zender en ontvanger altijd voldoende zonder dat men iets hoeft af te regelen, mede omdat de bandbreedte van de ontvanger relatief groot is.

De gewenste kristalfrequentie is 13,560 MHz. Dit kristal is afkomstig van de firma Hong-Kong-Xtal's [1]. Het zender-IC bezit een 10 mW eindtrapje dat garant staat voor een bereik



Figuur 1. De zender bestaat slechts uit twee IC's en kan heel compact worden opgebouwd.



Figuur 2. De ontvangerzijde is wat uitgebreider, voornamelijk door de uitgebreidere schakeling rond de MAX1473.

van zeker 10 m binnenshuis (de auteur heeft alleen in zijn woning getest). Als antenne wordt vaak een op de zenderprint geëtst lusje gebruikt, maar een (te korte) dipoolantenne blijkt betere resultaten te geven. Hiertoe zijn op de zenderprint twee stralers met een lengte van elk ongeveer 4 cm toegepast (breedte 0,04").

Het zender-IC bezit een data-ingang om ASK-modulatie te kunnen toepassen. De zender kan tot wel 100 Kb/s gemoduleerd worden, maar er moet wel bij vermeld worden dat de betrouwbaarheid toeneemt bij lagere snelheden. Omdat er relatief weinig data moet worden verstuurd, kan een bitsnelheid van 100 b/s worden gebruikt. 24 bits versturen duurt zo slechts 240 ms. De totale burst is inclusief een 'preamble' en een startbit 300 ms. Wanneer de zenderknop wordt ingedrukt, wordt deze burst verstuurd bij een totaal stroomverbruik van ongeveer 8 mA. Nadat de burst verstuurd is, schakelt de controller direct de zender uit en gaat zelf over in power-down-mode, waardoor de totale stroomopname daalt tot minder dan 2 mA zolang de knop blijft ingedrukt. Hierdoor wordt het batterijverbruik tot een minimum gereduceerd. In de praktijk betekent dit dat de zenderknop ongeveer 1/2 seconde moet worden ingedrukt om alle data te versturen.

Voor het opwekken en versturen van de codesleutel wordt de zender gemoduleerd d.m.v. een microcontroller. Hier is gekozen voor een ATtiny15L van Atmel, die beschikbaar is in een 8-pens DIP behuizing. Deze controller bezit een interne RC-klokgenerator die op 1,6 MHz draait en bij gebruik van een kalibratiebyte niet meer afwijkt dan 1%. Dit kalibratiebyte moet na het programmeren van het flash-codegeheugen m.b.v. de programmer-software worden ingelezen vanuit de interne 'signature-space' en worden hergeprogrammeerd in locatie 1023 (\$3FF) van het flash-geheugen. Dat hoeft bij het programmeren van de controller slechts een keer gedaan te worden. Bij elke opstart van de controller leest deze dit kalibratiebyte uit het flash-geheugen en schrijft het vervolgens naar het oscillator-kalibratieregister, waardoor de precisie van de interne processorclock optimaal is.

De ontvanger

De ontvanger bestaat eveneens uit een IC van Maxim (figuur 2). Dit is de MAX1473 die een complete superhetrodyne ontvanger bevat. Ook hier wordt de frequentiestandaard, in dit geval de local oscillator, gevormd door een oscillator met PLL. Omdat de PLL vermenigvuldigt met 32 en de MF

10,7 MHz is, moet het kristal een frequentie van 13,2256 MHz bezitten (zie ook [1]).

Opvallend aan dit IC is de geïntegreerde 'image-rejection-mixer', wat er op neerkomt dat de mixer zelf voor voldoende spiegelonderdrukking zorgt. Dat maakt een extra preselectiefilter aan de ingang overbodig. Hierdoor wordt het aantal benodigde externe componenten niet groter dan ongeveer 20. De ontvanger hoeft niet te worden afgeregeld, terwijl de gevoeligheid beter is dan ongeveer 1 mV. Het ontvanger-IC bezit ook een audiofilter dat bedoeld is om ruis en storing te reduceren. Een zogenaamde 'dataslicer' na dit filter zorgt voor een automatische werkpuntinstelling om ook bij zwakere signalen zo betrouwbaar mogelijke data te kunnen leveren.

Ook de ontvanger is uitgevoerd met een ATtiny15L microcontroller. De uitgang van de dataslicer van de ontvanger is gekoppeld met een ingang van de controller. De controller decodeert de van de zender ontvangen bursts. Wanneer de gedecodeerde data de juiste sleutel bevat, stuurt hij twee uitgangen aan. Hierbij is OUT1 een uitgang die bij de juiste sleutel een puls van 1 s levert (bedoeld voor mechanische slotopeners die vaak met een trek-magneet zijn uitgerust). De tweede uitgang OUT2 is een aan/uit-schakelaar. Na 1 keer ontvangen van de sleu-

tel schakelt OUT2 naar +5 V en de volgende keer weer naar 0 V (toggle). Hiermee kan iets dus in- of uitgeschakeld worden, zoals bijvoorbeeld bij de besturing van een alarm of een start-onderbreker.

De software

De software bestaat uit 2 aparte programma's voor de zender en ontvanger. De omvang van deze programma's valt met elk ruim 400 regels wel mee. Aan de zenderkant (sleutel) kijkt de software na opstarten of er al eerder een geldige sleutel is gegenereerd door in de EEPROM van de controller te kijken of zich daar een bepaalde waarde bevindt ('signature'). Indien dit niet zo is, dan genereert hij meteen een 24-bits code, slaat deze op in het EEPROM-geheugen en ook meteen de 'signature', zodat de volgende keer geen nieuwe sleutel wordt gegenereerd. Voor het genereren van de sleutel is een random generator nodig die een willekeurige 24-bits waarde levert. Dit wordt gedaan door middel van de condensator op pen 2 van de controller. Het algoritme dat hierbij wordt toegepast, berust op timing. Eerst wordt pen 2 als output geschakeld en gedurende enige tijd laag gemaakt om de condensator te ontladen. Daarna wordt deze pen als input geschakeld, waarbij tevens een interne pullup-weerstand wordt ingeschakeld. De condensator wordt nu door deze weerstand geladen, maar de tijdconstante hierbij is veel groter dan de processorsnelheid. Gedurende de tijd dat de input nog laag is, wordt de sleutel nu razendsnel via een bepaald algoritme steeds weer veranderd en dit gaat door totdat de condensator voldoende geladen is. Lezen van de input levert dan een '1' op, waarna het veranderen van de sleutel stopt en de sleutel een willekeurige waarde bezit. De willekeurigheid ontstaat omdat het laadproces relatief traag verloopt t.o.v. de processorsnelheid. De laadtijd komt ongeveer overeen met 10.000 procescyccli. Uit tests is gebleken dat de laadtijd ook niet helemaal constant is. 0,01% afwijking in de laadtijd is al genoeg voor een ander resultaat. Hieruit blijkt ook wel dat twee zenders nooit dezelfde sleutel zullen genereren, zeker omdat de tolerantie bij condensatoren meestal zo'n 5% bedraagt. Bij normaal opstarten (inschakelen) van de zender leest deze eerst de aanwezige sleutel, maar deze kan niet zomaar als data worden verzonden. Om het

werkpunt van de dataslicer aan de ontvangerkant in te stellen wordt eerst een zogenaamd preamble verstuurd met een duty-cycle van precies 50%. De overgangen in dit preamble dienen tevens als synchronisatie van de timing aan de ontvangtzijde met die van de zenderzijde. Na het preamble wordt een startbit verstuurd dat aangeeft wanneer de sleutel verstuurd gaat worden. Hierna volgt pas het versturen van de eigenlijke data, waarna de zender direct wordt uitgezet en de controller overgaat naar power-down-mode om de batterij zoveel mogelijk te sparen.

Aan de ontvangtzijde is uiteraard een ander programma nodig. In tegenstelling tot de zender staat de ontvanger altijd aan. Wat de controller hier doet, is luisteren of er iets ontvangen wordt. Is dat het geval, dan controleert hij of de ontvangen datastroom het juiste formaat bezit en controleert daarbij op een geldige synchronisatie van het startbit. Hierna leest hij de sleutel en vergelijkt deze met de waarde van de sleutel in zijn EEPROM-geheugen. Om deze sleutel in te kunnen lezen bezit de controller een jumper. Als deze jumper wordt geplaatst, staat de ontvanger in 'learn-mode'. Wanneer nu een sleutel wordt ontvangen, wordt deze in EEPROM opgeslagen. Om dus de sleutel in de ontvanger te programmeren moet de eerste keer dat de ontvanger wordt aangezet de jumper worden geplaatst en de code worden verzonden met de sleutelzender. Na het verwijderen van de jumper moet na activeren van de sleutelzender de ontvanger zijn outputs schakelen. Het kan nodig zijn bij deze procedure de ontvang-antenne los te halen en de zender vlak bij de ontvanger te activeren. Op deze manier worden eventuele stoorsignalen op 433,92 MHz verzwakt. Aan de ontvangtzijde is in de controller tevens de watchdog-timer geactiveerd. Wanneer bijvoorbeeld door een stoorsignaal op de voeding de program counter wordt aangetast waardoor een 'hangup-situatie' kan ontstaan, reset de controller na ongeveer 1 s automatisch en start de ontvanger weer gewoon op.

Dataslicer en Manchester-codering

De dataslicer aan de ontvangerkant is opgebouwd rond een in het ontvanger-IC daarvoor bedoelde opamp. Een dataslicer is niets anders dan een comparator met een referentieniveau dat

automatisch wordt ingesteld wanneer een datasignaal met een duty-cycle van 50% wordt ontvangen. Het is dus belangrijk dat het datasignaal inderdaad een duty-cycle van 50% bezit en om dit te bereiken moet zogenaamde Manchester-codering worden toegepast.

In **figuur 3** is de dataslicer-schakeling afgebeeld. De RC-tijd gevormd door R en C is groot ten opzichte van de gebruikte data-bitfrequentie. Hierdoor wordt de DC-waarde van de spanning op de inverterende ingang dus gelijk aan de gemiddelde waarde van het ontvangen signaal. Bij 50% duty-cycle ligt deze dus precies tussen de minimale en maximale waarde. Omdat de ontvanger zonder signaal maar ook bij zwakkere signalen ruis produceert, is echter wel enige hysteresis gewenst, wat wordt bereikt d.m.v. R1 en R2. Ook is het nodig om de zender eerst een preamble te laten versturen. Dit is een reeks klokpulsen met een duty-cycle van 50% en met een periodeduur veel kleiner dan de RC-tijd van de dataslicer, die zorgt voor een correcte instelling. Om de vereiste 50% duty-cycle te bereiken bij het gebruikte signaal moet Manchester-codering worden toegepast. In wezen komt dit er op neer dat de data een EXOR-bewerking moet ondergaan met een kloksignaal dat een periodetijd heeft die gelijk is aan de bitduur.

De decoding naar de originele bitstroom geschiedt evenals bij het coderen door een EXOR-bewerking met een kloksignaal. Een nadeel van Manchester-codering is dat de bandbreedte van het verstuurd signaal met een factor 2 toeneemt, maar met de lage bitrate die hier wordt toegepast hebben we daar verder geen last van.

Het byte afkomstig van decoderen op de momenten dat de klok hoog is, is theoretisch altijd gelijk aan het byte afkomstig van decoderen op de momenten dat de klok laag is. In de ontvanger-software worden inderdaad ook beide bytes gedecodeerd. Het tweede byte is in wezen een kopie van het eerste. Door de twee bytes na elke 8 gedecodeerde bits met elkaar te vergelijken wordt scherp gecontroleerd of de timing correct is.

Timing

Bij de software aan zowel de zender- als ontvangerzijde komt het wat algoritmes betreft voornamelijk aan op een

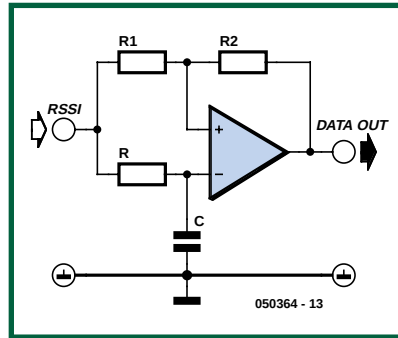
goede timing. De zender moet een bit-stroom met een bepaalde frequentie opwekken en de ontvanger moet deze nauwkeurig genoeg kunnen volgen. Daarom zendt de sleutelzender voor de gecodeerde 24 bits sleutel eerst een preamble bestaand uit klokpulsen met een frequentie gelijk aan de bitrate naar de ontvanger. Hierna volgt een startbit waarvan de ontvanger kan afleiden dat de preamble voorbij is en de eigenlijke data volgt. De ATtiny 15L draait aan beide kanten op zijn interne RC-klok. In de controllers is door de fabrikant een kalibratiebyte voor deze klokgenerator geprogrammeerd. Deze kalibratie is echter bedoeld voor gebruik bij een voedingsspanning van 5 V. Omdat de zender slechts op 3 V werkt, valt de klokfrequentie van de zender lager uit. Daarom is in de software van de ontvanger een extra voorziening aangebracht. In learn-mode (zie volgende alinea) neemt de ontvanger niet alleen de 24-bits sleutel van de zender over, maar ook zijn timing. Beide worden in het EEPROM-gedeelte van de controller bewaard en gebruikt als de zender in normaal bedrijf werkt.

Programmeerinstellingen

De code voor de ATtiny's in de zender en ontvanger is gratis beschikbaar op de Elektuur-site onder 050364-11 (zie inhoudsopgave actuele nummer). De controllers moeten eerst met een geschikte programmer worden geprogrammeerd, voordat men ze in de schakelingen plaatst.

Bij het programmeren van de controllers moet niet vergeten worden het oscillator-kalibratiebyte te lezen uit het signature-geheugen van de controller en vervolgens dit te herprogrammeren naar flash-geheugenlocatie 1023 (\$3FF). Belangrijk is ook dat de BOD staat aangevinkt als enabled en het BOD-level op 4.0 V voor de ontvanger en 2.7 V voor de zender. Als het BOD-level niet wordt geprogrammeerd, zal zowel aan zender- als ontvangerzijde de inhoud van het EEPROM-geheugen (dat de sleutelcode bevat) worden aangetaast bij in- of uitschakelen, waardoor de zaak niet meer correct werkt.

Tevens moet voor zowel de Tx voor de Rx FUSES 'very quickly power rising' (CKSEL = 11) worden ingeprogrammeerd. Dit houdt hier mede verband met de goede werking van de watchdog-timer.



Figuur 3. Opzet van de dataslicer in de MAX1473.

Ingebruikname

Wanneer de zender volledig is geassembleerd, moet hij eerst worden geactiveerd om zijn code te genereren en op te slaan. Dit kan het beste een paar keer worden gedaan, zodat het zeker is dat de 24-bits sleutel is gegenereerd en opgeslagen.

Plaats nu J1 in de ontvanger. Zet vervolgens de ontvanger aan en sluit nog geen antenne aan om storende signalen te vermijden. Houd de zender nu vlak bij de ontvangerprint en activeer een paar maal. Verwijder nu J1 terwijl de ontvanger nog aan staat en reset de ontvanger (uit/aanzetten) zonder J1. De voedingsspanning moet hierbij wel bijna helemaal nul worden, dus let op met eventuele extra elco's in de voeding. Als alles nu goed is gegaan, kan men met de zender nu de LED op OUT1 van de ontvanger steeds ongeveer 1 seconde lang activeren. Houd bij het activeren van de zender de zendknop voor de zekerheid minimaal 1 s ingedrukt.

Wanneer alles werkt zoals het hoort, kan men een van de ontvangeruitgangen koppelen aan het apparaat of de schakeling die bediend moet worden. Houd er wel rekening mee dat het nodig kan zijn hier een buffertrap of een halfgeleiderrelais tussen te schakelen.

(050364)

[1] Toegepaste kristallen

WWW.HONGKONGCRYSTAL.COM

TX: 9SMI356000E03FAFZ000

RX: 9SMI322560E03FAFZ000

Spoelgegevens

L1 zender: 3 wndg. verzilverd koperdraad
0,3 mm diam., doorsnede spoel 2,5
mm, lengte 5 mm.

L1 ontvanger: zie figuur 2.

L2 ontvanger: zie figuur 2.

Klein, maar niet fijn?

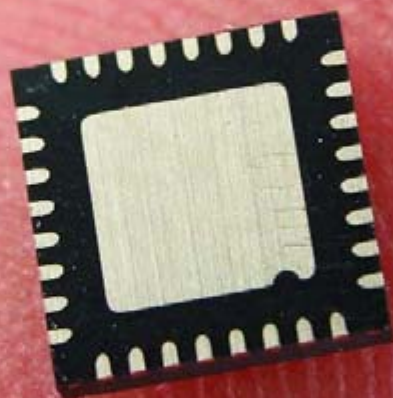
Foutzoeken bij ontoegankelijke IC-aansluitingen

Karel Walraven

De meeste lezers kennen beslist de uitdrukking 'klein maar fijn'. En inderdaad, een klein mobieltje is veel mooier en handzamer dan zo'n ouderwets zwaar en log geval. Zolang hij werkt tenminste. Gaat er iets mis, dan is repareren bijna onbegonnen werk, hoewel niet onmogelijk. We gaan daar eens wat dieper op in.

Heeft u zich ook wel eens afgevraagd hoe het toch komt dat wanneer u een plaats op een landkaart opzoekt, deze steevast net ergens op de rand ligt? Dat komt omdat de rand een veel groter oppervlak beslaat dan u zou denken. Stel u voor, u hebt een kaart van 1 x 1 m. De helft van het oppervlak van deze kaart is de middelste rechthoek van 70 x 70 cm, en de andere helft wordt ingenomen door een rand van maar 15 cm breed. Dat lijkt niet veel, zo'n randje van 15 cm, en toch bent u in de praktijk de helft van de tijd in die verdraaide 15 cm aan het turen...

Overeenkomstig heeft de introductie van 'draadloze' componenten voor de miniaturisering een geweldig grote impact gehad. De ruimte die aansluitpootjes innemen is immers allemaal verloren ruimte, het liefst zouden we de IC's pal tegen elkaar leggen met alle verbindingen aan de onderkant. De zogenaamde 'Square Packs' zijn dan ook bijzonder populair (zie kopfoto). Vooral bij kleine chips is de ruimtewinst relatief groot. Aansluitpennen hebben namelijk een vaste



lengte en bij kleine chips nemen ze dus relatief meer ruimte in dan bij grote chips. Dat kan wel eens een factor twee in oppervlak schelen. Net als bij het voorbeeld met de landkaart gaat er dus veel plek 'verloren' door het gebruik van aansluitpootjes.

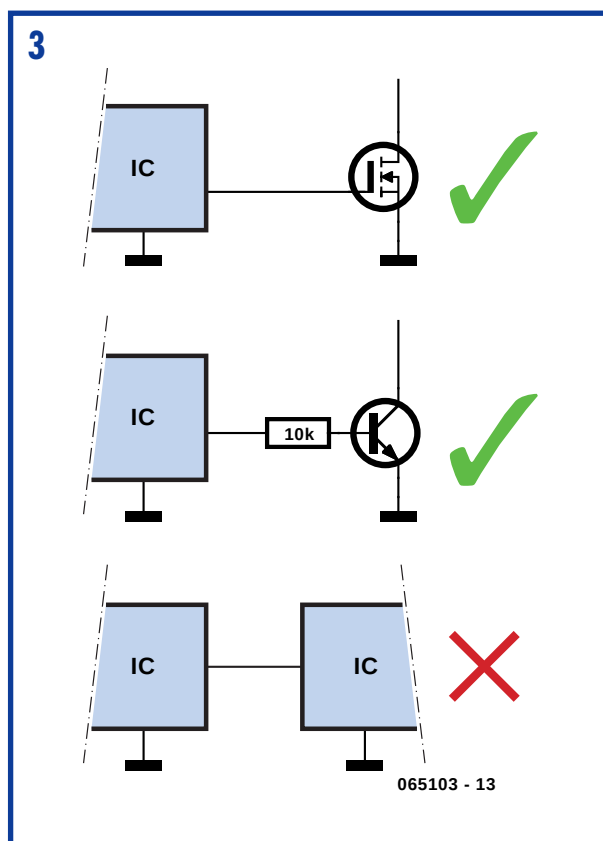
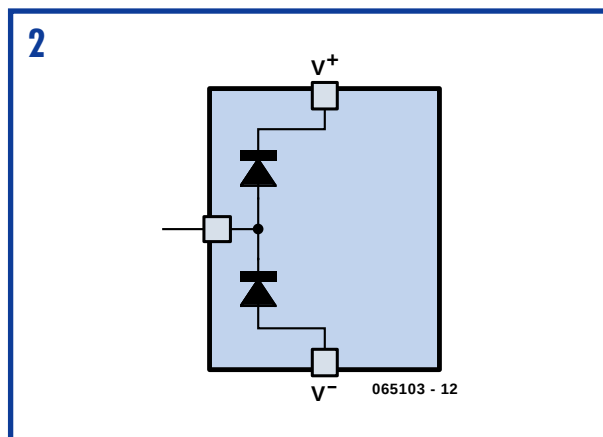
Een van de vaste regels bij het foutzoeken is dat we altijd op de aansluitpootjes van componenten moeten meten. Je weet immers nooit of er wel een goede verbinding bestaat tussen het spoor op de print en de aansluiting van het IC. Bij square packs zijn die aansluitingen fysiek niet meer bereikbaar en dus moeten we slim zijn. Vertrouwt u zo'n aansluiting niet, dan is nog niet alles verloren. Want hoewel u niet bij de aansluiting kunt komen, kunt u met behulp van een handigheidje toch de verbinding doormeten met uw universeelmeter (!). Deze techniek is ook waardevol voor iedereen die zelf SMD's soldeert, bijvoorbeeld met onze oven uit het januarinummer.

Werkt de schakeling direct, dan is er natuurlijk geen vuiltje aan de lucht, maar anders dan zou het natuurlijk best wel eens kunnen zijn dat een aansluitvlakje van een square pack (of een ander moeilijk bereikbaar IC) niet goed is gesoldeerd. Ook (zelfs) industrieel gemaakte printen hebben een zeker uitvalpercentage en met wat geluk en geduld is het mogelijk deze pcb's te repareren.

De meeste digitale multimeters hebben een weerstandsbereik om diodes door te meten. In dat bereik wordt de doorlaatspanning van de diode gemeten door een kleine teststroom (meestal circa 1 mA) door de diode te sturen. Dat is precies wat we nodig hebben. Controleer of uw meter ook zo'n bereik heeft (**figuur 1**). Test het bereik eens met een gewone en een Schottky-diode. Dat moet een uitlezing van ongeveer 0,65 resp. 0,35 V opleveren.

En nu dan de grote truc: hoe kunnen we met een universeelmeter in het diodebereik een pootje testen waar we fysiek niet bij kunnen? Wel, gelukkig heeft nagenoeg iedere aansluiting van een IC ingebouwde beschermingsdiodes (er zijn overigens enkele uitzonderingen, waaronder oscillator-aansluitingen en open-collector-uitgangen). Er zit gewoonlijk een diode van de aansluiting naar massa (in sperrichting) en een vanaf de aansluiting naar de plus van de voeding. (**figuur 2**) We sluiten dus de **plus** van de universeelmeter op de massa (0 V) van de schakeling aan en raken met de **min**-testpen het te testen spoor aan. Is het spoor verbonden met de chip, dan meten we door de beschermingsdiode heen en de meter geeft meestal een uitlezing van 0,6 tot 0,7 V. Is er daarentegen een onderbreking, dan geeft de meter niets aan. U begrijpt natuurlijk wel dat wanneer de massa van het IC onverhoopt de boosdoener is, dat alle metingen als resultaat geven dat alle aansluitingen niet in orde zijn. Jammer genoeg zal de meting meestal niet eenduidig zijn. Dat komt omdat een spoor behalve naar het verdachte IC ook nog ergens anders naar toe loopt. En die aansluiting zal de meting in de meeste gevallen beïnvloeden. U moet dus aan de hand van het schema een inschatting maken hoe groot deze verstoring is (**figuur 3**). Is er bijvoorbeeld een hoogohmige weerstand of FET aangesloten dan is die invloed verwaarloosbaar. Gaat het spoor echter naar een ander IC, dan is het heel moeilijk te bepalen van welk IC u nu de beveiligingsdiode aan het doormeten bent. In zo'n geval zit er maar een ding op: het spoor (tijdelijk) onderbreken.

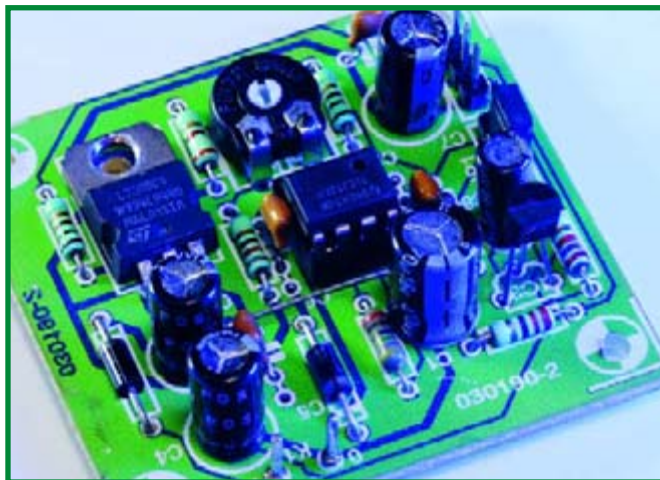
(065103-1)



Signaalaanpassing voor LM35

Uwe Reiser

De hier voorgestelde schakeling past de signaalniveaus van de bekende LM35 aan, zodat verschillende analoog/digitaal-omzetters ermee overweg kunnen. De zeer populaire temperatuursensor LM35 levert een spanningsverschil van 10 mV per Kelvin in het temperatuurbereik van -55 tot 150°C. De uitgangsspanning varieert dan tussen -550 mV bij -55°C en +1500 mV bij 150°C. Dit is niet geschikt voor de besturing van een gewone ADC met een unipolaire ingang van 0...5 V. De sensorspanning moet versterkt en van een offset voorzien worden. Hiermee zijn beide hoofdfuncties van de schakeling in **figuur 1** benoemt. De schakeling is hier



gedimensioneerd op een meetbereik van -24 tot +84°C. De uitgangsspanning van de sensor bedraagt voor deze temperat

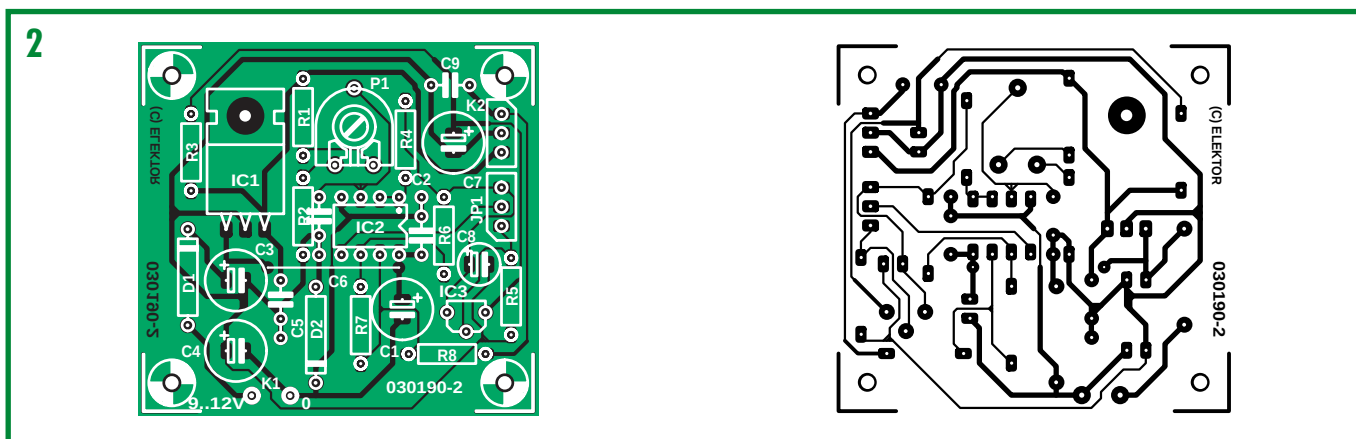
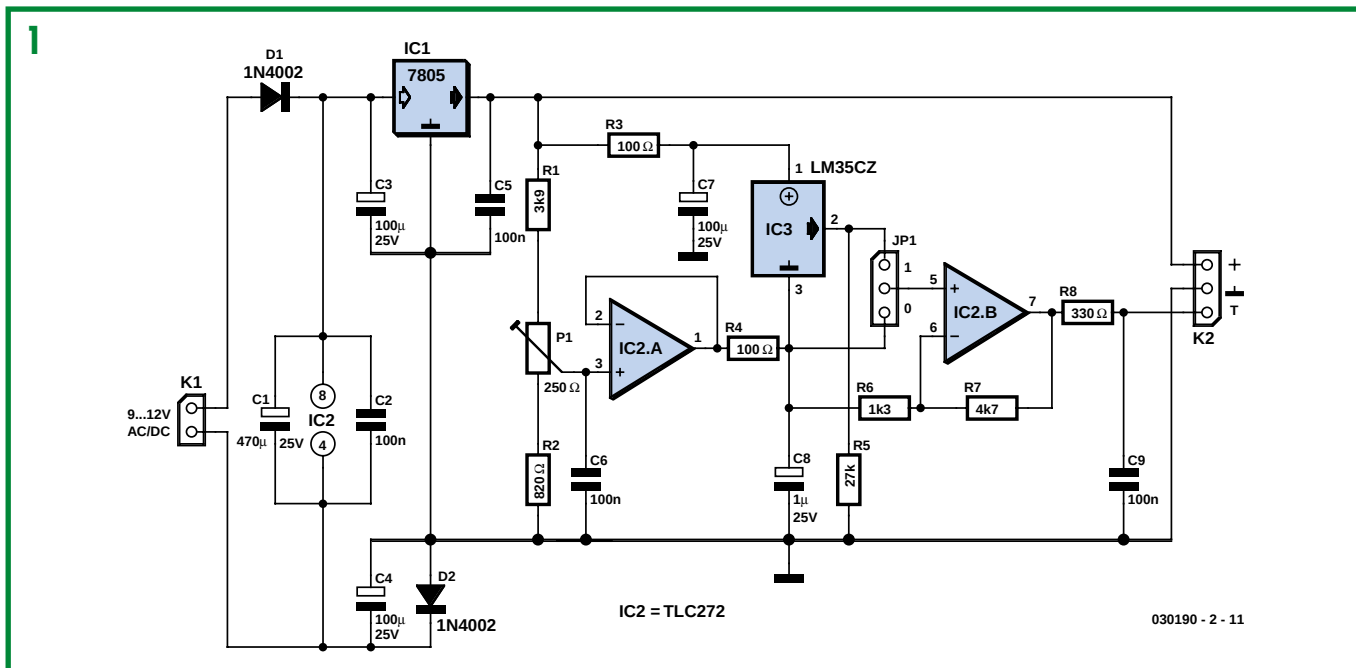
-240 tot +840 mV. Beide waarden moeten nog met 0,5 K (5 mV) verhoogd worden om de negatieve en positieve halve

graad te kunnen gebruiken. Zo ontstaat er een spanningsbereik van 1090 mV, zodat een versterking noodzakelijk is van:

$$A = 5000 \text{ mV} / 1090 \text{ mV} = 4,587.$$

Hiervoor zorgt IC2b. Zijn versterkingsfactor is te berekenen volgens $A = R7 / (R6 + 1)$. IC2a regelt de offsetspanning door de massa van de LM35 op een spanning van $245 \text{ mV} \cdot 4,587 = 1124 \text{ mV}$ ten opzichte van de schakelingsmassa. Zo is de uitgangsspanning van IC2b precies 0 V bij een temperatuur van -24°C en 5 V bij 84°C.

Deze twee bewerkingen kunnen natuurlijk worden aangepast, zodat de schakeling met elk gewenst temperatuurbereik overweg kan. De berekening van de



spanningsdeler R1, P1 en R2 ligt voor de hand. Jumper JP1 is bedoeld voor de afregeling. Verbindt men de ingang van IC2b met de uitgang van de offset-opamp IC2a dan simuleert men de minimale waarde van het bereik (de laagste temperatuur). De schakeling wordt gevoed uit een adapter van 9 tot 12 V AC of DC. Ondanks het geringe verbruik van 50 mA, wordt een 5V-spanningsstabilisator-IC gebruikt dat 1 A aankan. Deze stabilisator wordt ongekoeled gebruikt en voedt direct de spanningsdeler van IC2a. Daarnaast kan hij ook andere schakelingen voeden die via K2 worden aangesloten. De spanning voor de sensor wordt door R3 en C7 van de rest van de schakeling ontkoppeld om

Onderdelenlijst

Weerstanden:

R1 = 3k9
R2 = 820 Ω
R3, R4 = 100 Ω
R5 = 27 k
R6 = 1k3
R7 = 4k7
R8 = 330 Ω
P1 = instelpotmeter 250 Ω

Condensatoren:

C1 = 470 μ , 25 V

C2, C5, C6, C9 = 100 n
C3, C4, C7 = 100 μ , 25 V
C8 = 100 μ , 25 V

Halfgeleiders:

D1, D2 = 1N4002
IC1 = 7805
IC2 = TLC272
IC3 = LM35CZ

Diversen:

K1 = 2 soldeerpennen
K2, JP1 = 3-polige header
1 jumper, 1 draadbrug

stoorinvloeden te voorkomen. Diode D1 werkt als gelijkrichter bij AC voeding en als ompoolbeveiliging bij DC voeding. D2 legt de massa van de schakeling 0,7 V hoger dan de laagste voor-

handenzijnde spanning. Zo hoeft voor IC2 geen rail-to-rail opamp genomen te worden. De sensorelektronica kan op een kleine print plaatsnemen (zie **figuur 2**). Tussen C3 en IC2 is

de enige draadbrug te vinden. Er dient wel op gelet te worden dat niet alleen de sensor, maar ook de overige componenten geschikt zijn voor het gewenste temperatuurbereik. De C-versie van de LM35 is alleen geschikt voor temperaturen tussen -40 en 110°C, de D-variant slechts voor 0 tot 100°C. Het oplossend vermogen van de thermometer staat en valt met de precisie van de verschillende componenten. Daarom moeten bijvoorbeeld R6 en R7 de berekende waarde zeer goed benaderen.

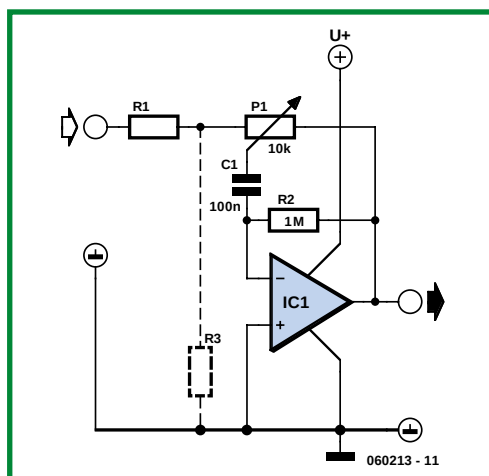
(030190-II)

Datablad LM35:
www.national.com/pf/LM/LM35.html

Logaritmische volumeregeling

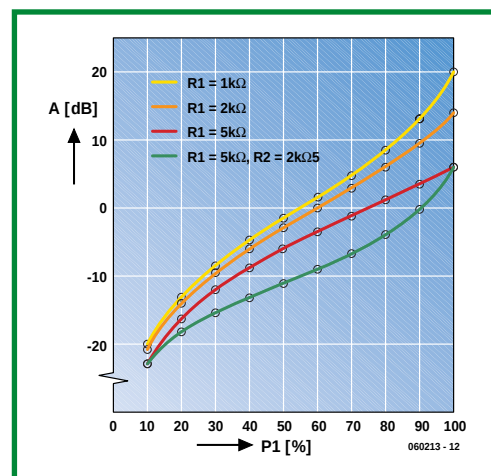
Bart Boerman

Deze volumeregeling maakt gebruik van een opamp en enkele passieve componenten om met een enkele *lineaire* potmeter een logaritmische regeling te benaderen. Dit komt de betrouwbaarheid ten goede in vergelijking met schakelingen die voor het creëren van een logaritmische functie dubbele lineaire potmeters gebruiken. De schakeling is ook erg handig bij gebruik van digitale potmeters. Veruit de meeste digitale potmeters zijn namelijk lineair. Met behulp van de hier getoonde opzet kan zo'n digitale potmeter eenvoudig worden omgevoerd in een logaritmisch exemplaar. In de grafiek is het regelgedrag van de schakeling voor wisselspanningen te zien. Horizontaal is de potmeterstand weergegeven, verticaal de versterking van de schakeling voor drie verschillende waarden van R1. Het regelbereik van de schakeling met R1 = 1 k loopt van -20 tot



+20 dB (potmeter van 10 tot 100%). Dat is dus een bereik van 40 dB. Een lineaire potmeter heeft in datzelfde instellingsgebied een bereik van 'slechts' 20 dB (van -20 dB tot 0 dB). Lineair gezien is het verschil tussen deze twee bereiken een factor tien! Dankzij C en R2 blijft de offsetspanning aan de uitgang van de

opamp ook bij grotere versterking gering. De waarden van C en R2 zijn niet kritisch en mogen vrij ruim genomen worden, bijvoorbeeld C = 100 nF en R2 = 1 M Ω . Het laag-kantelpunt ligt dan op ongeveer 10 Hz. In de praktijk is een te hoge of te lage versterking af te raden. Zorg ervoor dat R1 groter dan een



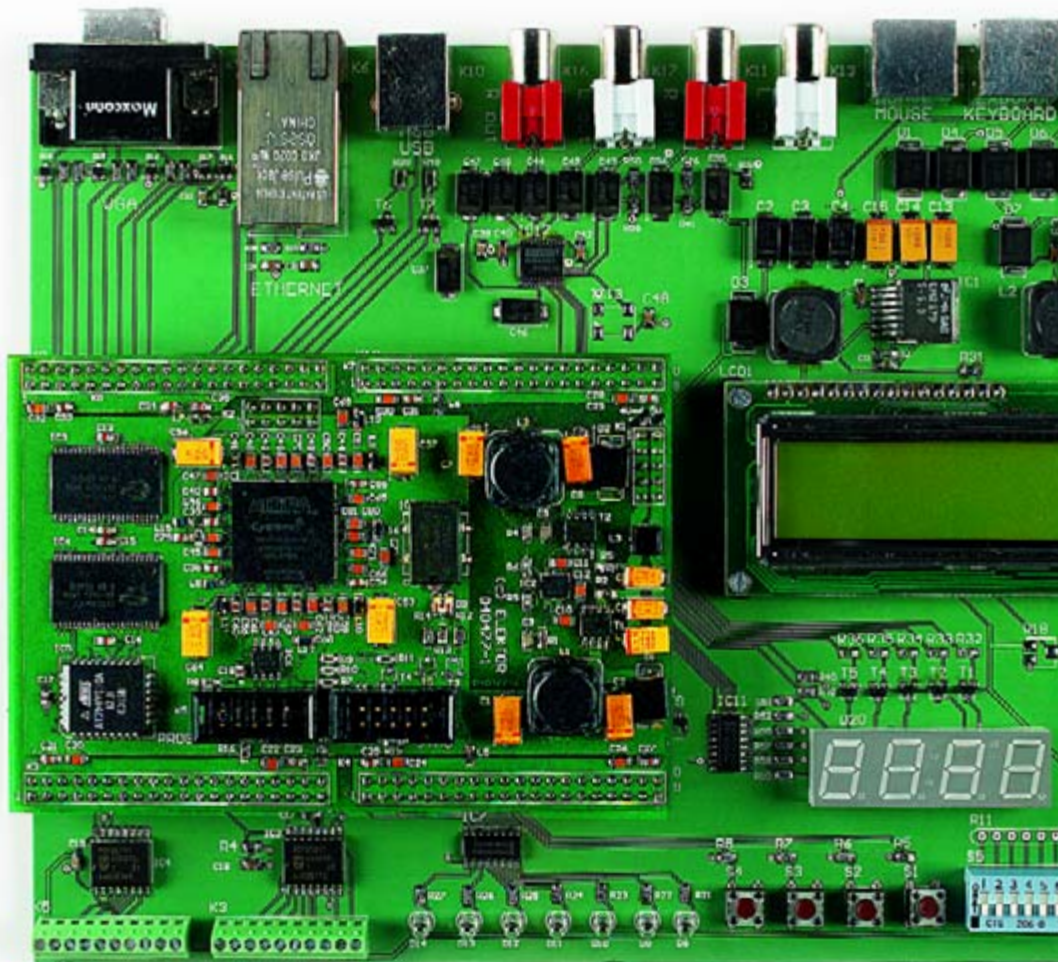
tiende en kleiner dan de volledige waarde van de potmeter is. Wil men de demping onder de 20 dB kunnen instellen, dan is een extra weerstand (R3) een optie. Let er op dat de vervangingsweerstand voor R1//R3 dan gelijk is aan de aanvankelijke waarde van R1.

(060213)

FPGA-cursus

Paul Goossens

Elk embedded systeem maakt gebruik van een systeembus. Deze wordt gebruikt om data te transporteren tussen de diverse onderdelen. Dit geldt dus ook indien zo'n systeem in een FPGA wordt geplaatst. In een FPGA wordt doorgaans wel een ander bussysteem gekozen. Deze maand maken we kennis met een populair bussysteem in FPGA's.



Een typische systeembus in een 'normale' microprocessorschakeling bestaat uit een databus, adresbus en enkele systeemsignalen zoals RD/WR. De periferiechips zetten hun data op de databus als daarom wordt gevraagd. De rest van de tijd zijn hun data-uitgangen hoogohmig, om zo andere chips de gelegenheid te geven om data op de bus te plaatsen. Deze datapoorten zijn tristate-poorten, en dus in staat om hoogohmig te worden.

Anders

In veel FPGA's is het niet mogelijk om interne signalen hoogohmig te maken. Ook kan een fout in het ontwerp zorgen voor kortsluitingen en dataverminking op deze bus. In een systeembus in een dergelijk systeem wordt dan afgezien van tristate-poorten. Verder

gebeurt het vaak dat randelektronica op een andere kloksnelheid werkt dan de processor. Om het datatransport in goede banen te leiden is dan een handshake nodig.

Om zulke problemen te vermijden in een FPGA-ontwerp zijn diverse standaard systeembussen ontwikkeld. Wij nemen in deze aflevering een veelgebruikte systeembus onder loop, de Wishbone-bus. Deze bus wordt o.a. veel gebruikt op www.opencores.com, een handige site om waar gratis (deel)ontwerpen kunnen worden gedownload.

Minimaalsysteem

Een minimale Wishbone-bus met één master en één slave is afgebeeld in **figuur 1**. Duidelijk herkenbaar is de dubbele databus. Beide bussen zijn

unidirectioneel, waarbij één bus de data van de master naar de slave verzorgt en de andere bus de tegengestelde richting bedient.

De signalen STB (strobe), CYC (cycle) en ACK (acknowledge) zorgen voor de handshake bij iedere datatransmissie. De slave mag alleen reageren op de Wishbone-signalen als zowel de STB_I- als CYC_I-signalen hoog zijn. Het signaal WE (write-enable) geeft aan dat de master wil schrijven naar de slave door dit signaal hoog te maken. Is dit signaal laag, dan wil de master data lezen van de slave.

Zodra de slave klaar is met het verwerken van de gegevens, laat hij dit weten door het signaal ACK hoog te maken. Als reactie hierop maakt de master het signaal STB laag. De slave moet dan op zijn beurt zijn ACK-uitgang weer laag maken.

Deel 5 - Bussystemen en interconnecties

Dit handshake-protocol maakt het mogelijk om een langzame slave aan te sluiten op een veel snellere master. De slave kan het signaal ACK namelijk op een later tijdstip hoog maken. Hierdoor krijgt de (langzamere) slave de tijd om de data te verwerken. In **figuur 2** is een dergelijke leesoperatie te zien, waarbij de slave 2 extra klokcycli nodig heeft om de cyclus te voltooien.

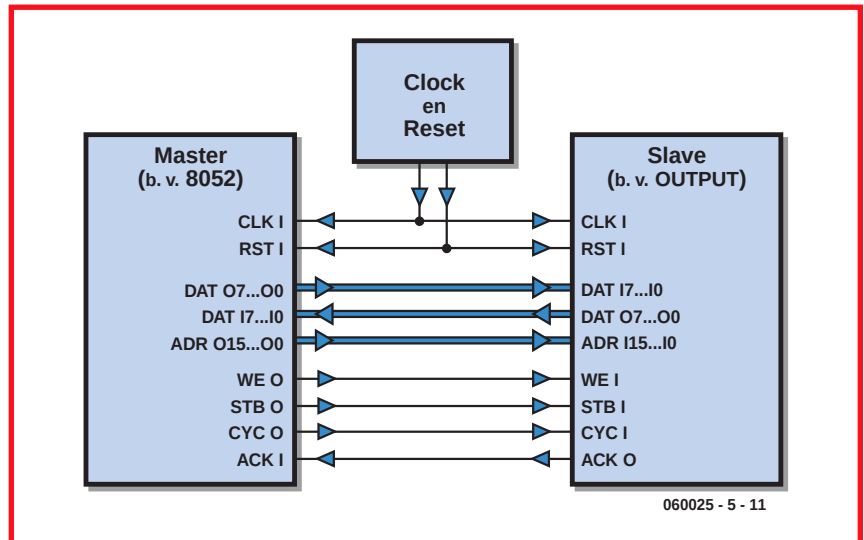
Voorbeeld

In *ex13* hebben we een eenvoudig voorbeeld gemaakt. De 8051-controller is voorzien van een Wishbone-bus master-interface. Deze bus is aangesloten op een eenvoudige slave. Deze slave maakt het mogelijk om 8 uitgangen aan te sturen. De slave-interface zorgt er voor dat de ACK 10 klokpulsen later verschijnt. Hierdoor kunnen we met behulp van de logic analyser (in Quartus ingebouwd) de handshake zichtbaar maken.

De hier toegepaste processor (T8052) gebruikt de Wishbone-bus voor alle transacties in het XRAM-geheugen vanaf geheugenlocatie 0x1000. Het enige stukje uitbreiding op deze Wishbone-bus is een 8-bits uitgang met de naam 'wish_output'. Deze uitbreiding is ook intern voorzien van een adresdecoder. Dit is iets dat normaal in een apart stukje hardware zit, maar voor dit eenvoudige voorbeeld hebben we deze in de core zelf geplaatst. Zeven van de acht uitgangen hebben we verbonden met de LED's op het uitbreidingsbord. De software zorgt er voor dat de LED's na elkaar oplichten, zoals in een looplicht.

Intern

De verwerking van de Wishbone-signalen is tamelijk eenvoudig. Signaal 'sel' detecteert of het adres op de systeembus overeenkomt met het adres voor deze uitbreiding (0x8000). Vanaf regel 63 zorgen we er voor dat de uitgangen hoog worden bij een reset. Op het moment dat er een geldig adres verschijnt (sel='1') en er een geldige schrijfcyclus plaats vindt (STB='1', CYC='1' en WE='1'), wordt tijdens een opgaande flank van de klok

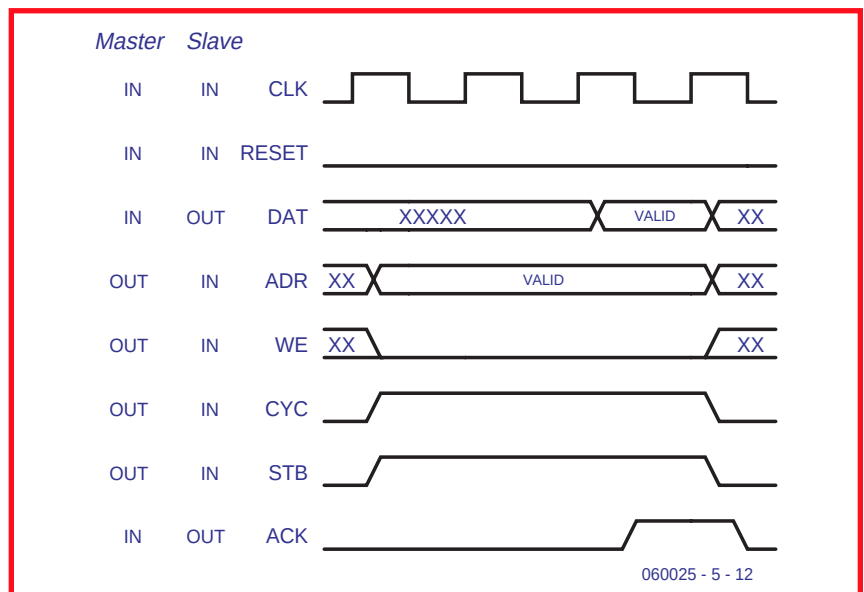


Figuur 1. Een minimale Wishbone-bus met één master en één slave.

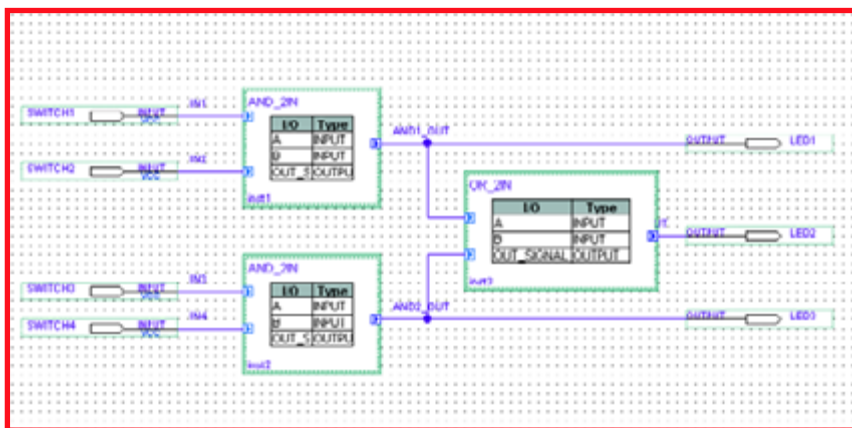
de data aan de ingang DAT_I in het uitgangsregister bewaard. Het opwekken van het ACK-signaal is in dit geval iets ingewikkelder, aangezien we dit signaal willen vertragen. Het signaal COUNT telt hoeveel klokpulsen zijn verstreken nadat er een schrijfpdracht naar deze core heeft plaats gevonden. Op het moment dat

deze teller de stand '10' heeft bereikt, wordt ACK_OK hoog. Dit signaal geeft aan dat we nu een ACK-signaal mogen genereren.

Uitgangssignaal ACK wordt uiteindelijk in regel 101 gedefinieerd. Deze core genereert ook een ACK indien een niet geldig adres op de bus staat (sel='0'). Dit om te voorkomen dat de processor



Figuur 2. Hier is te zien dat de slave bij een leesoperatie 2 extra klokcycli nodig heeft om de cyclus te voltooien.



Figuur 3. Een eenvoudige schakeling die bestaat uit 2 VHDL-bestanden plus een grafisch bestand.

'hangt' als de software per ongeluk een verkeerd adres gebruikt. Let er wel op dat het signaal ACK een asynchroon signaal is. Dat wil zeggen dat er geen flipflop gebruikt wordt. Dit is een eis van de Wishbone-specificaties. ACK moet laag worden als een reactie op het laag worden van STB of CYC!

Experiment

In de software sturen we 20.000 keer dezelfde waarde naar de uitgang. Op deze manier vertragen we het looplicht, zodat we het effect nog met onze eigen ogen kunnen waarnemen. In wish_output wordt de ACK vertraagd met 10 klokcycli. Indien we deze vertraging vergroten, zal ook het looplicht trager worden. Dit experiment kunt u eenvoudig zelf uitvoeren. Verander regel 87 in wish_output.vhdl door de onderstaande regel :

IF (COUNT=200) THEN

Compileer het project opnieuw en laad dit in de FPGA. Het looplicht zal nu een heel stuk langzamer lopen dan eerst. Hiermee is bewezen dat een trage slave op de Wishbone-bus de master langzamer maakt. Deze vertraging vindt alleen plaats tijdens een lees of schrijffactie met deze slave. Alle andere instructies in de controller worden op volle snelheid uitgevoerd.

Meerdere slaves

Een praktische controller-schakeling bestaat meestal uit meer slaves dan één slave-IO. Deze slaves moeten dan allemaal via dezelfde bus met de controller communiceren. Hiervoor is het noodzakelijk om een extra stukje

hardware toe te voegen. Deze hardware moet aan de hand van het adres bepalen welke slave geadresseerd wordt.

In ex14 van de voorbeelden in het download-pakket van deze maand hebben we de controller verbonden met 2 slaves. Deze zijn nagenoeg identiek aan de slave uit het vorige voorbeeld. De adresingang is vervallen, aangezien er maar één register is om te schrijven en één om te lezen. Verder is hij voorzien van 8 ingangen.

De adresdecoder (*wishbone_decoder*) heeft als taak om, afhankelijk van het adres, de signalen naar een van beide slaves door te geven. Hiertoe gebruiken we 2 signalen (S1_SEL en S2_SEL) die hoog worden indien het juiste adres op de Wishbone-bus verschijnt. Voor S1_SEL ziet dit als volgt uit:

**S1_SEL<='1' WHEN ADR_I=x"8000"
ELSE '0';**

In dit geval is voor adres 0x8000 gekozen als adres voor slave 1.

Een transactie tussen slave en master vindt alleen plaats indien de signalen CYC en STB hoog zijn. Deze signalen zijn nu voor slave 1 makkelijk op te wekken.

**S1_STB_O <= STB_I AND S1_SEL;
S1_CYC_O <= CYC_I AND S1_SEL;**

Bovenstaande regels zorgen er voor dat de signalen STB en CYC voor slave 1 alleen hoog worden indien de slave geadresseerd is.

Als laatste moeten we de databus van de slave naar de master nog aanpassen. Indien slave 1 geadresseerd wordt, moet de data van slave 1 naar de master gestuurd worden; voor slave 2 geldt uiteraard hetzelfde. Dit wordt

door de onderstaande regel verzorgd:

**DAT_O_MASTER <= S1_DAT_I
WHEN (S1_SEL='1') ELSE
S2_DAT_I WHEN (S2_SEL='1')
ELSE x"00";**

Voor signaal ACK geldt een zelfde verhaal. Dit wordt op een vergelijkbare manier doorgesluisd naar de master.

Veelzijdig

De Wishbone-bus is zeer veelzijdig, dankzij zijn handshake-protocol. Naast de eerder genoemde mogelijkheden bestaat ook nog de mogelijkheid om deze bus uit te breiden met o.a. een error-sigitaal, om meerdere masters één bus te laten aansturen, etc. Wie hier wat meer van wil weten, kan op de site van Opencores de specificaties van deze bus downloaden.

Daarnaast bestaan er nog enkele andere SoC-bussen. De meeste hiervan gebruiken ook een handshake-protocol, waardoor het ontwerpen van een bridge tussen deze verschillende bus-systemen makkelijk te realiseren is.

VHDL hiërarchisch

Tot nu toe maken alle voorbeelden in onze cursus gebruik van een grafische weergave om diverse 'blokken' met elkaar te verbinden. Toch is het mogelijk om in Quartus een ontwerp geheel in VHDL te beschrijven.

We zullen aan de hand van 2 voorbeelden demonstreren hoe dit in VHDL mogelijk is. In ex15 hebben we een eenvoudige schakeling gemaakt, die bestaat uit 2 VHDL-bestanden plus een grafisch bestand. Dit laatste is de zogenaamde top-level entiteit, het hoogste in de hiërarchie. De functie van dit bestand is om de deelontwerpen met elkaar te koppelen en signalen met de buitenwereld (lees: FPGA-aansluitingen) te verbinden. Dit is de methode die we tot nu toe telkens hebben toegepast. Het schema hiervan is in **figuur 3** afgebeeld.

In ex16 staat hetzelfde ontwerp, maar nu is het top-level-document vervangen door een VHDL-bestand.

In het bestand ex16.vhdl (zie kader) vinden we als eerste een standaard ENTITY-declaratie. De in- en uitgangen van deze entity worden uiteindelijk verbonden met aansluitingen van de FPGA, aangezien dit ons top-level-document is.

Verder vinden we van regel 13 tot 19 de beschrijving van de in- en uitgangs-

signalen van het deelontwerp AND_2IN. De namen van de signalen in deze beschrijving moeten exact overeenstemmen met de namen die in het bestand AND_2IN.VHDL gebruikt zijn. Voor het ontwerp OR_2IN moeten we hetzelfde doen.

Vervolgens declareren we de signalen die in dit ontwerp gebruikt worden. De namen van de signalen zijn hetzelfde als in voorbeeld 15. In dit voorbeeld waren deze signalen getekend en voorzien van een label. In VHDL komt dit overeen met een signaal van het type STD_LOGIC.

Op regel 38 'instantiëren' we een component met de naam 'inst1'. Deze referentie is te vergelijken met de aanduiding 'IC1' o.i.d. in een normaal schema. Achter de ':' staat beschreven welk type component hier geplaatst moet worden. In dit geval is dat de component 'AND_2IN'.

Als laatste worden de in- en uitgangen van deze component verbonden met signalen. Dit gebeurt vanaf regel 41. Wanneer u beide voorbeelden vergelijkt, zal het principe al snel duidelijk worden.

Compatibel

Door een ontwerp helemaal in VHDL te beschrijven, ontstaat het voordeel dat de broncode nu compatibel is met andere CAD-programma's. Een dergelijk ontwerp kan zonder al te veel moeite dan ook in de software van een andere FPGA-fabrikant gebruikt worden. Zelfs een heuse ASIC kan gemaakt worden met precies dezelfde broncode!

Een ander voordeel is dat het aanpassen van een VHDL-bestand vaak sneller gebeurt dan wanneer deze aanpassing grafisch wordt uitgevoerd, vooral wanneer er veel signalen worden gebruikt tussen de diverse deelontwerpen.

(060025-5)

Weblinks

Opencores homepage:

www.opencores.org

Wishbone specifications:

www.opencores.org/projects.cgi/web/wishbone/wbspec_b3.pdf

Listing ex16.vhdl

```
LIBRARY ieee;
USE ieee.std_logic_1164.all;

ENTITY ex16 IS
PORT
(
    SWITCH1, SWITCH2, SWITCH3, SWITCH4 : IN STD_LOGIC;
    LED1, LED2, LED3 : OUT STD_LOGIC
);
END ex16;

ARCHITECTURE arch OF ex16 IS
    COMPONENT AND_2IN
    PORT
    (
        A,B : IN STD_LOGIC;
        OUT_SIGNAL : OUT STD_LOGIC
    );
    END COMPONENT;

    COMPONENT OR_2IN
    PORT
    (
        A,B : IN STD_LOGIC;
        OUT_SIGNAL : OUT STD_LOGIC
    );
    END COMPONENT;

    SIGNAL IN1,IN2,IN3,IN4 : STD_LOGIC;
    SIGNAL AND1_OUT,AND2_OUT, OR_OUT : STD_LOGIC;

BEGIN
    IN1 <= SWITCH1;
    IN2 <= SWITCH2;
    IN3 <= SWITCH3;
    IN4 <= SWITCH4;

    inst1 : AND_2IN
    PORT MAP
    (
        A => IN1,
        B => IN2,
        OUT_SIGNAL => AND1_OUT
    );

    inst2 : AND_2IN
    PORT MAP
    (
        A => IN3,
        B => IN4,
        OUT_SIGNAL => AND2_OUT
    );

    inst3 : OR_2IN
    PORT MAP
    (
        A => AND1_OUT,
        B => AND2_OUT,
        OUT_SIGNAL => OR_OUT
    );

    LED1 <= AND1_OUT;
    LED2 <= OR_OUT;
    LED3 <= AND2_OUT;

END;
```


Flitsende labhulp

Jeroen Domburg en Thijs Beckers

6.30V ⊕

Het repareren van een verbinding tussen twee cellen in een accupack vraagt eigenlijk om speciale lasapparatuur. Maar die is duur. En solderen is ook geen optie. Dus verzinnen we een andere oplossing, in dit geval met elco's. Hun vermogen om kortstondig hoge stromen te leveren, kunnen we prima misbruiken om te lassen.

Het kortsluiten van een geladen elco geeft mooie vonken. Dat hebben we allemaal wel eens (per ongeluk of expres) gedaan of gezien. Hierbij geldt natuurlijk: hoe hoger de spanning over de condensator en hoe groter de capaciteit, hoe groter de vonk die hij veroorzaakt. Behalve een hoog entertainment-gehalte heeft dit effect ook nog een ander gevolg. Zo nu en dan zitten de polen van de elco vastgelast aan het metaal waarmee ze kortgesloten zijn. En soms wil dat best wel een stevige verbinding zijn. Dit laseffect kunnen we heel nuttig gebruiken.

Wat gaan we doen?

Batterypacks maakt men meestal door metalen strips met kleine puntlasjes aan de accucellen vast te maken. De apparaten die dit soort puntlassen maken, zijn helaas nogal aan de prijzige kant, als ze al voor particulier gebruik te krijgen zijn. De hobbyist met een kapot batterypack wil voor dit soort toepassingen (noodgedwongen) nog wel eens naar de soldeerbout grijpen. Solderen is echter een zeer slechte en bovendien gevaarlijke manier om batterijen zonder soldeerlippen met elkaar te verbinden. In het ergste geval kunnen de overdrukventieltjes stukgaan en kan de batterij exploderen als ze te heet wordt.

Lassen is dan een veiligere oplossing. Doordat een klein stukje metaal slechts heel even heet wordt, gebeurt er met de rest van de accu vrij weinig. Voor de stroom die bij dit soort laswerkjes nodig is, zijn elco's prima geschikt. Om het lassen wat gecontroleerder te maken dan een ongelukkige kortsluiting tussen de twee condensatorpolen, hebben we een schakeling opgezet die het lasproces bestuurt. Door de energie voor de las niet uit de netspanning te betrekken, maar uit een stel condensatoren, blijft het geheel ook nog redelijk veilig.

Hoe gaan we het doen?

De schakeling bestaat uit vier delen: de voeding, de batterij condensatoren, de vermogenstrap en de 'ontsteking'. De condensatoren vormen het hart en zijn waarschijnlijk ook het fysiek grootste deel van de schakeling. Ze leveren de stroom die benodigd is voor het lassen. Acht condensatoren van 10.000 μF zijn in principe genoeg, maar meer of grotere condensatoren kunnen geen kwaad. Als voeding kan het beste een labvoeding genomen worden. Deze heeft als voordeel dat het vermogen gevarieerd kan worden door de spanning te regelen. De stroom die de voeding levert tijdens het lassen, kan ook

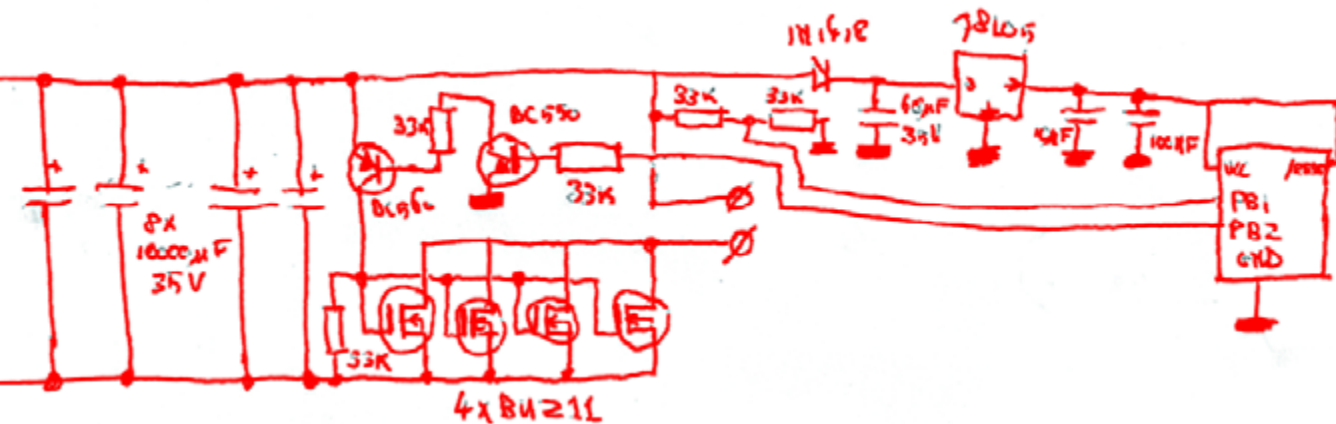


Het hoofdonderdeel: de condensator. Dit is een 10.000 μF -versie. Hiervan knopen we er 8 met dikke luidsprekerdraad aan elkaar (de batterij is een penlite, ter referentie)



Zo dus. De luidsprekerkabel is gestript en goed vertind op de plaatsen waar de condensatoren eraan gesoldeerd zijn.

Lassen met condensatoren



beperkt worden. Als alternatief werkt een kortsluitvaste transformator gevolgd door een gelijkrichter ook prima. De vermogenstrap bestaat uit een aantal parallel geschakelde BUZ11 MOSFET's. Deze MOSFET's zijn meestal voor vrij weinig geld te koop en kunnen toch 30 A aan. Het bepalen van het aantal FET's dat nodig is, is een beetje natte-vinger-werk. De hoeveelheid stroom die gaat lopen is namelijk afhankelijk van een aantal niet gemakkelijk vast te stellen factoren. Begin met een stuk of vijf MOSFET's. Mocht er eentje doorbranden, dan kan hieruit de conclusie getrokken worden dat het er te weinig waren. Omdat MOSFET's spanningsgestuurde componenten zijn, hoeft er bij het bijvoegen van extra FET's niets aan de rest van de schakeling veranderd te worden. De BUZ11 FET's dienen aangestuurd te worden met een spanning op de gates. Ze gaan meer geleiden naarmate de gate/drain-spanning groter wordt. Om van dit effect optimaal gebruik te maken, zijn de MOSFET's niet direct, maar via een transistortrapje aan de ontsteking gekoppeld. Zo worden de gates van een hogere spanning voorzien en worden de MOSFET's dus verder (harder) opengestuurd.

Een microcontroller regelt de 'ontsteking'. Hij meet de spanning op de laselektrode die met de MOSFET's ver-

bonden is (via een weerstandsdeler, want 30 V is voor zijn ingang wat hoog). Als deze spanning hoog wordt (als de twee elektrodes dus contact maken), wacht de microcontroller één seconde en stuurt dan de MOSFET's open. Op deze manier is er genoeg tijd over om de elektrodes goed op de plaats te zetten en je eventueel schrap te zetten voor de 'knal'.

Hoewel de logica in de microcontroller niet veel voorstelt (een comparatortje en een tweetal monoflops kunnen hetzelfde doen), hebben we toch voor een ATTiny13 gekozen. Mocht een toekomstige toepassing dat nodig hebben, dan kan er een specifiek trigger- en ontsteekpatroon in de microcontroller geprogrammeerd worden.

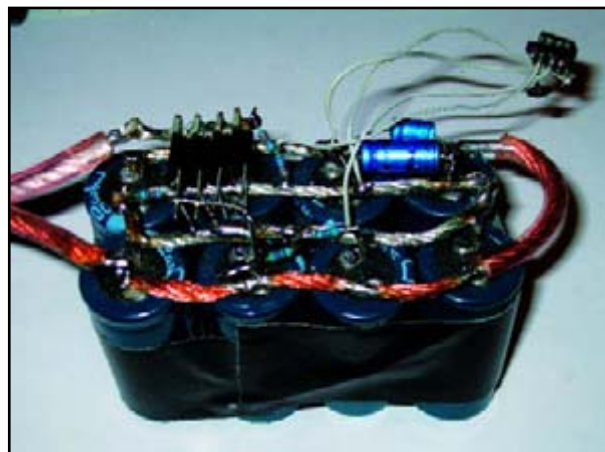
Er is ook nog een 5-V-voedingsgedeelte in de schakeling opgenomen, ten behoeve van de microcontroller. Dit gedeelte is vrij goed gefilterd en voorzien van buffercondensatoren, omdat er in de rest van de schakeling vrij veel stroom- en spanningspieken optreden. De grootste is een piek van meer dan honderd ampère tijdens het lassen.

Notities

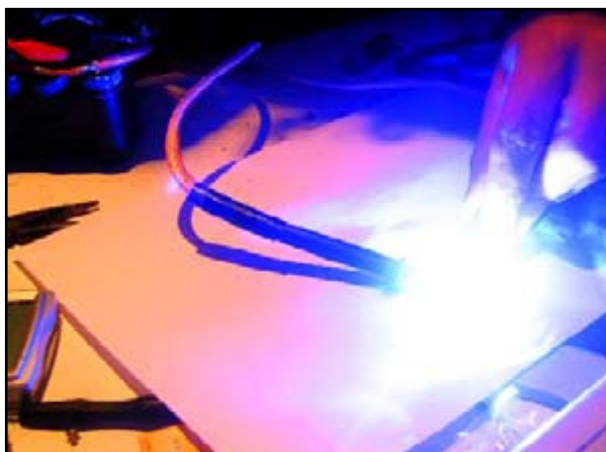
De stroom die door de las kan lopen, is afhankelijk van vier zaken: de voedingsspanning, de capaciteit van de



De MOSFET's. We hadden geen zin in opgeblazen printplaten, dus hebben we het prototype bovenop de condensatoren 'in de lucht' opgebouwd.



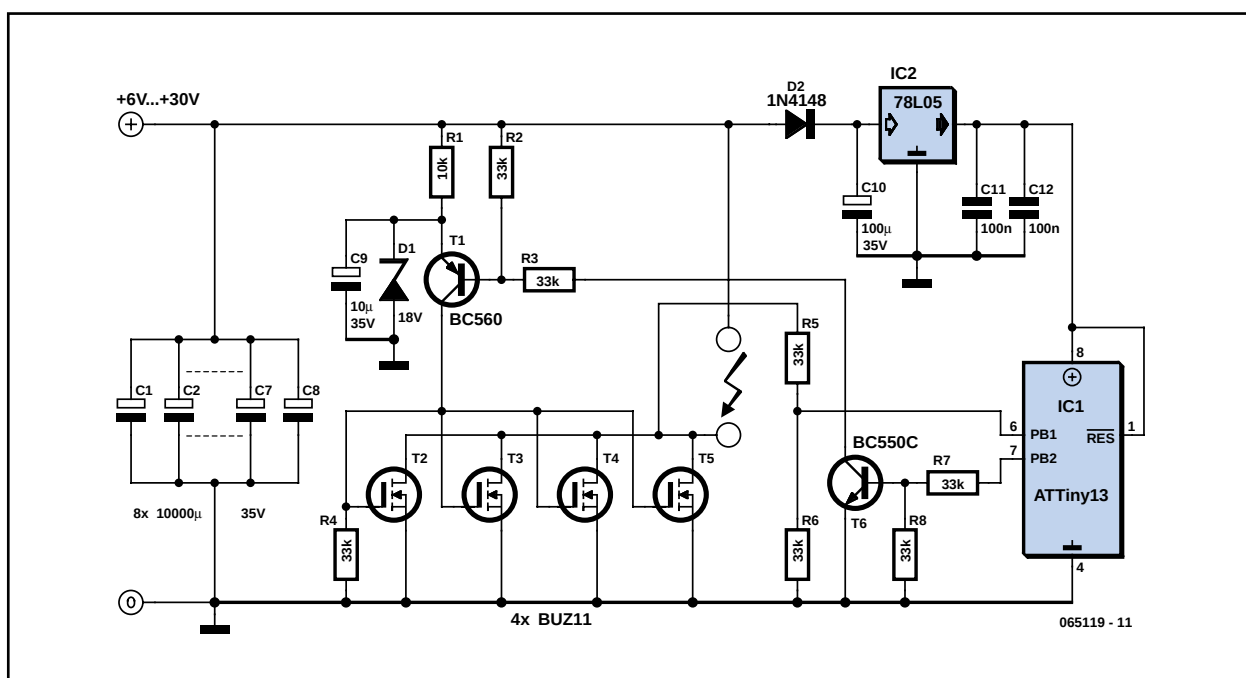
Hier zijn de transistorstuurtrap (linksonder), de 5V-voeding (rechtsboven) en de microcontroller (aan draadjes) erbij gemonteerd.



De eerste test: vonken trekken! Het lijkt erop dat de condensatorbank z'n vermogen goed en snel kwijt kan. Wees wel bedacht op wegschietende stukjes metaal.



Hoe maken we hiermee nu twee batterijen aan elkaar vast? Allereerst hier de zaken die we nodig hebben: de batterijen en een reepje metaal als 'soldeerlipje' (een stukje blik of iets dergelijks werkt prima).



Het helpt om het metaal goed te vertinnen op de plek waar het aan de batterij vast komt te zitten. Tin smelt namelijk beter dan het reepje metaal of het metaal van de batterij.



Maak het lipje met een krokodillenbekje vast aan de ene laselektrode en druk het zachtjes tegen de batterij. Druk daarna de andere elektrode stevig op het metaal naast het lipje en zet je schrap voor de flits.

condensatoren, de interne weerstand van de condensatoren en de weerstand in de rest van het ontlaadcircuit. De spanning is goed te regelen. Door een trafo met een andere wikkerverhouding te gebruiken, of in het geval van het gebruik van een labvoeding een zwengel aan het spanningsknopje te geven, kan de lasstroom bijgesteld worden.

De weerstand van het stroompad dient zo laag mogelijk te zijn. Daarom is het van belang de verbindingen in het pad elektrode-condensatoren- MOSFET's-elektrode met een zo dik mogelijke draad te maken. Om de interne weerstand van de condensatoren laag te houden, is het verstandig niet één enkele grote condensator te gebruiken, maar meerdere parallel te zetten. Low-ESR-elco's zijn voor deze toepassing eigenlijk ideaal, maar gewone condensatoren zijn een stuk goedkoper en werken ook prima.

Als laselektrodes hebben we een paar oude, stevige multimeterpennen gebruikt, maar een dik stuk installatiedraad doet het ook wel.



Als het goed is, zit het reepje metaal nu goed vast aan de batterij.

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 het doet waar hij voor bedacht is, is het goed.

De broncode van de microcontroller is te downloaden van [1] of [2].

Waarschuwing

Hoewel een condensatorlasser door zijn relatief kleine vermogen veiliger is dan een normaal lasapparaat, is het toch verstandig een aantal veiligheidsregels in acht te nemen:

- Let er tijdens het bouwen van de schakeling goed op dat de elco's met de juiste polariteit worden aangesloten.
- Draag oogbescherming tijdens het lassen. Hoewel het niet vaak voorkomt dat er een stukje metaal wegschiet, zou het toch zeer pijnlijk zijn als het in een oog terecht zou komen.
- Ontlaad het apparaat na gebruik. Dit voorkomt op zijn minst een schrikreactie wanneer tijdens het opbergen beide elektrodes tegen elkaar komen.

(065119)

WebLinks:

[1] www.elektuur.nl

[2] sprite.student.utwente.nl/~jeroen/projects/capwelder/



De tweede las gaat op dezelfde manier.



En uiteindelijk zitten de twee batterijen stevig aan elkaar vast.

CDP1802 —

Jan Buiting

Lang geleden in 1975 werd een briljante ontwerper in de VS, dr. Joseph Weisbecker van RCA, geïnspireerd door de architectuur van Intel's 4004 microprocessor. Joe ontwikkelde twee chips, de CDP1801R en de CDP1801U, om zijn eigen microprocessor te bouwen. In het begin van 1976, toen de fabricageprocessen beter werden, konden de twee IC's in een enkele chip gecombineerd worden. Dit werd eerst de CDP1802 en later de 'Cosmac'. De kloksnelheid ging omhoog van 2 MHz naar 6,4 MHz bij een voedingsspanning van 10 V. Dat was opvallend, omdat de meeste andere TTL- of NMOS-processoren van die tijd op 5 V liepen, honderden milliampères opslokten en bloedheet werden. De CDP1802 was 's werelds eerste CPU die helemaal in CMOS werd gebakken. Dat leverde een aantal voordelen op, zoals een laag stroomgebruik, bruikbaar over een groot temperatuurgebied, hogere storingsdrempel, groot bereik van de voedingsspanning en de mogelijkheid om rechtstreeks aan te sluiten op zowel de 4000-serie CMOS-IC's als de oude vertrouwde 7400 TTL-reeks.

De 1802 had een enkelfasige klok, liep statisch (wat inhoudt dat de CPU een willekeurige kloksnelheid aan kon en gewoon stil stond bij 0 Hz) en had een tamelijk ongebruikelijke architectuur die vaak omschreven werd als 'slim', 'netjes' en 'efficiënt'. Het was een 8-bitter met zestien registers, elk 16 bits breed. Een willekeurig register kon als program counter (P) of stack pointer (X) dienen. Er was ook DMA, vier logische ingangen die door middel van opdrachten rechtstreeks bekeken konden worden en zeven primitieve uitvoerkanaalen met een breedte van een byte.

De populariteit van de 1802 werd enorm vergroot toen Joe Weisbecker in 1976 zijn Cosmac 'ELF' zelfbouw-computer in het tijdschrift *Popular Electronics*

publiceerde. Duizenden hobbyisten gingen over op deze CMOS-microprocessor, terwijl de achterblijvers op de 8080, 8085 en 6502 wanhopig bezig waren om de warmte in hun voeding de baas te blijven.

Zoals zoveel andere zelfbouw microcomputersystemen van die tijd (zoals de KIM) kwamen er rond de ELF heel veel vervolprojecten, hardware-uitbreidingen en toepassings software, tot en met FORTH, Tiny Basic, floppydisk-interface en kleuren video-uitganging.

De mond-tot-mond reclame via de hobbykanalen werkte. Op het professionele vlak werd de CDP1802 gekozen als eerste micro die geschikt was om met SOS-technieken (Silicon On Sapphire) stralingsbestendig gemaakt te worden. En toen ging hij de ruimte in. De CMOS/SOS-versies van de CDP1802 geproduceerd met hulp van Sandia National Labs werden toegepast in ruimtecapsules waaronder UoSAT-1, UoSAT-2, Viking, Voyager en Galileo, waar ze het tientallen jaren probleemloos uithielden onder behoorlijk zware omstandigheden.

Mijn persoonlijke ervaring met de 1802 gaat terug tot 1981 toen ik een boek kocht waarin beschreven stond wat ik nu beschouw als een tamelijk verbeterde Europese versie van de ELF-computer. Ik had een vriend al eens zien worstelen met zijn 8085-kit en besloot Intel te mijden als de pest. Binnen een paar weken nadat ik het boek had opengeslagen (geschreven door Bob Stuurman, indertijd bekend van Radio Bulletin) had ik mijn eigen CDP1802 single-board microcomputer gebouwd, waarmee ik een LED kon in- en uitschakelen onder besturing van een drukknopje. Ook programmeerde ik een Kerstdeuntje dat hoorbaar was via een oortelefoontje aangesloten op de uitgang. Ik was de enige die het bijzonder vond. De verbeteringen van mijn 'Cosmos' systeem ten opzichte van de ELF, waar het duidelijk van was afgeleid, waren voornamelijk

(onderzijde)
4 K EPROM, UPS,
auto-timing seriële I/O

1-bit
DAC audiosysteem

Dubbelzijdige
handontworpen print

3,58 MHz
NTSC-kristal

Koelste CPU van die tijd

Q Flag status indicator

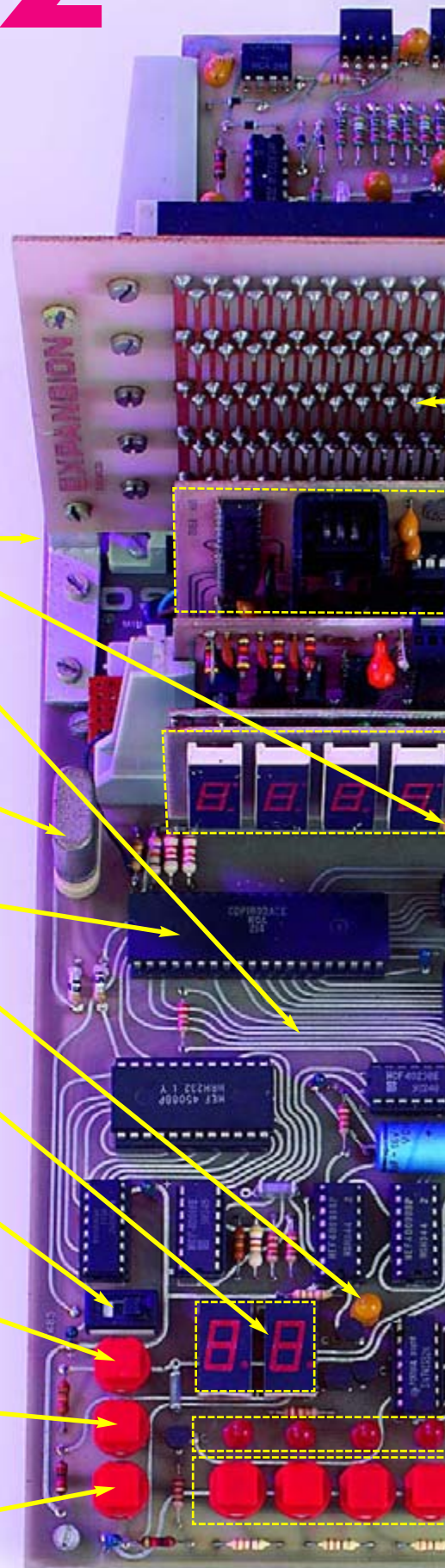
2-digit 7-segment
LED- uitlezing

virusbescherming aan/uit

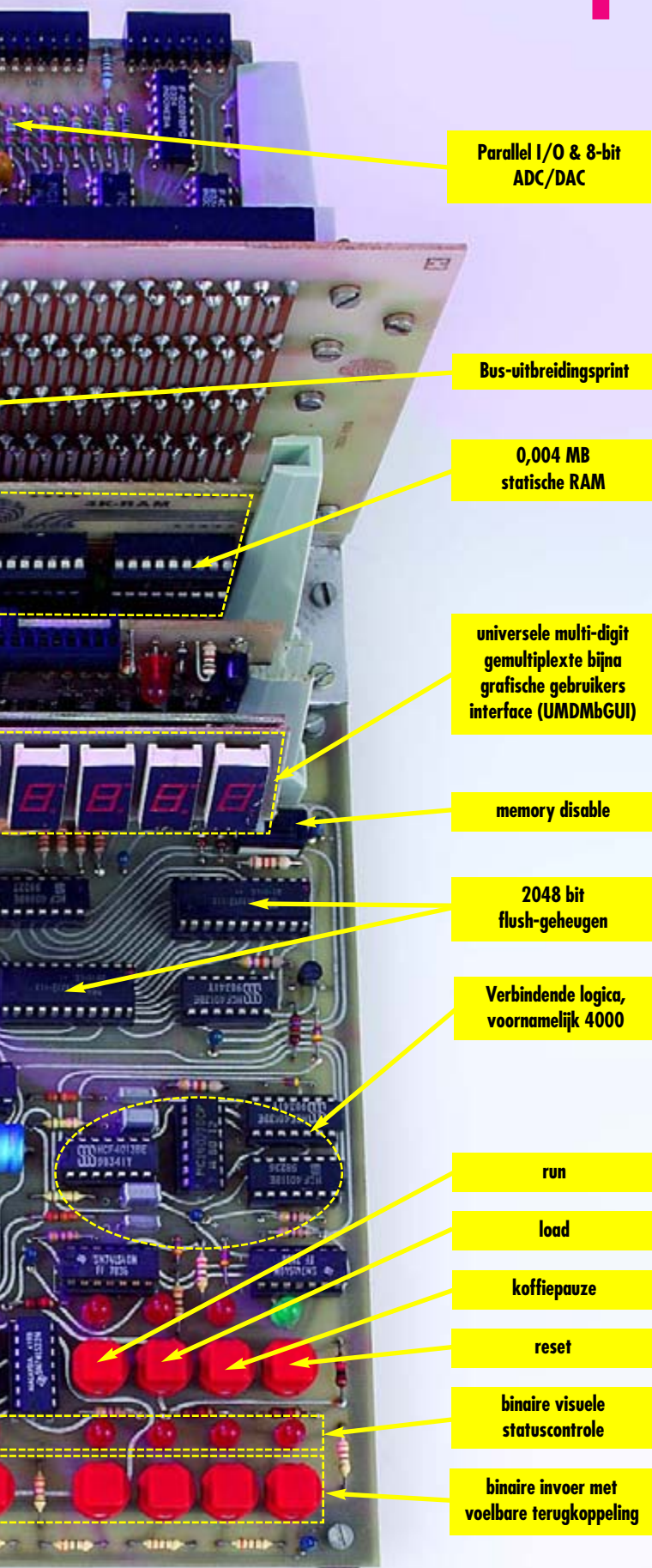
single step

clear input

enter / EF4 Flag



de eerste μ P in de ruimte



het ingenieuze gebruik van ordinaire standaard CMOS ICs rond de 1802 en een zeer goede print waar bij het ontwerp al rekening werd gehouden met toekomstige uitbreidingen van het systeem. Verder kon ik alles wat ik nodig had lokaal aanschaffen, in plaats van het te moeten bestellen in Amerika. Je zou kunnen stellen dat als de ELF een NTSC-tv was, dan was mijn Cosmicos een PAL-tv – slimmer en technisch beter.

Door de jaren heen heeft het zojuist besproken Cosmicos CDP1802 systeem dienst gedaan als een eenvoudig alarmsysteem, een printer-buffer (met 48 K dynamische RAM), een videospelletje en een testbeeld- en titelgenerator voor mijn amateur tv-station. Kort geleden nog was het in gebruik voor een temperatuur/vochtigheidsregelaar in een kas. Het systeem werd in eerste instantie rechtstreeks geprogrammeerd met circa 90 gemakkelijk te leren opcodes van de 1802, later in assembler en uiteindelijk in een licht aangepaste versie van 'Chip-8', een prachtige kleine interpreter die in die tijd op een aantal microcontrollers draaide.

Als ik het me goed herinner, dan bestond de grootste configuratie van mijn Cosmicos-systeem uit een CDP1806 CPU op 8,86 MHz, 128 K dynamische RAM, een floppy-disk met een bootstrap-lader, een modem, een eenvoudige kleuren-videokaart en een audio-uitgang. Er draaide assembler/disassembler op, FORTH, Chip-8, Tiny Basic, een paar spelletjes en een overmaat aan slimme hulpprogrammatjes, alles vanuit 5,25 inch floppy-disks of cassettebandjes. Het geheel was ingebouwd in een 19-inch behuizing die het uiterste vergde van mijn kofferbak tijdens het vervoer door het hele land naar vrienden en clubbijeenkomsten. Het was ook al eens in beslag genomen door de Duitse douane. Opmerkelijk was verder dat het systeem in een paar minuten letterlijk weer gestript kon worden

naar de oervorm van een moederbord met alleen maar een paar binaire invoertoetsen en een 7-segment LED-display.

Let wel, er was toen nog geen Internet, dus aan boeken en andere documentatie was moeilijk te komen en leesbaarheid en lidmaatschap van een club was absoluut een must als je serieus met je hobby bezig wilde zijn.

Gelukkig waren er heel veel vriendelijke Amerikanen die ook verslingerd waren aan de 1802 en ijverig aan het programmeren waren op hun ELF-2 systemen. Ze stuurden me boeken, tijdschriften en ik denk wel honderden kopietjes – dit alles in ruil voor een paar internationale antwoordcoupons om de kosten van verzending te dekken. Er viel niets te downloaden – de 1802 had eind 1980 op de toen populaire BBS-en niet meer dan een 75/1200 baud modem – moet ik nog meer vertellen?

Ik mag rustig stellen dat ik zonder de bouw- en programmeervaring rond mijn 1802-systeem in 1985 geen technisch redacteur van *Elektuur* geworden zou zijn – de toenmalige redacteurs van *Elektuur* waren stomverbaasd dat er een microcomputersysteem bestond dat dan wel leek op hun eigen Junior Computer, maar wel veel overzichtelijker van ontwerp was en veel zuiniger met energie. Vandaag de dag horen de CDP1802 en de afgeleide 1805 en 1806 tot de antieke microprocessoren, hoewel er nog steeds een verbazingwekkend groot aantal in gebruik is in talloze systemen en apparatuur zoals verkeerslichten, dataloggers en verkoopautomaten.

In het begin van 1990 verkocht een Nederlands bedrijf een thuiscomputer op basis van de CDP1802 onder de naam COMX-35. Maar de concurrentie van Sinclair- en Commodore-computers bleek te sterk en het werd geen succes.

(065071)

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

Onze Hexadoku is inmiddels uitgegroeid tot een bekende puzzelvariant die niet alleen door Elektuur-lezers wordt gewaardeerd. In elk geval zet hij de grijze hersencellen goed aan het werk en dat is voor iedereen gezond, niet alleen voor elektronici! Iedereen kan weer aan de slag met deze nieuwe oktoberversie. Doe mee en maak kans op een fraaie prijs.

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 Hexadoku uit het juli/aug.-nummer is: **IDRFBV**

De **E-blocks Starter Kit Professional** is gewonnen door:

Ivo Pullens
uit Veghel.

Insturen

Stuur uw antwoord (de getallen in de grijze hokjes) per email, fax of post **vóór 1 november 2006** 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.

De Elektuur-tegoedbonnen

van **50 Euro** zijn gewonnen door:

Willem van Bortel (Gouda)
Marco Pelk (Rotterdam) en
Patrick Wambacq
(Langdorp, B).

Allemaal van harte gefeliciteerd!

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

Doe mee en win!

Onder de inzenders met het juiste antwoord verloten we een

E-blocks Starter Kit Professional

ter waarde van **€ 365,75**



en drie **Elektuur-tegoedbonnen**,

elk ter waarde van **€ 50**. Het is dus echt de moeite waard om mee te doen!

CHIPKAART-LEZERS

Voor het ontwikkelen of analyseren van schakelingen die werken met chipkaarten is het noodzakelijk om ook een passende kaartlezer te gebruiken die geschikt is voor de desbetreffende kaarten. In sommige gevallen maakt men gebruik van een lege chipkaart, in andere gevallen van een kaart met een operating system. In de volgende uitgave stellen we daarom twee chipkaartlezers voor die het grootste deel van de huidige chipkaarten kunnen lezen en schrijven.

De eerste is geschikt voor kaarten van het type FUN en Jupiter, de tweede o.a. voor de typen Phoenix, SmartMouse en JDM. Verder geven we natuurlijk de nodige uitleg over de werking van en omgang met de verschillende typen chipkaarten.



TEST SOLDEERSTATIONS

Elke elektronicus heeft het wel nodig: een soldeerstation. Liefst met een soldeerbout die geschikt is voor het solderen van kleine onderdelen zoals SMD's, omdat dit soort componenten steeds meer wordt toegepast.

Voor deze test hebben we goed rondgekeken wat er allemaal wordt aangeboden op de markt en daaruit is een keus gemaakt in een brede prijsklasse van circa 40 tot 400 Euro. In totaal hebben redactie en lab zo'n 15 soldeerstations bekeken en aan een praktijktest onderworpen. In de novemberuitgave kunt u de resultaten van deze test lezen.

EXTRA: UITSLAG R8C-WEDSTRIJD! DE BESTE INZENDINGEN ROND DE POPULAIRE R8C-MODULE!

USB-STICK MET ARM EN RS232

Deze universele minischakeling vormt de 'missing link' tussen microcontroller-schakeling en pc. Dankzij een ARM-controller en slimme software is dit kaartje aan de microcontroller-kant RS232-compatibel en aan de pc-kant USB-compatibel. Op de kleine print bevindt zich een slot voor MMC- en SD-geheugenkaarten, zodat de gebruiker zelf kan bepalen welke geheugencapaciteit nodig is voor een bepaalde toepassing. Aan de USB-kant gedraagt de schakeling zich als een USB-stick, vanuit de microcontroller-kant kan worden gecommuniceerd met het kaartje via een driver met een set voorgedefinieerde commando's.



ELEKTUUR.NL WWW.ELEKTUUR.NL WWW.ELEKTUUR.NL WWW.ELEKTUUR.NL

De Elektuur-website - Download-toptien !

Overzicht van de meest gedownloade artikelen gedurende augustus 2006.

1. OBD-2-analyser (juli/aug. 2005)
2. TIRIS-RFID-scanner (okt. 2005)
3. Goedkope (web)server (feb. 2006)
4. RC-servotester (juli/aug. 2006)
5. Breedband VHF-voorversterker (juli/aug. 1997)
6. Honden- en kattenverjager (juli/aug. 2003)
7. Motorfietsalarm (okt. 2002)
8. Breedband PC-radio (juli/aug. 2001)
9. Een experimentele RFID-lezer (sept. 2006)
10. Universeelmeter als bliksemdetector (juli/aug. 2006)

U zoekt een ander onderwerp? Zoek het op www.elektuur.nl
Duizenden elektronica-artikelen en print-layouts online beschikbaar!
Ook voor het bestellen van printen, kits, boeken en CD-ROM's!

