ELEKTUUR

ELEKTRONICA & COMPUTERTECHNIEK

Nr. 456
OKTOBER 2001
ƒ 13,10 / € 5,95
Bfrs 262 / € 6,50
www.elektuur.nl

IR-Analyser

Mini-robot Wobbel

PCM-REGELAAR VOOR MODELBOUW

Intelligente sensor/actuator-controller

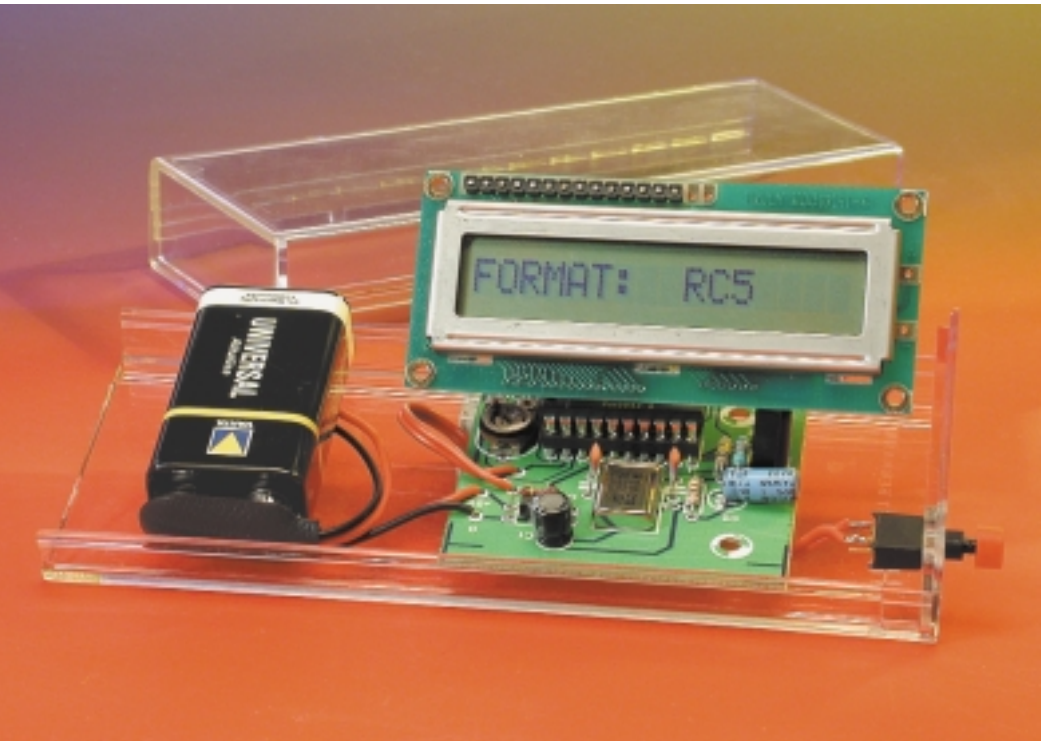
Lithium-ion-laadtechnieken

10
8 710966 182901

IR-code-analyser

Afstandsbedieningen identificeren

Dit microcontroller-gestuurde testapparaatje is in staat om de infrarood zendcodes van de meeste afstandsbedieningen te herkennen. De code-functies verschijnen in tekstvorm op een alfanumeriek LC-display.



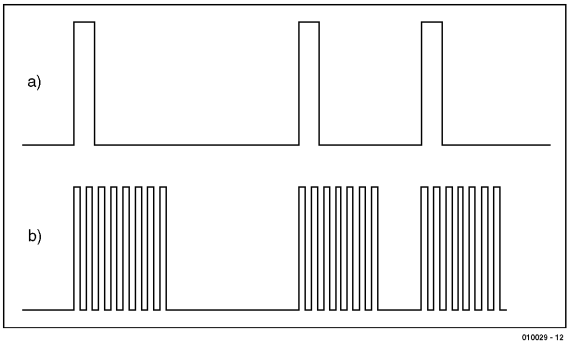
Micro-controller

- 4 Kbyte ROM
- 128 byte RAM
- 32 byte EEPROM voor programmacode
- voedingsspanning 2,7...6 V
- twee 16-bits timer/tellers
- geïntegreerde reset
- interne RC-oscillator
- poortpennen kunnen 20 mA sturen
- maximaal 18 I/O-pennen, bij interne reset en RC-oscillator
- twee analoge comparatoren
- I^2C-interface
- full-duplex-UART
- seriële in-circuit programmeermogelijkheid

Helaas voelt elke fabrikant van consumentenapparatuur zich geroepen om er een eigen IR-afstandsbedieningscode op na te houden. Als gevolg daarvan slingeren er in de meeste huishoudens op een gegeven moment ettelijke afstandsbedieningen rond, waarvan geen mens meer weet waar ze voor bedoeld zijn. Weggooien zal een elektronicus die dingen niet gauw, omdat ze in principe nog voor allerlei nuttige toepassingen bruikbaar zijn. Alleen is het een beetje lastig om een geschikte ontvanger te maken als de IR-code in kwestie onbekend is.

De hier gepresenteerde schakeling maakt een eind aan dat dilemma, omdat die de onbekende IR-code van de afstandsbediening herkent en de relevante data op een LCD weergeeft. Als adres en commando eenmaal bekend zijn, is het zeker bij de goed-gedocumenteerde RC5- of RECS80-code van Philips een peuleschil om met een gangbaar ontvanger-IC als de SAA3009 of SAA3049 een geschikte IR-ontvanger te maken. Bijzonder nuttig daarbij is het in maart en april van dit jaar gepubliceerde artikel 'IR-afstandsbedieningscodes' waarin de belangrijkste IR-codes en -protocollen in detail worden beschreven.

Het belangrijkste streven bij dit project was dat het een goedkoop en gemakkelijk te bedienen apparaatje moest worden. Het liefst klein en draagbaar, zodat een mogelijk interessante afstandsbediening voor aankoop op de rommelmarkt al kan worden getest. Toepassing van een



Figuur 1. De flash-mode (a) heeft het veld moeten ruimen voor de met 36 kHz gemoduleerde IR-signalen (b).

geprogrammeerde controller maakt dit mogelijk. In uitgewerkte vorm is de analyser daardoor zo simpel dat de afstandsbediening alleen maar met zijn zenddiode voor de lichtgevoelige opnemer hoeft te worden gehouden en op een knop hoeft te worden gedrukt. De naam van de code wordt dan op het display aangegeven.
De enige beperking is dat met het toegepaste IR-ontvanger-IC alleen IR-protocollen gedecodeerd kunnen worden in het bereik van 30...40 kHz. Afhankelijk van de code wordt de informatie bepaald door de afstand tussen twee puls-pakketjes, danwel de lengte ervan (**figuur 1**, onder). Bij de (tegenwoordig nauwelijks nog toegepaste) flash-mode ligt de informatie juist besloten in de afstand tussen de afzonderlijke lichtpulsjes (figuur 1, boven). Deze signalen worden door de IR-ontvanger genegeerd.

Simpele bediening

Na het inschakelen van de analyser verschijnt allereerst de tekst CODE ANALYSER VER 1 en vervolgens WAITING... Zodra er een IR-signaal wordt ontvangen, geeft de analyser een codenaam aan. Voor meer details volstaan enkele drukken op de knop:

Eerste druk op de knop: adres
Deze hexadecimale waarde toont het deel van de code dat het adres bevat van het apparaat waar het commando voor bestemd is; bij RC5 staat bijvoorbeeld adres 0 voor een TV. Niet elke fabrikant definieert een adrescommando in zijn code. In dat geval verschijnen er op het display twee streepjes (—).

Tweede druk op de knop: commando
Deze hexadecimale waarde vertegenwoordigt het verzonden commando dat aan de ontvangstkant uitgevoerd moet worden. Commando 10h (16dec) resulteert bij de RC5-code bijvoorbeeld in een verhoging van de geluidssterkte.

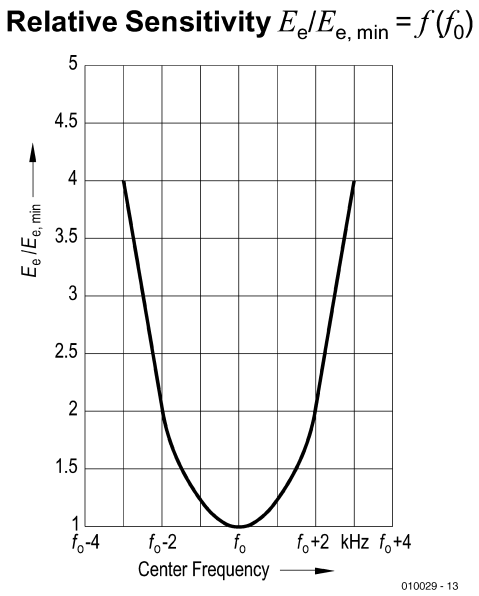
Derde druk op de knop: totale code
Hierbij wordt de inhoud van de gehele code in hexadecimale vorm weergegeven. Hou in de gaten dat de volgorde hiervan bit 7...0 is. Sommige fabrikanten waaronder Sony hanteren de overdrachtsvolgorde bit 0...7. Dit wordt in de indicatie gecorrigeerd.

Vierde druk op de knop: codenaam
Nu wordt de naam van de gedecodeerde code weergegeven, zoals bijvoorbeeld RC5, SIRCS of RECS80.

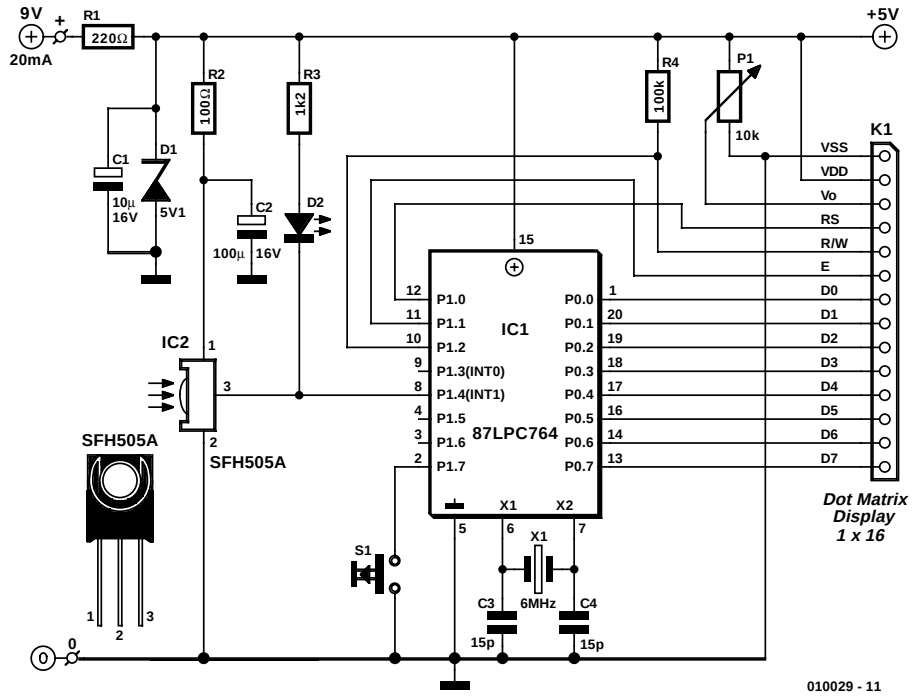
Verschijnt de indicatie UNKNOWN, dan is het protocol onbekend, het signaal te zwak of is er te veel storing. Zeker bij modulatiefrequenties van 30 of 40 kHz is het zaak de zender vlak voor de ontvanger te houden, omdat het ontvanger-IC van huis uit is afgestemd op 36 kHz. Zoals te zien is in de curve van **figuur 2**, neemt de gevoeligheid bij andere frequenties snel af. Sommige moderne afstandsbedieningen zenden in bepaalde modes twee verschillende protocollen uit. Zo zenden enkele recente modellen van Loewe eerst de Japan-code uit en na 50 ms het RC5-formaat. In dergelijke gevallen geeft de analyser steeds het laatst ontvangen protocol weer.

Weinig hardware

De in **figuur 3** afgebeelde schakeling behoeft eigenlijk nauwelijks nadere toelichting. Het infrarood signaal wordt opgepikt, versterkt en gedemoduleerd door IC2, waarvoor de bekende SFH505A (of een van de in de onderdelenlijst opgesomde alternatieven) is toegepast. De SFH505A bevat een complete gevoelige IR-ontvanger, afgestemd op een draaggolffrequentie van 36 kHz. Alle noodzakelijke elementen hiervoor zijn geïntegreerd op de chip, zodat er geen externe componenten nodig zijn.
De ontvangen en gedemoduleerde code wordt in geïnverteerde vorm rechtstreeks ter decodering aan de microcontroller (IC1) toegevoerd. R2 en C2 vormen een laagdoorlaatfilter dat het ontvanger-IC beschermt tegen storingen op de voedingslijn. Dit soort stoorpulsen resulteert anders in een drastische afname van de gevoeligheid.
De zich aan de ingang van de controller bevindende LED D2 knippert wanneer er een code wordt ontvangen. Zo valt dus gemakkelijk te controleren of de afstandsbediening in kwestie überhaupt nog wel een signaal produceert.
De toegepaste microcontroller is gebaseerd op de vertrouwde 8051-architectuur, wat het voordeel biedt dat veel tools heel goedkoop worden aangeboden of als shareware verkrijgbaar zijn. De 87LPC764 wordt door fabrikant Philips omschreven als ‘low power, low price, low pin count’. Omdat het bepalen van de code een flinke rekenpartij vergt, is een



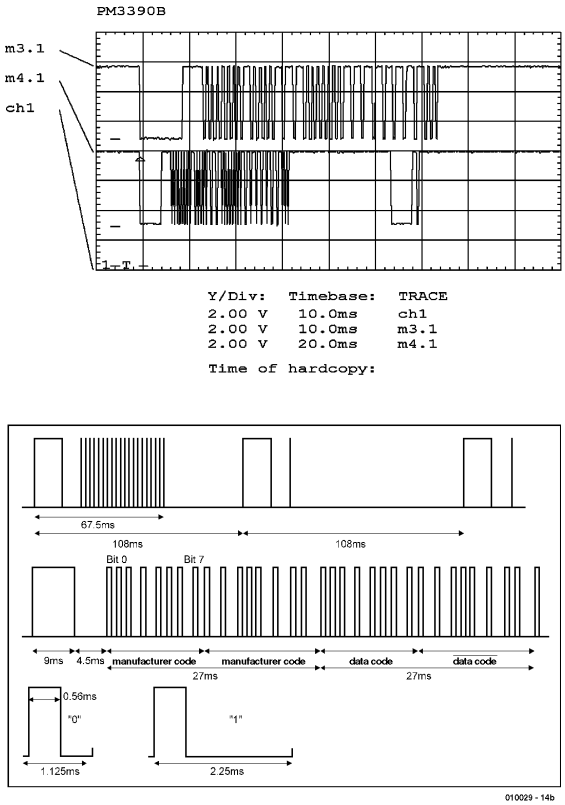
Figuur 2. Onder en boven de centrale frequentie neemt de gevoeligheid van de IR-ontvanger snel af.



Figuur 3. De complete schakeling van de code-analyzer telt slechts twee IC's.

klokfrequentie van 6 MHz en daarmee een cyclustijd van 1 µs gekozen. De belangrijkste technische gegevens van de 87LPC764 zijn in het aparte kader te vinden.

Omdat het dot-matrix-display op 5 V draait, is deze waarde ook aangehouden als voedingsspanning voor de rest van de schakeling. Het stroomverbruik is dermate gering dat met een 9-V-batterij kan worden volstaan. Zener D1 zorgt voor een simpele stabilisatie op 5 V. R1 begrenst de stroomopname op een maximum van 20 mA.



Figuur 4. IR-signaal volgens de NEC-code die o.a. door Harman-Kardon en Yamaha wordt gebruikt.

Display

Toegepast is hier een alfanumeriek dot-matrix-display met 1x16 karakters, een type dat door veel fabrikanten wordt aangeboden. Het display beschikt over een eigen controller die met een standaard instructieset wordt aangesproken. Ook de aansluitingen, de multiplexrate en de RAM-adresindeling van de diverse (in de onderdelenlijst genoemde) typen zijn gelijk.

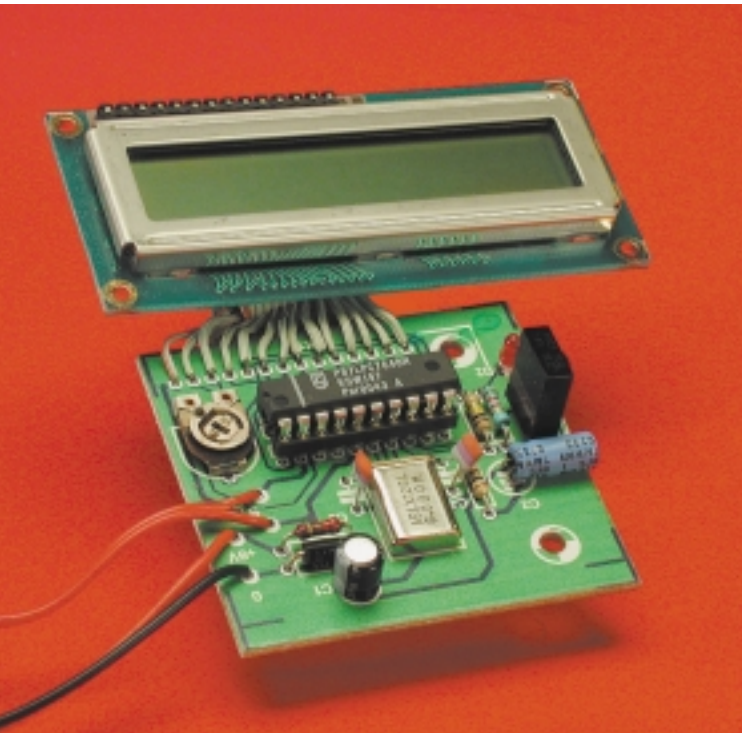
Weliswaar moeten hier meer karakters worden weergegeven dan op een regel passen, toch is het veel voordeliger de data beurtelings na een druk op de knop weer te geven dan over te stappen op een 4-regelig display. Omdat de controller voldoende poortpennen ter beschikking heeft, wordt het display in 8-bit-mode gebruikt, hetgeen de complexiteit van de software vermindert. Met potmeter P1 wordt het contrast ingesteld.

Veel software

In de software zijn de data van de volgende codes geïntegreerd:

JAPAN
NEC
RC5
RECS80
SIRCS
DENON
DAEWOO
MOTOROLA

De software meet om te beginnen de eerste 'laag'-toestand aan de uitgang van het ontvanger-IC, om ruwweg te kunnen bekijken welke codes er zoal in aanmerking komen. Bij nagenoeg alle code-formaten verschilt namelijk de lengte van het startbit, hetgeen de decodering vergemakkelijkt. Alle metingen van de pulsbreedte worden uitgevoerd met de interne timer van de microcontroller, die een resolutie van 1 µs



mogelijk maakt bij een klokfrequentie van 6 MHz.
Na het startbit, dat meestal bestaat uit een 'lage' periode gevolgd door een 'hoge' periode van gedefinieerde lengte, beslist de software hoe de andere registers geconfigureerd moeten worden. Dat betreft dan het aantal bits, dat kan variëren van 11 bij RECS80 tot 48 bij Japan-formaat, alsmede de lengte ervan en de toleranties. Ieder nu volgend bit wordt uitgemeten en met de grenswaarden vergeleken.

De software van de microcontroller is ook als broncode (op diskette EPS 010029-11 of via www.elektuur.nl) beschikbaar. Bij modificaties of eigen ontwikkelingen dient men er mee rekening te houden dat de pulslengte afhankelijk van de sterkte van het IR-signaal behoorlijk kan variëren en de software deze toleranties moet kunnen opvangen. Een praktisch voorbeeld van de toegestane toleranties van het in **figuur 4** afgebeelde signaal toont onderstaande tabel (NEC-code van Harman-Kardon of Yamaha):

1ste laag-periode:	8700...9200 µs
1ste hoog-periode:	4352...4607 µs
volgende laag-perioden:	0-bit: 400...767 µs
pauzes tussen laag-perioden:	1-bit: >767 ms

De ietwat 'kromme' waarden komen vaak overeen met de high-byte-tellerstand van de 16-bits teller en kunnen in hexadecimale berekeningen gemakkelijk worden verwerkt. Door de grote toleranties hoeft geen rekening meer te worden gehouden met de low-byte-tellerstand.

Opbouw

Omdat de schakeling naast de microcontroller, IR-ontvanger en de aansluiting voor het LCD nauwelijks onderdelen bevat, zal het opbouwen van de in **figuur 5** afgebeelde print ook betrekkelijk onervaren elektronici geen buikpijn bezorgen. Voor IC2 werd in het proefmodel de SFH505A van Infineon toegepast. Met de afwijkende aansluitingen van andere typen is op de print al rekening gehouden.
Het LC-display wordt via een stukje 14-aderige flatcable aangesloten op K1. De in de onderdelenlijst vermelde typen passen 1:1; bij andere displays kunnen de aansluitingen afwijken en moet de verbindingskabel mogelijk anders bedraad worden.
Na een korte test wordt het geheel samen met een 9-V-batterij in een passende behuizing ondergebracht. Het voorgestelde Heddic-type is van doorzichtig kunststof, zodat er maar twee gaatjes hoeven te worden geboord (een voor de aan/uit-schakelaar en een voor drukknop S1).

(010029)

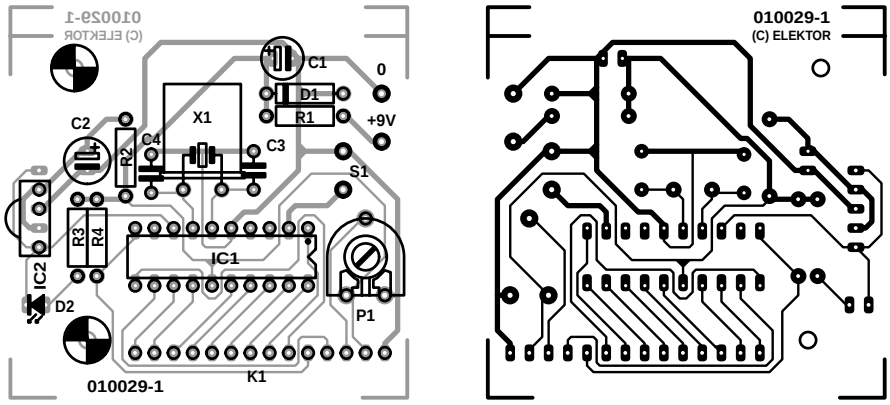
Onderdelenlijst

Weerstanden:
R1,R2 = 220 Ω
R3 = 1k2
R4 = 100 k
P1 = 10 k instel

Condensatoren:
C1 = 10 µ/16 V radiaal
C2 = 100 µ/16 V radiaal
C3,C4 = 15 p

Halfgeleiders:
D1 = zener 5V1/1 W
D2 = high-efficiency-LED rood
IC1 = 87LPC764 geprogrammeerd (bestelnr. EPS 010029-41 - zie Service-pagina's)
IC2 = SFH505A (TSOP1736, SFH5110-36), PIC26043SM, IC1U60, TFMS5360)

Diversen:
K1 = 14-polige flatcable-connector (of 14 soldeerpennen)
S1 = drukknop (met maakcontact)
X1 = 6-MHz-kristal
puntmatrix-display met 1x16 karakters, bijv. MCC161A1-4, MCC161A2-3(Truly), LM161556 (Sharp)
9-V-batterij met clip
behuizing: bijv. Heddic 222
aan/uit-schakelaar



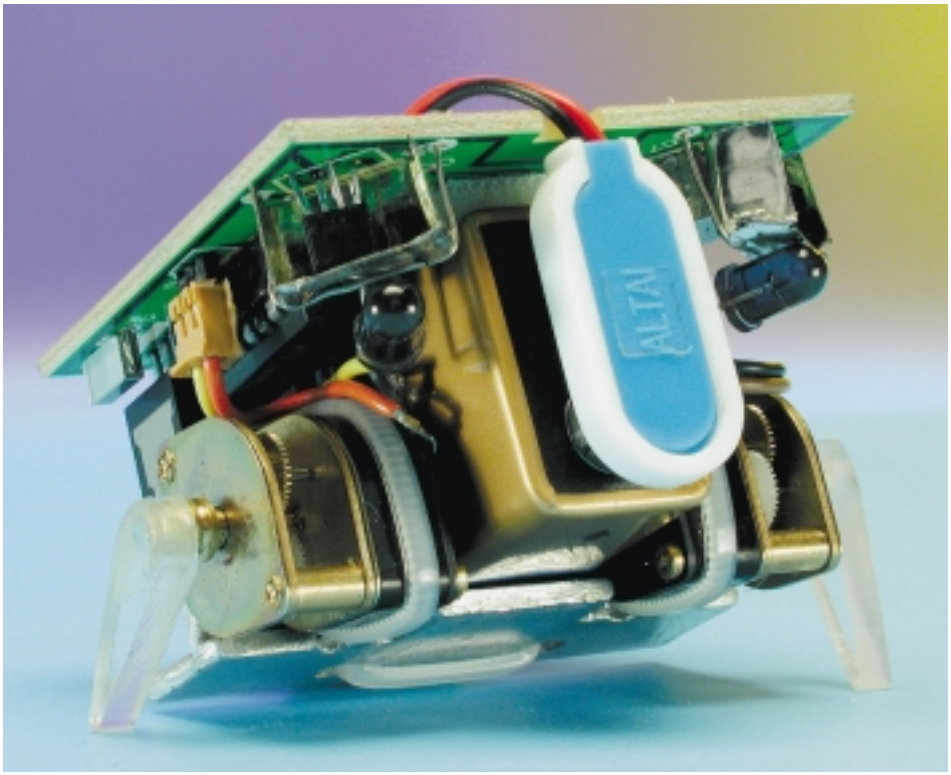
Figuur 5. Kristal X1 komt vlak op de print te liggen. Het LCD wordt aangesloten op K1.

Wobbel

Een robot die niet rijdt, niet loopt, maar ‘wobbelt’!

Abraham Vreugdenhil

Alleen al door zijn eigenwijze manier van bewegen is deze mini-robot een opvallende verschijning. Hij is uiterst simpel van opzet, want veel meer dan een processor, twee sensoren en twee motortjes zit er niet in. Niettemin is hij zeer behendig in het ontwijken van objecten - zodra hij er een ‘ziet’, maakt hij een uitwijkmanoeuvre en gaat er vandoor op zijn twee grappige draaipootjes.

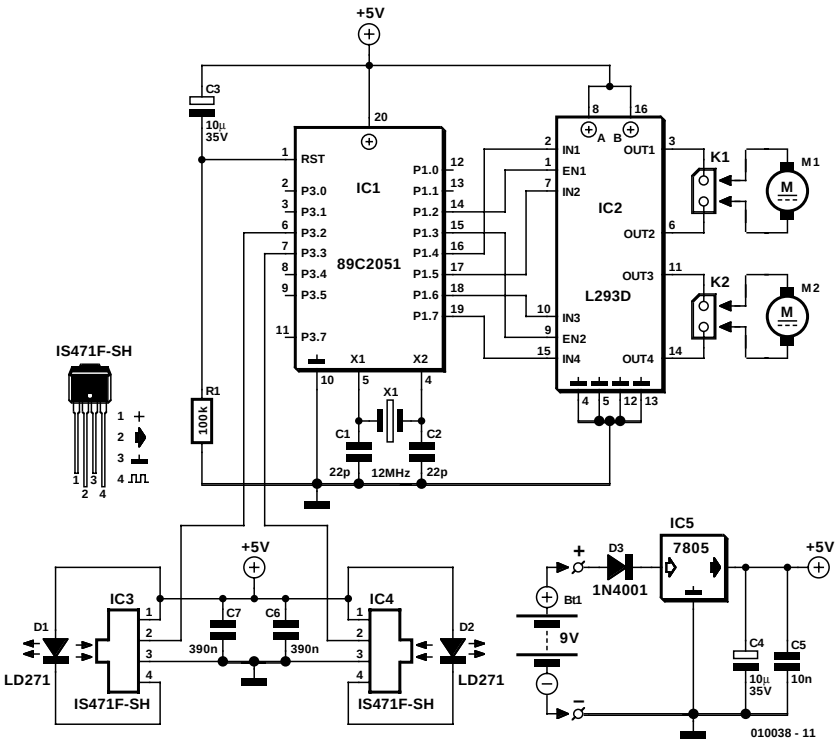


Het opvallendste detail aan dit robotje is ongetwijfeld zijn unieke manier van voortbewegen. Hij bezit namelijk geen wielen, maar twee als een soort peddel fungerende nokken die door een koppel minimotorjes worden aangedreven. Die nokken zijn zo bemeten dat ze net even onder de bodem uitsteken, zodat het beestje zich telkens even afzet en vooruit ‘wobbelt’ als de nok de grond raakt.
Eigenlijk vormde dat unieke onderstel ook de aanleiding tot de ‘geboorte’ van Wobbel. Het idee kwam op een gegeven moment bovendrijven en het was vervolgens gewoon een sport om te kijken of deze manier van voortbewegen in de praktijk zou werken. De rest was er daarna snel bij gemaakt: twee IR-sensors voor de waarneming (C3, IC4), twee stuurtrappen voor de motortjes (IC2) en als ‘brein’ een simpele processor (Atmel 89C2051) met een stukje software.
In uitgewerkte vorm meet het robotje ongeveer 5 x 5 x 3,5 cm en het schema van **figuur 1** laat zien hoe weinig het allemaal voorstelt in elektronisch opzicht. Bijkomend voordeel van deze simpele opzet is dat Wobbel vrij betaalbaar is; afgezien van de print zal de zelfbouwer niet meer dan een dikke honderd gulden aan onderdelen kwijt zijn.

Gedrag

Het beoogde gedrag van Wobbel was dat hij zich vrij in zijn leefomgeving moest kunnen bewegen en obstakels moest kunnen ontwijken. Zijn leefomgeving wordt gevormd door een afgebakend terrein van willekeurige grootte, omsloten door een rand van zo’n 5 cm hoogte.
Onze mini-robot reageert niet op licht of donker; zijn aspiraties gaan niet verder dan het op ontspannen

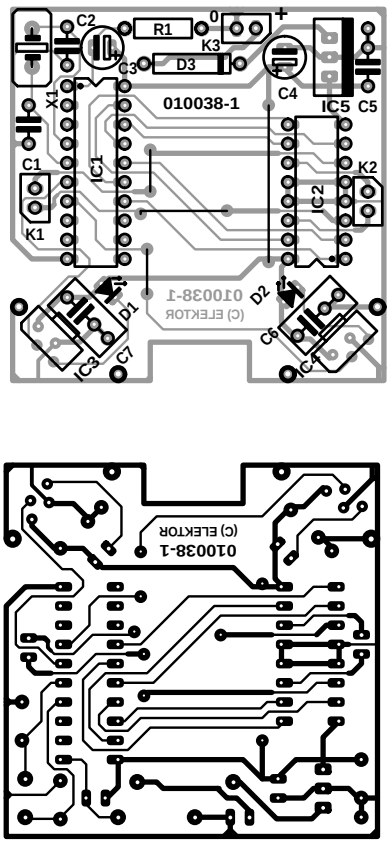
wijze over zijn terrein kuieren ('wobbelen'), maar daarbij wel oog te houden voor eventuele vaste of bewegende objecten. Zodra die binnen zijn ongeveer 10 cm metende gezichtsveld verschijnen, onderneemt hij actie om ze te ontwijken.
Als 'ogen' fungeren twee infrarode detectiesensoren van het type IS471F (IC3, IC4). Dit is geen gewone lichtgevoelige opnemer, maar een slim IC'tje dat een modulator, demodulator, oscillator en spanningsregelaar bevat. De sensor zendt een infrarood pulstreintje uit via een externe infrarood-LED (D1, D2) en kijkt vervolgens of dat pulstreintje gereflecteerd wordt door een object. Wanneer dat het geval is, wordt de uitgang van de sensor 'laag'.
Het grote voordeel van deze LED/sensor-combinatie is dat er uitsluitend op het uitgezonden pulstreintje wordt gereageerd en dus geen hinder wordt ondervonden van omgevingslicht. Problemen zouden pas kunnen ontstaan als er onverhoopt twee Wobbels tegenover elkaar komen te staan. Maar zelfs dat zou met een kleine aanpassing van de software eventueel te verhelpen zijn.
Omdat Wobbel voor- en achteruit moet kunnen bewegen, dienen de motoren (M1, M2) zowel links- als rechtsom te kunnen draaien. Dat vraagt om een ompoolinrichting van de gelijkstroommotoren in de vorm van een H-brug. Deze kan disceet worden opgebouwd, maar er bestaan tegenwoordig ook kant-en-klare bouwstenen voor. Het hier toegepaste IC L293D bevat twee H-bruggen, compleet met ingebouwde blusdioden; let goed op de toevoeging 'D', want in de gewone L293 zijn de dioden niet aanwezig.
Voor M1 en M2 zijn miniatuur gelijkstroommotoren gebruikt met aangebouwde vertragingskast. De werkspanning bedraagt 3...6 V en het toerental 22...44 omw./min. Verdere gegevens zijn te vinden in de onderdelenlijst. Er mogen natuurlijk ook andere motortjes met vergelijkbare specificaties worden gebruikt.
Als centrale verwerkingseenheid is de keuze gevallen op een 89C2051 van Atmel (IC1). De daarin aanwezige flash-EPROM biedt meer dan voldoende ruimte voor een simpel programma. De processor biedt verder het voordeel dat hij goed verkrijgbaar en goedkoop te programmeren is. Bovendien is er gratis een BASIC-compiler beschikbaar, die bestanden tot 1 K kan maken. De bewuste compiler draagt de naam 'BASCOMLT' en de programmer is de 'BlowIT'. Meer informatie hierover is te vinden op de website *www.mcselec.com* van de firma MCS Electronics te Zaandam, die de compiler heeft ontwikkeld.



Figuur 1. De elektronica bestaat uit weinig meer dan een processor, een motorsturing en twee detectie-sensoren.

Constructie

De voor de robot benodigde elektronica is zo bescheiden van omvang dat de print (**figuur 2**) plezierig compact kon blijven. Zoals te zien, is in het midden van de print ruimte uitgespaard voor de 9-V-batterij. Voor het aansluiten van de beide motortjes en de batterij zijn kleine SIL-connectors op de print geplaatst. Om de richtwerking van de sensors te vergroten, werden deze bij het prototype voorzien van provisorische afschermingen, bestaande uit een paar aan elkaar gesoldeerde stukjes blik (als de sensor het licht van de LED steeds ziet, zal hij vals alarm geven). **Figuur 3** toont de compleet opgebouwde print.
De titelfoto bij dit artikel illustreert dat het proefmodel op zo ongeveer de simpelst denkbare manier is opgebouwd. De mini-motortjes zijn met bindstrips gemonteerd op een als chassis fungerend stukje aluminium T-profiel, dat met wat vijl- en boorwerk pasklaar werd gemaakt. Midden tussen de motortjes is (eveneens met een bindstrip) de batterij op het T-profiel bevestigd. De batterij fungeert op zijn beurt als dragend element voor de print; voor de verbinding tussen beide zorgen twee stukjes klittenband.
De 'poten' of 'peddels' of 'nokken' of hoe ze ook het beste genoemd kunnen worden, zijn bij het prototype gemaakt van plexiglas. Als in de onderkant een passend gaatje wordt geboord, kunnen ze met een heel klein druppeltje lijm op de motor-as worden vastgezet. De lengte van de peddels moet proefondervindelijk worden bepaald en luistert best nauw. Zijn ze te lang, dan kantelt Wobbel tijdens het bewegen te ver voorover; op dat moment gaat hij de grond als obstakel zien, zodat hij voortdurend naar achteren zal 'peddelen'. Dat is saai en niet de bedoeling. Zijn de pootjes te kort, dan reageert hij wel zoals het hoort, alleen kan hij zich dan onvoldoende afzetten en beweegt hij erg langzaam. In ons proefmodel bedroeg de lengte van de peddels gemeten van het hart van de as tot aan het uiteinde 18 mm.
Al met al is de hele mechanische constructie



Figuur 2. Print en componentenopstelling voor de elektronica van Wobbel.

zo simpel dat een avondje knutselen moet volstaan om de robot aan het wobbelen te krijgen.

Software

Het voor Wobbel ontworpen besturingsprogramma dat standaard in IC1 is opgeslagen, is slechts 312 bytes groot. Het is even simpel als logisch van opzet.

– Bij het inschakelen wordt de robot geïnstrueerd om ongeveer 5 seconden vooruit te bewegen. Mocht een van de motoren in eerste instantie achteruit draaien, dan moet de desbetreffende connector omgedraaid worden.
– Vervolgens wordt er naar de sensoren gekeken. Wanneer een van de sensoren een obstakel waarneemt, dan gaat Wobbel eerst 5 seconden achteruit en maakt aansluitend een ontwijkende draai van 3 seconden.
– Daarna gaat hij weer vooruit en controleert dan opnieuw de sensoren. Tijdens het achteruit bewegen en de ontwijkmanoeuvre worden de sensoren namelijk even genegeerd, omdat dit niet zo veel zin heeft.
– Nemen *beide* sensoren tegelijk een obstakel waar, als hij bijvoorbeeld na een ontwijkmanoeuvre vlak voor een muur terecht komt, dan gaat hij 3 seconden achteruit en draait vervolgens 4 seconden om zijn as.

Hoewel er slechts een paar eenvoudige regels gehanteerd worden, zit het programma niettemin zo in elkaar dat het lijkt alsof Wobbel in elke situatie heel slim met zijn omgeving omgaat.
Mocht men het gedrag willen veranderen, dan kan het programma gemakkelijk worden aangepast. Naast de geprogrammeerde controller is daartoe ook een diskette met programma en source-code leverbaar (ook op www.elektuur.nl beschikbaar). Omdat de hardware supereenvoudig is, zijn er al met relatief kleine modificaties in de software leuke effecten te bereiken. Om Wobbel nog wat 'intelligenter' te doen lijken, zou men hem bijvoorbeeld na een willekeurige tijd een bochtje kunnen laten maken. Enthousiaste knutselaars zullen ongetwijfeld tal van andere programmavarianten weten te bedenken na een poosje experimenteren.

(010038)

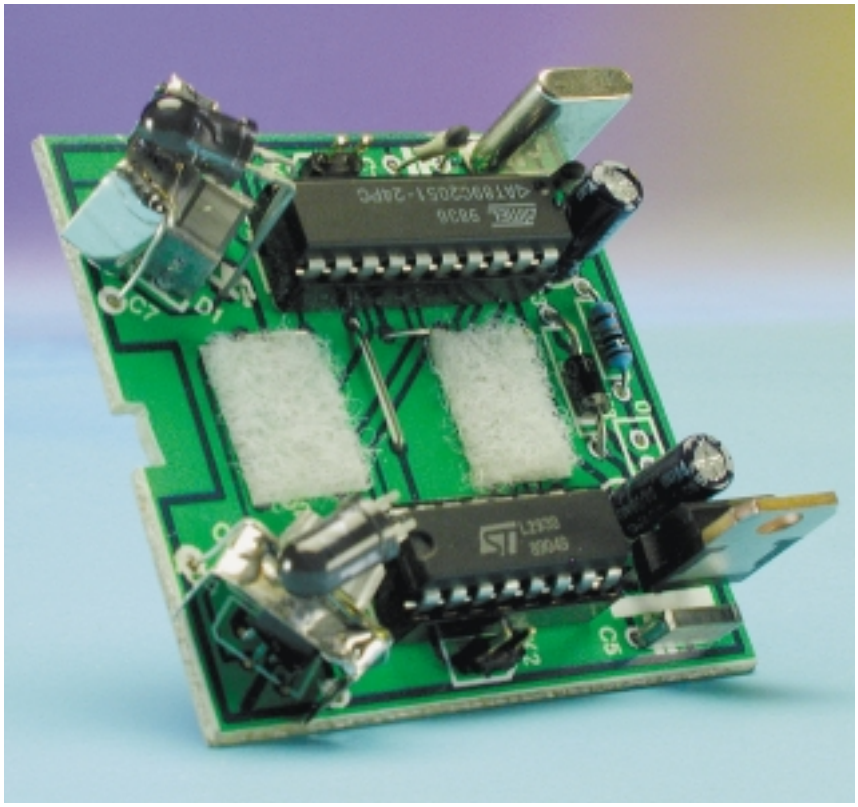
Onderdelenlijst

Weerstanden:
R1 = 100 k

Condensatoren:
C1,C2 = 22 p
C3,C4 = 10 µ/35 V
C5 = 10 n
C6,C7 = 390 n

Halfgeleiders:
D1,D2 = LD271 of andere IR-diode
D3 = 1N4001
IC1 = 89C2051 (geprogrammeerd, EPS-bestelnr. 010038-41)
IC2 = L293D
IC3,IC4 = IS471F-SH
IC5 = 7805

Diversen:
X1 = kristal 12 MHz
Bt1 = 9-V-batterij
M1,M2 = minimotor met vertraging 3...6 V, 22...44 omw./min.(Conrad bestelnr. 242543-50)
K1,K2 = 2-polige SIL-header met steker
print: EPS 010038-1 (zie servicepagina's)
diskette met software + source-code: EPS 010038-11



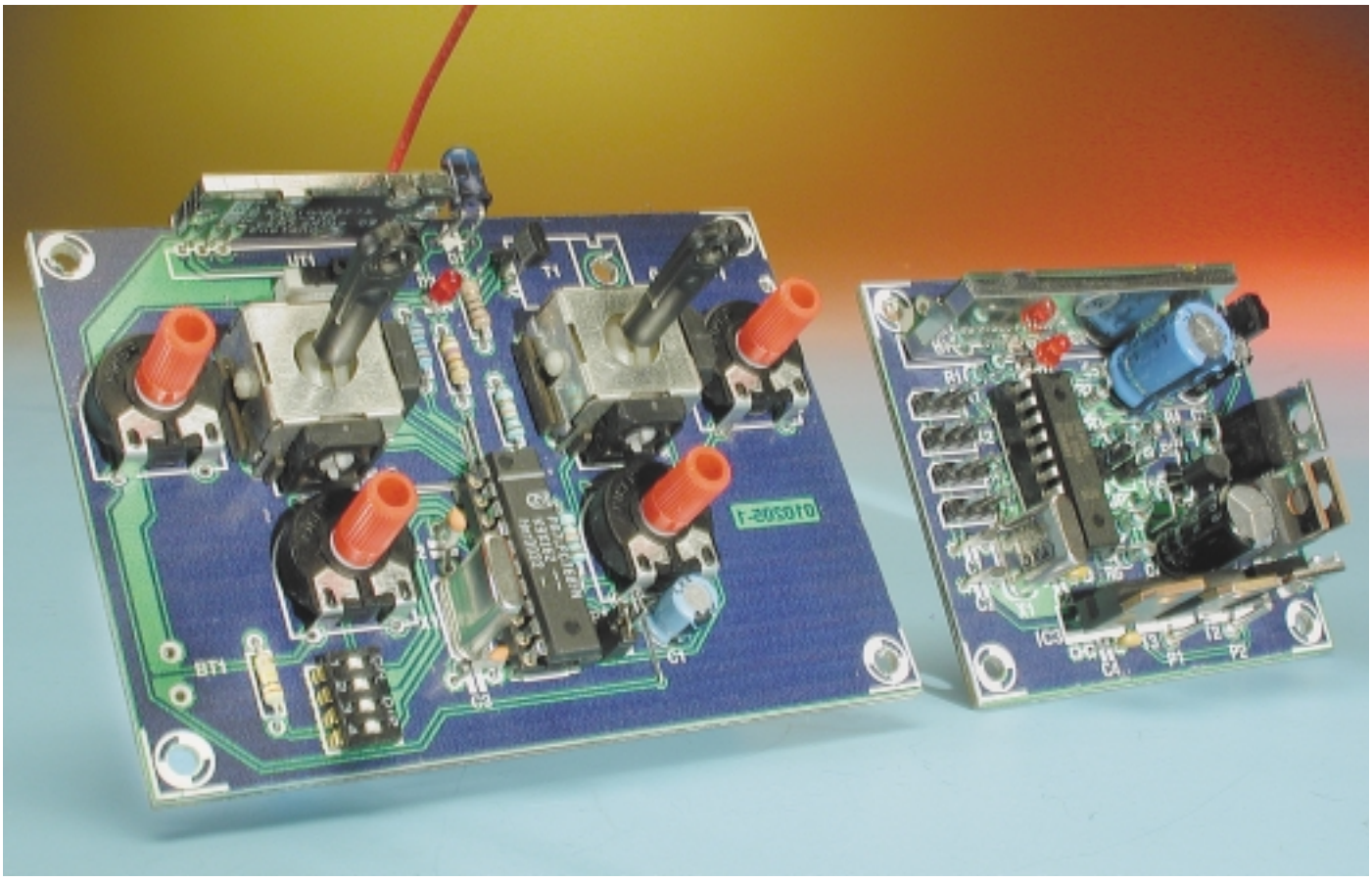
Figuur 3. Het opbouwen van de print is niet echt iets om tegenop te zien.

Miniatuur PCM-afstandsbesturing

Deel 1: zenden op 433 MHz en 950 nm

Deze afstandsbesturing zou wel eens de wens van vele modelbouwers kunnen vervullen: een echt kleine proportionele besturing die veelzijdig te gebruiken is zonder dat dure extra's nodig zijn. De gebruiker kan zelf een overdrachtsmedium kiezen: een tweedraadsverbinding, radiografisch of infrarood licht.

Deze afstandsbesturing is ook door minder ervaren elektronica-hobbyisten te bouwen, omdat gebruik wordt gemaakt van kant-en-klare, afgeregelde HF-modules en doordat dat de schakelingen zelf zo eenvoudig van opzet zijn. Door de toepassing van microcontrollers in de zender en de ontvanger kunnen de gebruikelijke timers, schuifregisters en klokgeneratoren vervallen, waardoor de kosten laag zijn en de elektronica ook gering van omvang is.

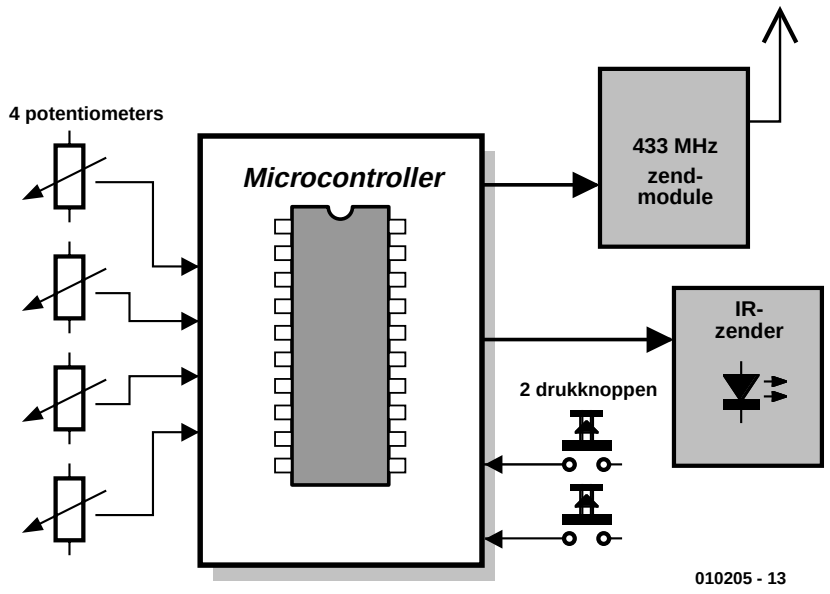


Eigenschappen afstandsbesturing

– Miniatuur uitvoering
– Eenvoudig te bouwen zonder afregeling
– 6 kanalen, 4 analoge en 2 digitale
– Schakeluitgangen met 5 A belastbaar
– Aansluiting voor vier normale RC-servo's
– Trimfuncties voor 4 kanalen
– Klein, licht en handzaam
– Naar keuze infrarood of radiografische overdracht
– Gebruiksafhankelijke stroomspaarfunctie
– Normale 433-MHz-componenten
– Spanningsbewaking bij zender en ontvanger
– Ingebouwde snelheidsregelaar in de ontvanger
– Ingebouwde softstart-schakelaar in de ontvanger
– Snelheidsregelaar en softstart-schakelaar met 15 A belastbaar
– BEC-functie door ingebouwde spanningsregelaar
– Servo Reverse (omkeren draairichting) voor alle servo's
– Voedingsspanning: zender 3,3...4,8 V (3x penlite of 4x NiCd-accu), ontvanger 5 V via spanningsregelaar

Door de wat kleinere reikwijdte is deze afstandsbesturing vooral bedoeld voor de modelautosport, omdat de basisuitvoering al een snelheidsregelaar bevat. Door de mogelijkheid om infrarood licht als overdrachtsmedium te gebruiken, krijgt de modelbouwer een proportionele besturing in handen die voor wat betreft prijs/prestatieverhouding onverslaanbaar is.

Voor bijvoorbeeld de bediening van bewakingscamera's kan worden volstaan met een fysieke verbinding zoals een tweedraadsleiding, waarmee de camera dan volledig kan worden bestuurd.
Deze afstandsbesturing is een goed voorbeeld van een systeem waarvoor niet eens lang geleden veel elektronica nodig zou zijn geweest. En, als daar behoeft aan bestaat, kan dit concept probleemloos worden uitgebreid met extra functies in de zender zoals programmering d.m.v. toetsen en een LC-display voor programmering via menu's. Het nog vrije ROM-geheugen en de nog ongebruikte pennen van de microcontroller wachten als het ware op enthousiaste programmeurs.



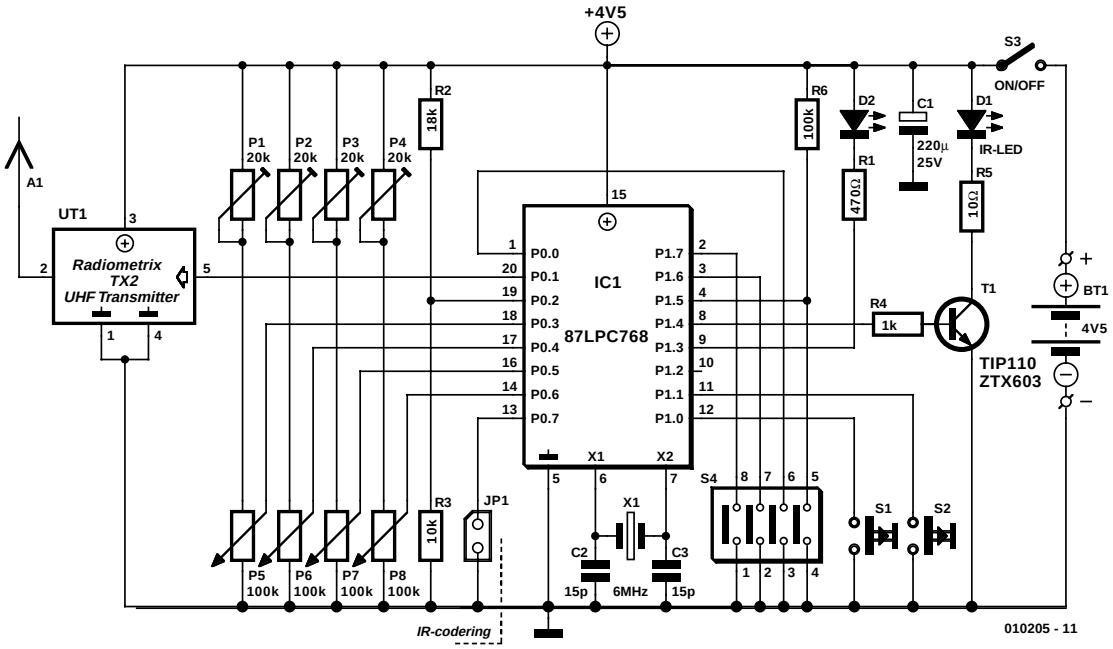
Figuur 1. Blokschema van de zender.

Opbouw van de zender

Centraal in het blokschema van de zender (**figuur 1**) staat de microcontroller die voor de hele gang van zaken zorgt. De controller digitaliseert de spanningen van de potentiometers, leest de schakelaars uit en genereert het zendsignaal volgens het gekozen protocol. Dit signaal wordt dan naar keuze radiografisch of via infrarood licht verzonden. Het staat de gebruiker zelfs vrij om beide opties te installeren; een logische keuze, omdat de transistor-driver en de IR-zenddiode weinig kosten. Tijdens de initialisatie leest de microcontroller een jumper uit en weet dan het soort overdracht. Bij IR-transmissie wordt de overdrachtssnelheid verminderd om de batterij te sparen, de bits van het PCM-signaal worden met een 36 kHz draaggolf gemoduleerd. Dit modulatietype wordt bij afstandbedieningen van amusementselektronica vaak gebruikt omdat het zo'n betrouwbare verbinding geeft. De schakeling van de zender is in **figuur 2** te zien. Weliswaar zijn de onderdelen relatief goedkoop en tamelijk goed verkrijgbaar, maar sommige ervan zijn toch bepaald niet alledaags. Laten we ze eens wat beter bekijken.

Kruisknuppels
De besturing moet klein, goedkoop en nabouwzeker zijn. Verder moet hij, waar nodig, voldoen aan de standaarden die door fabrikanten van RC-apparatuur, zoals Graupner, Multiplex, Futaba enz., worden gebruikt. Een eerste hindernis vormt de aanschaf van betaalbare kruisknuppels waarmee een proportioneel stuursignaal kan worden verkregen. De firma CTS uit de VS levert miniatuur kruisknuppels met neutraalstelling en weinig speling (**figuur 3**). De belangrijkste gegevens ervan zijn:

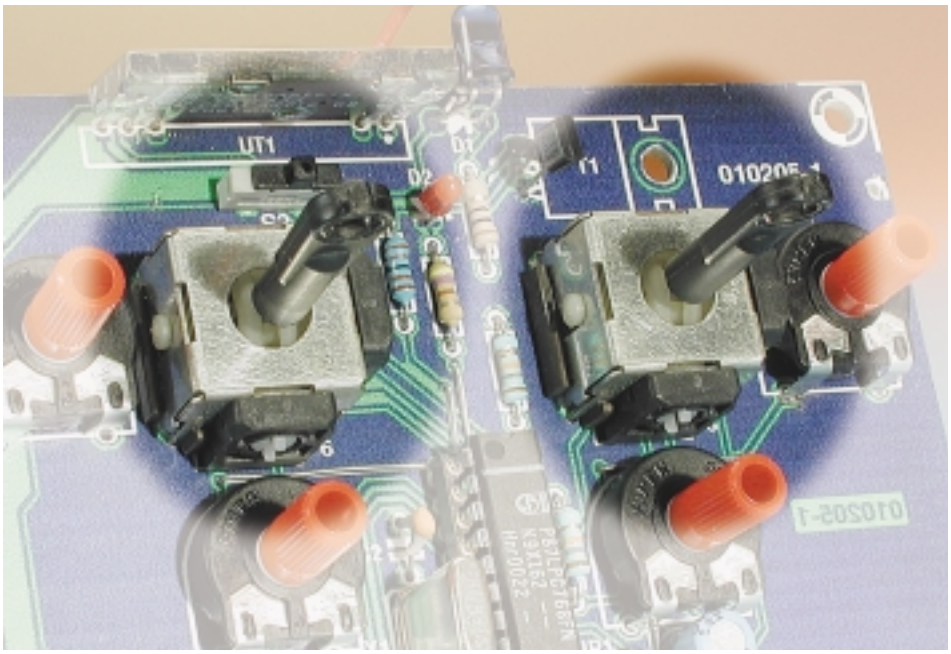
– 1 miljoen bewegingscycli
– Robuust metalen huis
– 2 potentiometers
– Potentiometerweerstand naar keuze tussen 10 en 150 kΩ
– Weerstandstolerantie naar keuze 10...30%
– Met of zonder interne schakelaar verkrijgbaar
– Overgangsweerstand van de schakelaar maximaal 0,1 Ω
– Schakelstroom 50 mA bij 12 V
– Levensduur 100.000 schakelcycli



Figuur 2. Volledig schema van de zender.

Jammer is wel dat maximale knuppeluitslag door het ronde gat in het huis wordt begrensd. Het is daardoor niet mogelijk om beide assen gelijktijdig hun maximale uitslag te geven. Voor een beetje handige modelbouwer hoeft dit echter geen bezwaar te zijn. Met een vijl of een freesje kan de ronding gemakkelijk worden aangepast. De knuppels zelf zijn wat te kort voor een goede 'feeling'. In ons prototype zijn ze verlengd met de kunststof delen van kogelgewrichten, die iets zijn opgeboord.

Als alternatief kunnen natuurlijk ook gewone ronde of lineaire potmeters worden gebruikt. In combinatie met machines of robots kan dat zelfs handiger zijn. Zoals gebruikelijk bij moderne besturingen zijn in serie met de potmeters in de kruisknuppels trimpotmeters geschakeld, waarmee de servo's van de ontvanger nauwkeurig kunnen worden ingesteld.



Figuur 3. De miniatuur kruisknuppels van CTS.

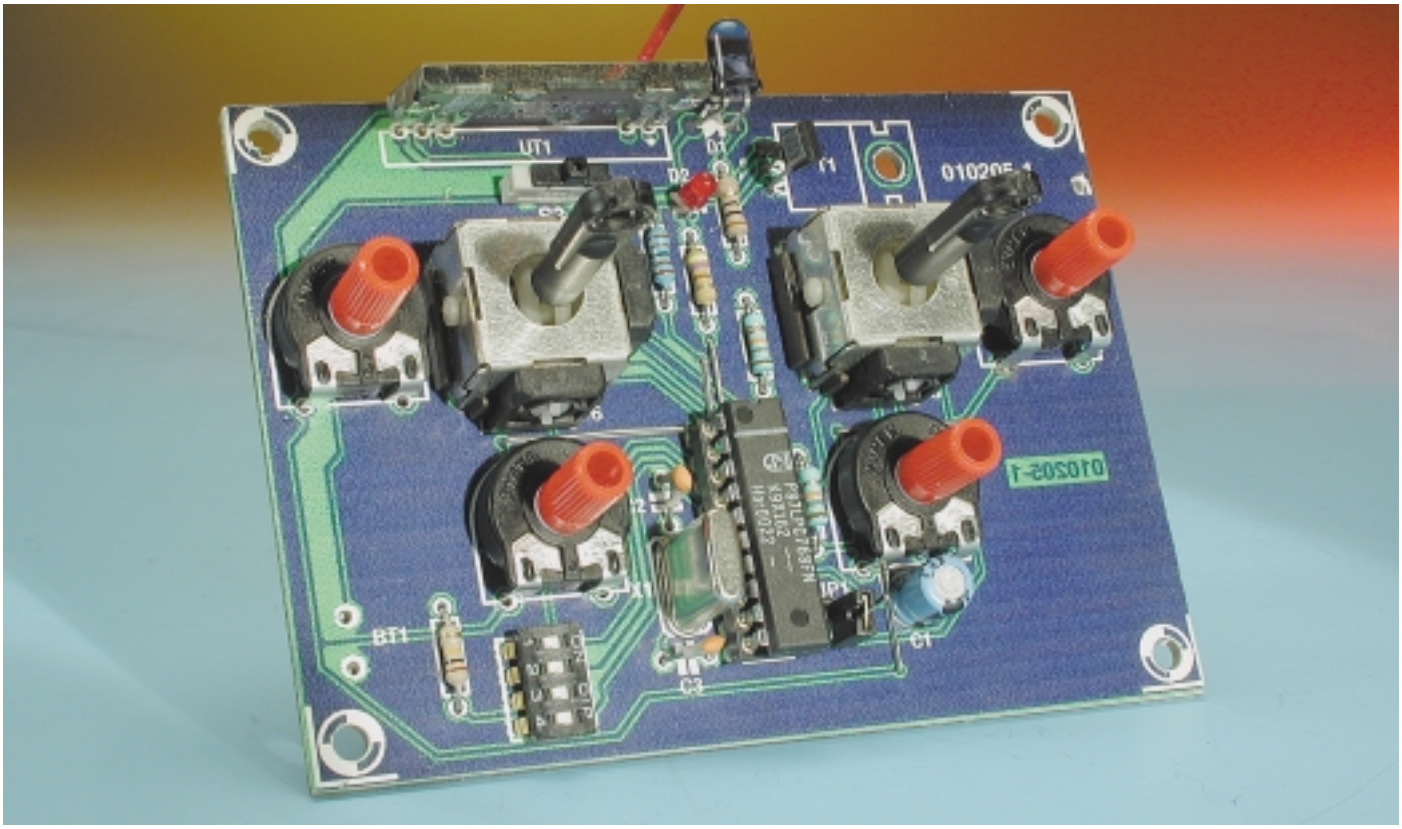
Microcontroller

Centraal in de zender staat de microcontroller 87LPC768. Met zijn analoog/digitaal-omzetter met vier ingangen leest hij de potentiometerstanden uit als digitale waarde en de druktoetsen als bit. Deze vormen de basis voor het PCM-signaal. Dit signaal wordt dan gebruikt om de HF-module respectievelijk de infrarood-zender te moduleren. De microcontroller is afgeleid van de bekende 8051-architectuur en het is daardoor eenvoudig om er programma's voor te maken. Veel ontwikkelgereedschap is goedkoop of zelfs als shareware verkrijgbaar.

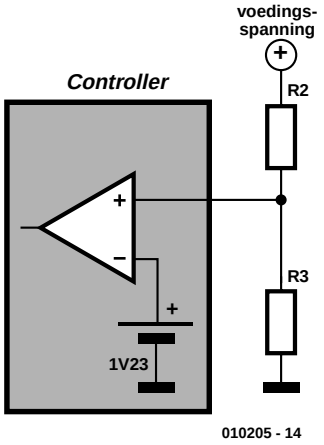
De 87LPC768 is een goedkope microcontroller van Philips. Vanwege de hoeveelheid berekeningen wordt de controller met 6 MHz geklokt. De cyclustijd bedraagt dan 1 µs.

De belangrijkste gegevens van de controller zijn:

– 4 Kbyte ROM
– 128 byte RAM
– 32 byte customer code EEPROM
– 2,7...6 V voedingsspanning
– Twee 16-bits timers/counters
– 4-kanaals pulsbreedtemodulator (PWM) met 10 bits



– 4-kanaals A/D-omzetter, 8 bits resolutie, conversietijd 9,3 µs bij 20 MHz klok
– Geïntegreerde reset
– Optionele interne RC-oscillator
– 20 mA source- en sink-stroom op alle poortpennen
– Maximaal 18 I/O-pennen, als interne reset en interne RC-oscillator worden gebruikt
– 2 analoge comparators
– I^2C-interface
– Full-duplex UART



Figuur 4. De comparator in de controller, met de externe weerstanden.

– Seriële in-circuit programmeermogelijkheid

HF-module

De laatste jaren is er een grote hoeveelheid aan zend- en ontvangapparatuur voor de 433-MHz-band op de markt verschenen. Sommige fabrikanten bieden behalve complete apparaten ook kleine zend- en ontvangmodulen aan, die in eigen toepassingen kunnen worden gebruikt. Het grote voordeel van deze modulen is dat ze zijn afgeregeld en wettelijk zijn goedgekeurd. Dat laatste is tegenwoordig met zelfgebouwde zenders en ontvangers op bijv. de 27-MHz-band niet meer het geval.
Voor de HF-overdracht maken we gebruik van een systeem van de firma Radiometrix.
De zender heeft o.a. de volgende eigenschappen:

Zender TX2

– Zendersignaal 433 MHz, +9 dBm
– FM-modulatie
– Maximale overdrachtssnelheid 40 Kb/s
– Voedingsspanning 4,0...6,0 V
– Opgenomen stroom 6 mA

De zendmodule heeft vijf (soldeer)pennen die direct in de schakeling worden gesoldeerd of gestoken. Na inschakeling van de spanning werkt de module meteen en zendt dan op 433 MHz (als de modulatiepen hoog is).
Als alternatief kan de zendmodule HFS300 van het Duitse elektronica-postorderbedrijf ELV worden gebruikt. Het heeft een printbaan-antenne, maar de penbezetting is anders en het past daarom niet direct op de print. Deze module moet daarom met draden worden aangesloten.

Infrarood-zender

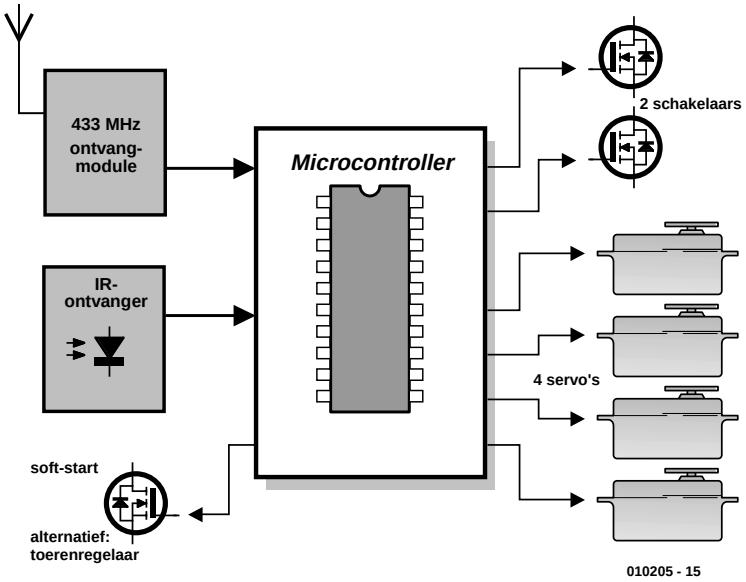
De infrarood-zender bestaat uit darlingtontransistor T1 en zenddiode D1. De transistor heeft een stroomversterkingsfactor van minimaal 2000, kan 1 ampère leveren en is dus bij uitstek geschikt als driver. Als alternatief zijn ook de typen BCX38 of TIP110 (andere aansluitingen!) bruikbaar. Weerstand R5 begrenst de stroom door de diode tot circa 240 mA en bepaalt daarmee de reikwijdte. Deze waarde ligt, om het stroomverbruik te beperken, ver onder het toelaatbare maximum. Zonodig kan de waarde van R5 worden verkleind, waarbij dan wel gecontroleerd moet worden of de dissipatie niet te hoog wordt (bijv. door te voelen of de transistor niet te warm wordt).
De zenddiode type TSU5201 heeft een stralingssterkte van 230 mW/sr bij 950 nm en 1,5 A. De uitstraalhoek bedraagt ±15°. Voor onze

toepassing is deze diode dus heel geschikt, maar in feite is iedere infrarood-LED bruikbaar die een stralingssterkte van meer dan 200 mW/sr heeft bij een golflengte van 950 nm. De stroom door de zenddiode is grofweg als volgt te berekenen:

$$I_{LED} = (U_{BAT} - U_{CESAT} - U_F) / R1$$

waarin:
U_{BAT} = voedingsspanning 4,5 V
U_{CESAT} = circa 0,7 V
U_F = drempelspanning van de IR-diode circa 1,6 V

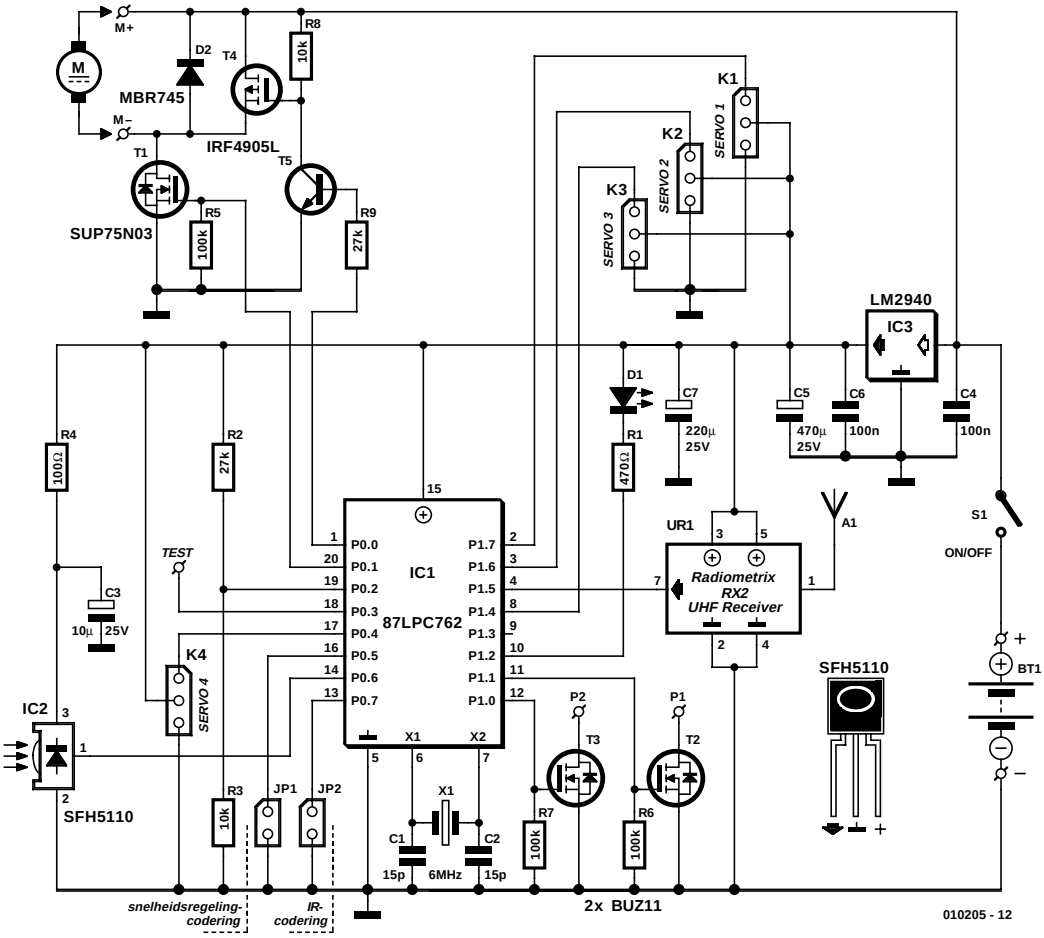
Zeer belangrijk voor de bedrijfszekerheid van een infrarood-zender zijn de batterijen. Het moet sterk worden afgeraden om goedkope kool-zink-batterijen te gebruiken. Deze kunnen de hoge impulsstromen niet leveren. Gebruik daarom uitsluitend alkali-mangaan-batterijen of NiCd-accu's.



Figuur 5. Blokschema van de ontvanger.

Servo Reverse
Om de flexibiliteit van de schakeling te verhogen kan door middel van een 4-voudige DIP-schakelaar de draairichting van de servo's worden omgekeerd.

Bewaken van de voedingsspanning
De A/D-omzetter in de microcontroller is gespecificeerd voor een minimale voedingsspanning van 3 V. Het is daarom nuttig als de gebruiker wordt gewaarschuwd wanneer de spanning te laag dreigt te worden. De LED, die tijdens normaal bedrijf



Figuur 6. Volledig schema van de ontvanger.

door de software continu wordt ingeschakeld, gaat bij een spanning lager dan circa 3,3 V knipperen. Voor de detectie van dit drempelpunt wordt de ingebouwde comparator (**figuur 4**) gebruikt, die enerzijds een referentiespanning van 1,23 V heeft en anderzijds via spanningsdeler R2/R3 met de voedingsspanning is verbonden. De dimensionering van deze weerstanden geschiedt als volgt:

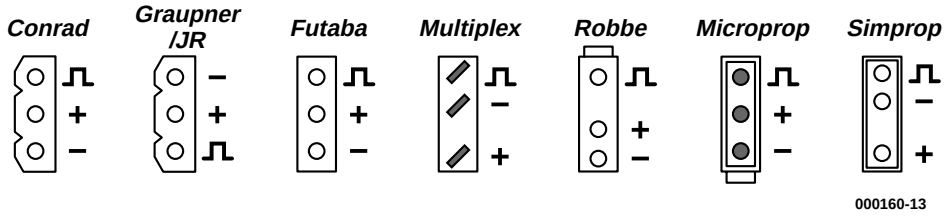
Inwendige referentie = 1,23 V
Voor R3 nemen we 10 kΩ
R2 = 10 kΩ x [(drempelspanning / 1,23 V) - 1]
R2 = 10 kΩ x [(3,3 V / 1,23 V) - 1]
R2 = 16,829 kΩ (we kiezen: 18 kΩ)

De ontvanger

Net als de zender bestaat de ontvanger uit een aantal functionele blokken die, zoals in **figuur 5** goed is te zien, deels uit complete modules. bestaan

Infrarood-ontvanger
Dankzij de populariteit van infrarode afstandsbedieningen is er tegenwoordig een groot aantal IR-ontvanger-IC's die het IR-signaal demoduleren en versterken, en ongevoelig zijn voor elektrische en optische storingen. Zo'n IC heeft vrijwel altijd drie aansluitingen (massa, voedingsspanning en uitgang). De uitgang kan direct met een ingangspoort van de controller worden verbonden. De in dit ontwerp gebruikte miniatuur ontvanger kan afhankelijk van het type voor een frequentiebereik tussen 30 kHz en 56 kHz worden gebruikt. De eigenschappen zijn o.a.:

– Geïntegreerde ontvangdiode en versterker
– Afscherming voor elektrische velden
– Inwendig filter voor de PCM-frequentie
– TTL- en CMOS-compatibel
– Uitgang actief laag
– Laag stroomverbruik
– Onderdrukking van storingen, vals licht (gloeilampen of zon), ongemoduleerde frequenties van 36 kHz of andere frequenties en TL-licht.

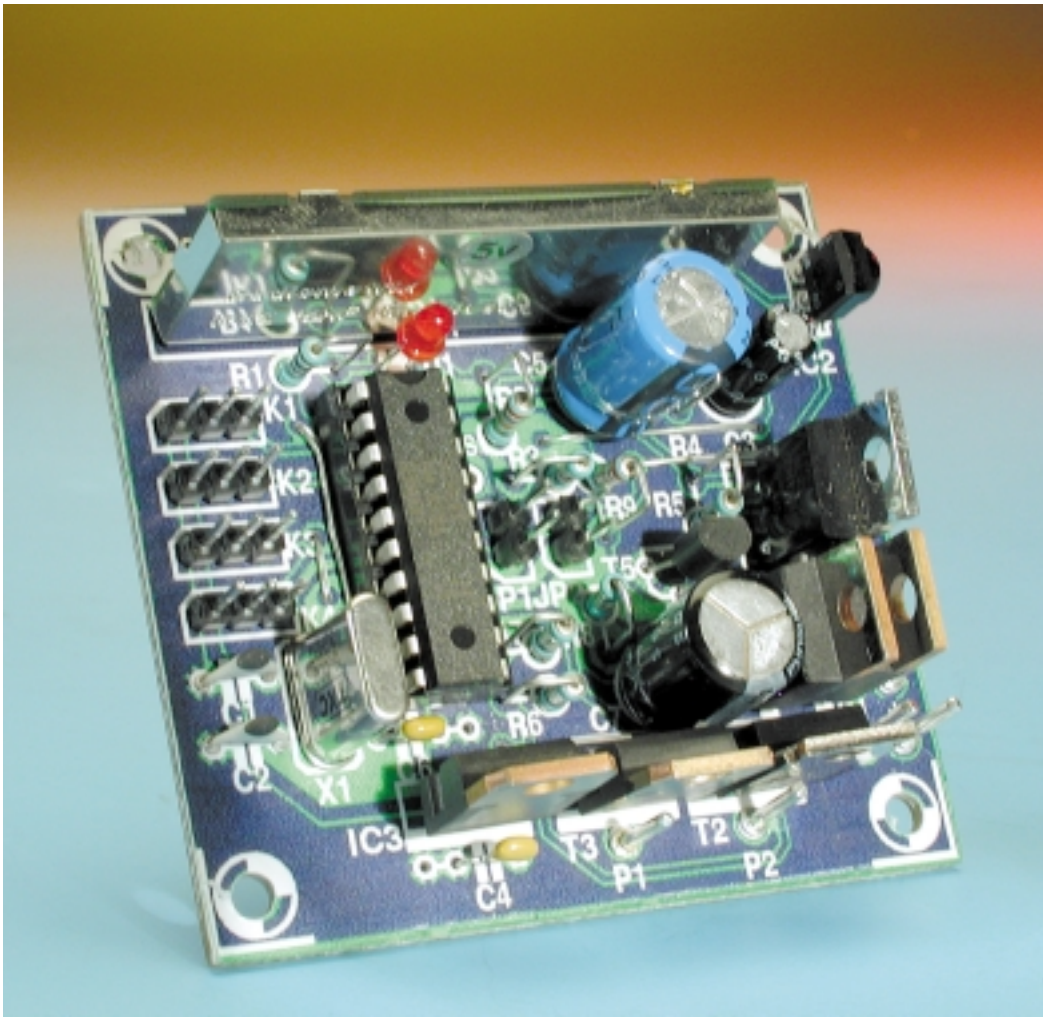


Figuur 7. Aansluitgegevens van servo's van enkele fabrikanten.

HF-ontvanger voor 433 MHz
De tegenhanger van de HF-zendmodule is de ontvangmodule RX2, natuurlijk ook van Radiometrix. Ze wordt gekenmerkt door een laag stroomverbruik van circa 13 mA en een gering gewicht. Een niet te onderschatten voordeel is de korte ontvangantenne van slechts 15,5 cm. De technische gegevens in 't kort:

– Ontvangstfrequentie 433,92 MHz
– Ontvangstprincipe dubbelsuper
– Gevoeligheid -107 dBm
– Voedingsspanning 3...6 V
– Stroomopname 14 mA
– Digitale uitgang

Direct na het aansluiten van de voedingsspanning is de module klaar voor gebruik. Wel moet men er rekening mee houden dat het uitgangssignaal bij uitgeschakelde zender enorm gestoord is.
Net als bij de zender is ook bij de ontvanger gebruik van een alternatieve ontvangmodule mogelijk en wel de 433-MHz module HFS301-45 van ELV. Deze wordt gekenmerkt door een laag stroomverbruik en een zeer gering



gewicht. Een voordeel is ook dat de antenne hier weer als printspoor op de print is geïntegreerd. Om de module aan te sluiten zijn aan één zijde van de print vertinde vlakjes opgenomen. De verbinding kan worden gesoldeerd of als stekerverbinding worden uitgevoerd. De modulen van Radiometrix en ELV zijn niet door elkaar te gebruiken omdat de modulatie verschilt.

Microcontroller

Ook in de ontvanger is het centrale element een microcontroller (**figuur 6**) die de ontvangen gegevens in analoge stuursignalen voor de servo's omzet, respectievelijk in schakelsignalen voor de digitale uitgangen.
De in de ontvanger gebruikte microcontroller is een uitgeklede versie van de 87LPC768; hij heeft geen A/D-omzetter, geen PWM-blok en het ROM-geheugen is 2 Kbyte groot in plaats van 4 Kbyte. De microcontroller in de ontvanger wordt ook met 6 MHz geklokt om alle handelingen snel genoeg te kunnen uitvoeren.

Servosturing

De in de RC-modelbouw gebruikte servo's worden met positieve impulsen gestuurd waarvan de lengte kan variëren van 0,8...2,3 ms; dit verschilt enigszins per fabrikant. De lengte (tijdsduur) bepaalt de stand van de uitgaande as. Een servo staat neutraal (in het midden) bij een pulslengte van 1,5 ms. De impulsen worden iedere 20 ms uitgezonden. Uit de ontvangen 8-bits waarde (zie deel 2) wordt het signaal voor de servo's berekend volgens de formule:
Servowaarde in µs = A/D-waarde x 5 + 900.
Het uitgangssignaal wordt door de inwendige timer van de controller opgewekt, waarbij de vier uitgangen na elkaar worden aangestuurd om ongewenste belastingspieken op de voeding te voorkomen. Voor voldoende sturing van de servo-ingangen zijn de controller-uitgangen als push-pull-trappen geconfigureerd. Aansluitgegevens van servo's van diverse fabrikanten staan in **figuur 7**. Op de headers van de print kunnen servo's van Graupner, Conrad en Futaba direct worden aangesloten.

Softstart-schakelaar/snelheidsregelaar

Elektromotoren en vertragingen gaan langer mee als ze niet plotsklaps het volle vermogen krijgen toegevoerd. Parallel aan schakeluitgang P1.0, die wordt geactiveerd door op de zender de toets bij de linkerknuppel in te drukken, wordt door uitgang P0.1 via een MOSFET een aangesloten elektromotor ingeschakeld. Als pen P0.5 open is, wordt gebruik gemaakt van een softstart-schakelaar voor de sturing van de motor. De uitgang wordt dan met een PWM-signaal gestuurd waarvan de werkslag in ongeveer 1 seconde van 0% tot 100% toeneemt.
Als pen P0.5 via een jumper met massa is verbonden, wordt de snelheidsregelaar gebruikt. De snelheid van de motor wordt dan geregeld door de linkerknuppel meer of minder naar beneden te drukken. Omdat de knuppel geen gasinstelling heeft, maar terugveert naar de neutrale positie, moet hij worden vastgehouden. De regelaar wordt pas actief als de knuppel iets buiten de neutrale stand wordt gedrukt.
De transistor wordt met een gatespanning van 5 V gestuurd, daarom wordt een logic-level-type gebruikt. De gekozen MOSFET SUP75N03 heeft een R_{DSON} < 10 mΩ en kan een continustroom van 15 A leveren bij een geringe spanningsval en dus een hoge spanning over de motor.
Alle gates zijn via 100-kΩ-weerstanden op een gedefinieerde spanning aangesloten, zodat ze tijdens de initialisatiefase van de microcontroller (alle poortpennen zijn dan hoogohmig) niet door zwevende gates kunnen gaan geleiden. Schottky-diode D3 beschermt de MOSFET tegen overspanning en dient tevens als vrijloopdiode.
Rem-FET T4 zorgt ervoor dat de motor wordt afgeremd als hij niet wordt bekrachtigd. Dat is belangrijk bij modelvliegtuigen met klap-propellers. Door de motor te remmen, vouwen de propellerbladen zich tegen de romp waardoor de luchtweerstand van het model afneemt.

Schakeluitgangen

De schakeluitgangen op poortpennen P1.0 en P1.1 hebben een omkeerfunctie (toggle) omdat op de zender geen schakelaars maar drukknoppen voor het omschakelen worden gebruikt. Bij iedere druk op de knop verandert het logische niveau van de uitgang.
Met de voorgestelde MOSFET's type BUZ11 met een R_{DSON} van 0,04 Ω zijn probleemloos stromen tot 5 A te schakelen. De MOSFET's kunnen worden weggelaten als een laag gewicht belangrijk is. Als er inductieve belastingen zoals relais o.i.d. moeten worden geschakeld, is het beslist noodzakelijk om vrijloopdioden parallel aan de spoelen op te nemen.

BEC (Battery Eliminator Circuit)

Het BEC bestaat uit de low-drop spanningsregelaar LM2940 die zorgt voor een gestabiliseerde 5-V-spanning voor de elektronica inclusief de servo's. Als BEC niet nodig is, kan IC2 worden weggelaten en de in- en uitgang kunnen op de print via een draadbrug worden doorverbonden.
Het verlies in de regelaar wordt volledig in warmte omgezet; het gedissipeerde vermogen is:

$$P = (U_{accu} - U_{BEC}) \times I_{BEC}$$

Als de warmte niet voldoende wordt afgevoerd door bijvoorbeeld een koelvin, wordt het IC snel heet. Vooral bij krachtigere servo's is het raadzaam om het IC van een aluminium koelvin te voorzien.
Belangrijk: Bij gebruik van het BEC moet de voedingsspanning minimaal 6 V bedragen en de voeding moet de door de servo's opgenomen stroom kunnen leveren.
De belangrijkste gegevens van de LM2940 zijn:

– Maximaal 1 V spanningsval over de regelaar
– Maximale uitgangsstroom 1 A bij 25°C
– Tegen ompolen beveiligd
– Ingangsspanning maximaal 26 V

Spanningsbewaking

Evenals in de zender is ook in de ontvanger een spanningsbewaking ingebouwd. Als de spanning onder 4,5 V komt, wordt de gebruiker daar door een knipperende LED attent op gemaakt. Tijdens normaal bedrijf wordt de LED door de software continu ingeschakeld ter indicatie dat de ontvanger bedrijfsklaar is. Net als bij de zender wordt de ingebouwde comparator gebruikt, die met R2 en R3 op een drempelwaarde van 4,5 V is ingesteld. Een onderspanning wordt opgeslagen, zodat - mocht de spanning weer hoger worden dan de drempelwaarde - de LED toch blijft knipperen en de gebruiker eenduidig uitsluitsel krijgt over een kritische bedrijfstoestand.

(010205-1)

In deel 2 worden de op- en inbouw van de zender en de ontvanger besproken. Daarna wordt iets verteld over de werking van de software in de zender en de ontvanger.

Applicator is een rubriek waarin interessante, vaak nieuwe componenten met hun toepassingen worden beschreven; als gevolg daarvan is de verkrijgbaarheid niet altijd gegarandeerd. De inhoud is gebaseerd op informatie die door fabrikanten en importeurs is verstrekt en stoelt niet noodzakelijkerwijs op praktijkervaringen van de redactie.

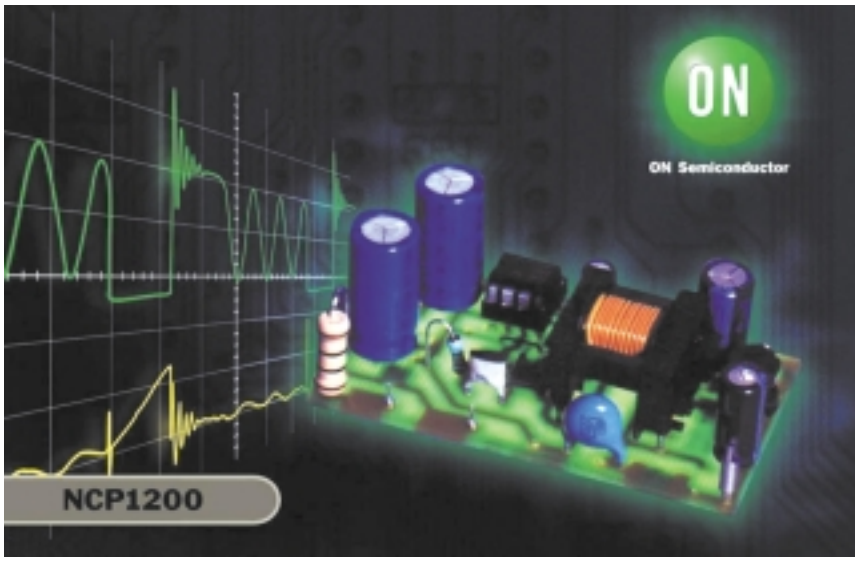
NCP1200

Compacte oplossing voor schakelende voedingen

Christophe Basso, ON Semiconductor

Tijdens het ontwerpen van een product dat met netspanning gevoed wordt, is de uiteindelijke keuze van de voeding van diverse factoren afhankelijk. Steeds meer fabrikanten kiezen voor een schakelende voeding, onder andere vanwege het lage gewicht en de grote flexibiliteit.

Schakelende voedingen zijn vaak zodanig opgezet dat ze een 'universele' ingang hebben, waardoor ze rechtstreeks op een willekeurige wisselspanning kunnen worden aangesloten (gewoonlijk op een wisselspanning tussen 90 en 260 V). Bij de klassieke oplossing op basis van een transformator zal hiervoor een andere aftakking op de trafo moeten worden gekozen. Minder ingewijden worden echter vaak afgeschrokken door regelende voedingen omdat die herinneringen oproepen aan complexe elektronica die bij tijd en wijle heftig kan roken! Gelukkig introduceren de fabrikanten van halfgeleiders regelmatig nieuwe chips waarmee deze techniek voor de meerderheid van voedingsbouwers eenvoudig te realiseren is. De firma ON Semiconductor heeft op dit gebied een grote vooruitgang geboekt met de NCP1200 die als voordeel heeft dat de meeste functies op één chip zijn geïntegreerd en de ontwerper een zekere vrijheid heeft (keuze van de MOSFET en de mogelijkheid om de geleiding ervan te regelen…). Dit artikel beschrijft de werking van deze nieuwe chip en als voorbeeld is de bouw van een complete 12 V/10 W netvoeding met een zeer lage ruststroom opgenomen.



Een hele reeks innovaties

Laten we de nieuwe punten eens bekijken:

– **Geen hulpwikkeling nodig.** De hoogspanningstechnologie van ON Semiconductor (VHVIC, Very High Voltage Integrated Circuit) maakt het mogelijk om de schakeling te voeden uit een stroombron die met de hoogspanningslijn is verbonden. De gelijkspanning hierop mag tot 400 V bedragen. Alleen een chip van het type VHVIC is hier tegen bestand. Deze techniek verlost ons van een extra trafowikkeling en van andere daarmee verbonden onderdelen.

– **Beveiliging tegen kortsluiting**: de NCP1200 is een regelaar die in de stroom-mode werkt met vaste schakelfrequenties (40, 60, en 100 kHz). Tijdens normaal bedrijf controleert het IC voortdurend de spanning die op de FB-pen (feedback) aanwezig is. Overschrijdt deze spanning gedurende een bepaalde vooringestelde tijd de grenswaarde, dan wordt het beschermingscircuit van de NCP1200 geactiveerd. Dit houdt in dat zolang het mankement aanwezig is, er slechts korte plukjes impulsen worden geleverd om zodoende het gemiddelde vermogen van de schakeling te beperken.

De Engelse term hiervoor is 'burst mode'. De voeding schakelt over naar de normale bedrijfstoestand zodra de storing verdwenen is.

– **Lage ruststroom.** De International Energy Agency (IEA) schrijft regelmatig nieuwe normen voor wat betreft het standby-vermogen van voedingen die permanent met het net verbonden zijn. Daaronder vallen o.a. laders voor draadloze telefoons, netvoedingen voor CD-spelers en videospelletjes, TV-decoders enz. Het gaat erom het in de standby-toestand opgenomen vermogen te beperken zodra er door de voeding geen energie meer wordt geleverd. Dat is bijvoorbeeld het geval als de accu van een telefoon geheel geladen is. De NCP1200 consumeert dankzij zijn 'cycle skipping'-techniek in standby-mode minder dan 500 mW in het geval van een 10-W-netvoeding zoals die in dit artikel is beschreven.

– **Geen bijgeluiden.** De manier waarop concurrenten 'cycle skipping' toepassen, geeft gewoonlijk geluidsproblemen omdat het 'skippen', wat zich in het hoorbare frequentiegebied voordoet, gepaard gaat met forse piekstromen. Maar bij het ontwikkelen van goedkope producten drukt de prijs van een transformator, die stil en ongevoelig is voor deze spanningen in het hoorbare gebied, natuurlijk zwaar op het totale budget. De NCP1200 lost dit probleem elegant op door het 'cycle skipping' alleen met zwakke piekstromen uit te voeren. Een geruisloze werking in standby-mode wordt door deze methode gegarandeerd. De mechanische bijgeluiden van de transformator worden tot een minimum beperkt. Mocht er toch nog iets te horen zijn, dan kan de gebruiker de 'cycle skipping'-stroom altijd nog instellen door het aanpassen van de spanning op pen 1 (Adj).

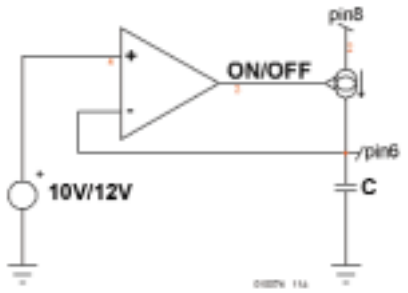
– **Eén externe transistor**. De alles-op-één-chip-oplossingen blijven verleidelijk door de weinige onderdelen die ze vereisen. Een MOSFET-transistor op de chip slaat echter direct door als de tegeninductie van de transformator de drain onder Vdss trekt, waardoor de chip onmiddellijk het loodje legt. Omdat de NCP1200 een externe MOSFET aanstuurt, kan de gebruiker een model uitkiezen dat tegen een incidentele overbelasting bestand is en daardoor in sommige gevallen afzien van een aparte piekstroombeveiliging. Bovendien kan er nog een serieweerstand gemonteerd worden in het geval dat men het in geleiding komen van de MOSFET wil vertragen.

– **Spice-modellen.** Teneinde de ontwikkeling van NCP1200-gebaseerde systemen te versnellen, biedt ON Semiconductor afhankelijk van de gewenste analyse twee Spice-modellen aan. Het normale model (averaged model) representeert een kleinsignaal flyback-converter in stroom-mode en het biedt de mogelijkheid om in een oogwenk Bode-diagrammen te produceren. Daarnaast is er nog het 'transient model' waarin de eigenschappen van de NCP1200 stuk voor stuk zijn terug te vinden: propagatietijd, stroomopname enz. Na het invoeren van de waarden in het simulatieprogramma kan de simulatie worden gestart en verschijnen curves op het scherm die de juistheid van de berekeningen van de ontwerper bevestigen. Kant en klare simulatieplatforms zijn beschikbaar voor IsSpice4 van Intusoft, Pspice van Cadence en Micro-Cap van Spectrum Software. De files kunnen worden gedownload van *www.onsemi.com*.

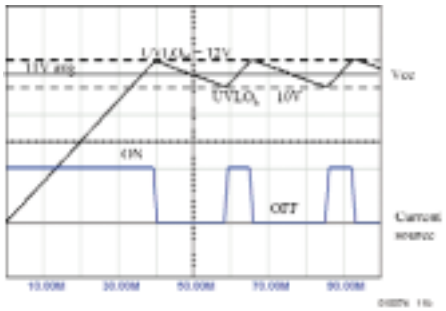
Dynamische voedingsregeling

Traditionele schakelende voedingen, zoals opgebouwd rondom een UC384X, vereisen een minimale belasting om te kunnen starten. Deze taak is meestal toebedeeld aan een weerstand (Engels: startup resistor) die rechtstreeks met de hoogspanninglijn is verbonden en die enkele honderden microampères trekt zodra het apparaat van spanning voorzien wordt. Nadat er enkele cycli stroom is geleverd vervangt een hulpwikkeling deze weerstand om de regelaar constant te voeden. Ondanks de aantrekkelijkheid van dit principe kleven er toch twee grote nadelen aan:

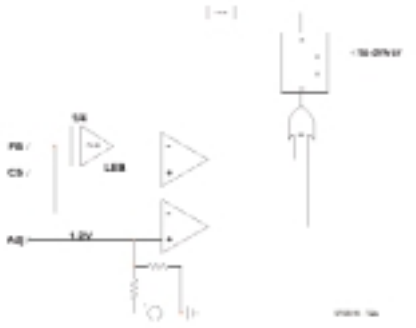
1. Als de hulpwikkeling de regelaar voedt, blijft de startweerstand nog steeds aangesloten en verspilt energie. Het wordt dan moeilijk om te voldoen aan de IEA-regels.
2. In acculaad-toepassingen kan het voorkomen dat een volledig ontladen accu een spanning heeft van bijna nul. In dat geval verdwijnt de hulpspanning die in flyback-mode met de uitgang was verbonden. De regelaar krijgt te weinig voeding en kan zijn taak niet meer vervullen. Om al deze nadelen definitief uit de wereld te helpen maakt de NCP1200 gebruik van een dynamische voeding die zijn energie aan de hoogspanningslijn onttrekt. Het grootste verschil met een startweerstand ligt in het vermogen om de energiebron al naar gelang de behoefte van de regelaar te kunnen stoppen en weer starten. Aangezien de regelaar weinig gebruikt (circa 1,2 mA), blijft het verspilde vermogen binnen redelijke grenzen en kan er makkelijk aan de eisen van de IEA worden voldaan. In **figuur 1a** en **1b** wordt gedetailleerd ingegaan op de werking hiervan: Zoals figuur 1a laat zien, voedt de stroombron niet alleen de regelaarschakeling maar heeft deze ook als taak om condensator C te laden. Door de opzet van de schakeling regelt de stroombron zichzelf bij en blijft aan de NCP1200 pulsen van 4 mA met een



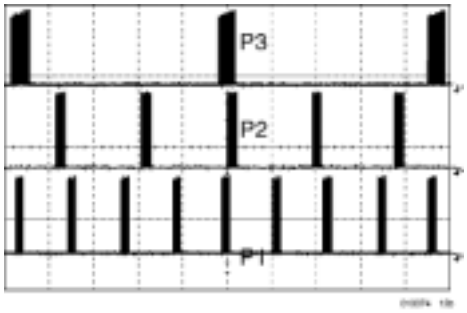
Figuur 1a. Principe van een dynamisch geregelde stroombron die het IC van een constante stroom voorziet.



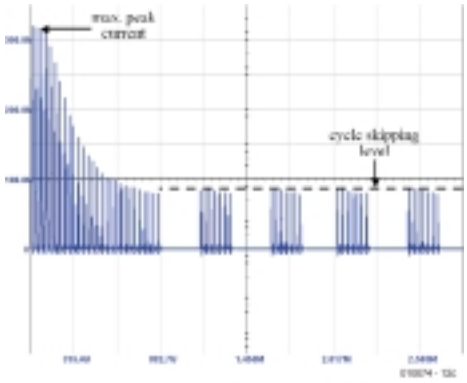
Figuur 1b. De stroombron levert 4 mA; V_{CC} beweegt zich tussen 10 en 12 V.



Figuur 2a. De FB-pen wordt permanent gecontroleerd door een comparator.



Figuur 2b. Drie verschillende niveaus van het vermogen in burst-mode (P3 < P2 < P1).



Figuur 2c. Het 'cycle skipping' gebeurt alleen bij lage piekstromen.

variabele tijdsduur leveren, ongeacht het niveau van de hoogspanningslijn (30 tot 400 V_{DC}). De mate waarin het IC bijdraagt in het totaal van de voeding wordt als volgt bepaald: V_{lijn} x I_{pen8}. Het eigen verbruik van de NCP1200 wordt bepaald door zijn interne structuur: klok, comparators, opamps enz. Ook bepalend is het type MOSFET dat op de uitgang wordt aangesloten. Kiest men bijvoorbeeld voor een 600-V-MOSFET van ON Semiconductor zoals het type MTD1N60E, dan vraagt de totale besturing (total gate charge) 11nC. Samen met een 40-kHz-versie van de NCP1200 is dan de gemiddelde stuurstroom die nodig is:

$$1/2 \cdot Fsw \cdot Qg = 250\ \mu A$$

Het rendement van de sturing buiten beschouwing gelaten, geldt in deze formule:

Fsw = maximum switching frequency [Hertz].

Qg = gate charge van de MOSFET [Coulomb].

Dit getal opgeteld bij het normale verbruik van de schakeling komt uit op ongeveer 1 mA. De totale dissipatie bedraagt dus

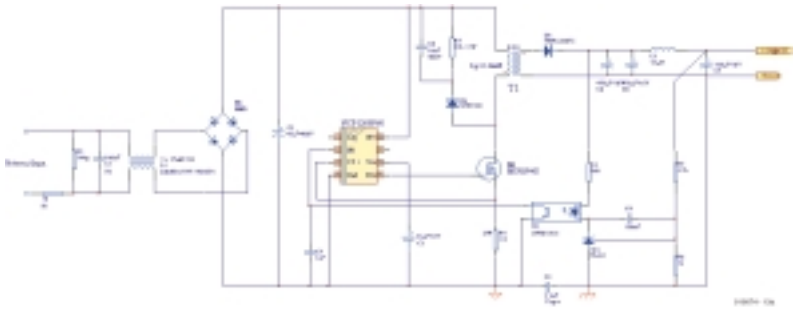
$$330\ V \times 1\ mA = 330\ mW.$$

Gering standby-verbruik zonder bijgeluiden

De NCP1200 werkt met een voedingsarchitectuur die bekend staat als stroom-mode. Het principe bestaat hieruit dat voortdurend tijdens elke cyclus de piekstroom Ip die door de primaire winding (Lp genaamd) van een transformator vloeit, bijgeregeld wordt. In het geval van een flyback-converter streeft de regelaar ernaar aan de volgende formule te voldoen:

$$Pin = 1/2 \cdot Lp \cdot Ip^2 \cdot Fsw$$

Dit doet hij door Ip te moduleren in de wetenschap dat Lp en de schakelfrequentie Fsw niet variëren. Ip wordt gemeten via een shuntweerstand die in serie met de power MOSFET is opgenomen. De zo verkregen spanning wordt op de Current Sense (CS) pen van de NCP1200 aangeboden. Deze spanning wordt vervolgens vergeleken met de spanning op pen FB, die inwendig door 4 wordt gedeeld (**figuur 2a**). FB is een elektrische representatie van het signaal op de secundaire wikkeling, dat via een isolator (vaak een optocoupler) wordt overgebracht. Als het door de belasting gevraagde vermogen stijgt, wordt het niveau op FB hoger (tot 4 V) en veroorzaakt een grotere piekstroom in de primaire wikkeling. Daarentegen getuigt een lage spanning op FB van een gering uitgangsvermogen. In alle gevallen stelt de regeling zich in om aan de eerder genoemde formule te voldoen. Als de belasting aan de uitgang verdwijnt, blijft de regeling op een zeer bescheiden niveau werken, echter wel altijd op de Fsw-frequentie (40 kHz bijvoorbeeld). Maar iedere cyclus waarin de MOSFET geleidt, vergroot het standby-vermogen. Dat probeert de NCP1200 zoveel mogelijk te verhinderen. Eén van de eenvoudige middelen om het standby-vermogen te reduceren, bestaat uit het overslaan (skippen) van perioden als het uitgangsvermogen afneemt. De NCP1200 werkt dus met een vaste frequentie (bij normale belasting) en kan daarnaast automatisch, bij een laag vermogen, overgaan op 'cycle skipping' (perioden overslaan). De toepassing van deze techniek vereist slechts een eenvoudige comparator zoals in figuur 2a duidelijk is gemaakt. Zodra de spanning op pen FB onder 1,4 V daalt, begint het regelgedeelte in het IC uitgangsimpulsen te onderdrukken. Er volgt dus een modulatie van de uitgangsimpulsen wat betreft hun aantal en herhalingsfrequentie (controlled burst operation). **Figuur 2b** toont oscilloscoopbeelden van de uitgang van een NCP1200 bij verschillende vermogensniveaus. Het belangrijkste probleem van systemen die met cycle skipping werken, schuilt in de pakketjes met de 40-kHz-impulsen, waarvan de herhalingsfrequentie in het hoorbare gebied kan liggen. Een transformator is een mechanisch element en kan de oorzaak zijn van een resonantie in de buurt van onze herhalingsfrequentie. Er ontstaat dan een zeer hinderlijk gefluit waarvan de intensiteit afhangt van de piekstroom door de primaire wikkeling. Gelukkig slaat de NCP1200 alleen bij het leveren van weinig vermogen perioden over. De uitgang hoeft dan weinig stroom te leveren, wat geen bijgeluiden in de transformator oplevert. Zijn er transformatoren die toch nog bijgeluiden veroorzaken, dan kan de stroomdrempel waarop het cycle skipping plaatsvindt, ingesteld worden door pen 1 van het IC te verbinden met een tussen V_{CC} en GND aangebrachte spanningsdeler.



Figuur 3. Dit schema maakt duidelijk hoe eenvoudig de NCP1200 te gebruiken is.

10-W-netvoeding

Met de NCP1200 is een geregelde voeding te realiseren van enkele tientallen mW tot ongeveer 30 W. Het hier beschreven project laat zien hoe de regelaar ingezet wordt als netvoeding met een universele ingang en een vermogen van zo'n 10 Watt. **Figuur 3** toont het schema. Zoals al eerder is uitgelegd, wordt pen 1 van het IC rechtstreeks aan de hoogspanningslijn gelegd om zodoende het IC te voeden. De transformator is een zeer eenvoudig type, met een primaire en een secundaire wikkeling, zonder de gebruikelijke hulpwikkeling. Om iedere vorm van spanningsoverslag tussen de pennen te vermijden is pen 7 open gelaten en garandeert zo een bedrijfszekere werking, ongeacht de omgeving waarin de schakeling wordt toegepast. De MOSFET ontvangt zijn stuursignalen van pen 5 zonder tussenkomst van een weerstand; de uitgangstrap heeft al een asymmetrische opbouw die op natuurlijke wijze de overgang naar de geleidende toestand afremt. Voor de terugkoppeling staat een TL431 borg, in samenwerking met een optocoupler. De laatste trekt pen 2 (FB) naar massa als de vraag naar vermogen aan de uitgang afneemt. Indien het niveau op deze aansluiting onder 1,4 V daalt (de default-spanning op deze pen), stoppen de impulsen aan de uitgang en begint de regelaar met het overslaan van perioden. Door pen FB permanent aan massa te leggen via een bipolaire transistor, is het mogelijk de NCP1200 helemaal uit te schakelen en alleen het standby-deel ingeschakeld te laten. Tenslotte is er nog voorzien in een piekspanningsbeveiliging omdat een te hoge spanning op de drain van de MOSFET deze zou kunnen vernielen.

De prestaties van de schakeling zijn hieronder vermeld en getuigen zowel van een uitstekend rendement als een laag standby-vermogen, minder dan 480 mW bij een netspanning van 250 V_{AC}.

V_{inDC}	P_{out} [W]	P_{in} [W]	h[%]
126	0	0,245	–
126	10,5	12,6	83,3
356	0	0,462	–
356	10,5	13,17	79,7

De schakeling is geheel met standaard onderdelen opgebouwd. Voor deze 10-W-versie is een kant en klare transformator verkrijgbaar.

Als conclusie kunnen we stellen dat de NCP1200 een benaderingswijze heeft die verschilt van de al op de markt aanwezige typen. Als regelaar vormt hij namelijk een uiterst compacte oplossing die de gebruiker vrij laat in de keuze van de MOSFET en de maximale piekstroom die er door loopt. Vanuit EMC-oogpunt is het feit dat we de sturing van de MOSFET nauwkeurig kunnen regelen zeker een voordeel te noemen. De beschikbaarheid van SPICE modellen tenslotte biedt ons in de ontwerpfase een behoorlijke tijdwinst.

Er is uitgebreide documentatie beschikbaar (technische gegevens, toepassingen enz.) op de site van ON Semiconductor, onder het kopje NCP1200: www.onsemi.com

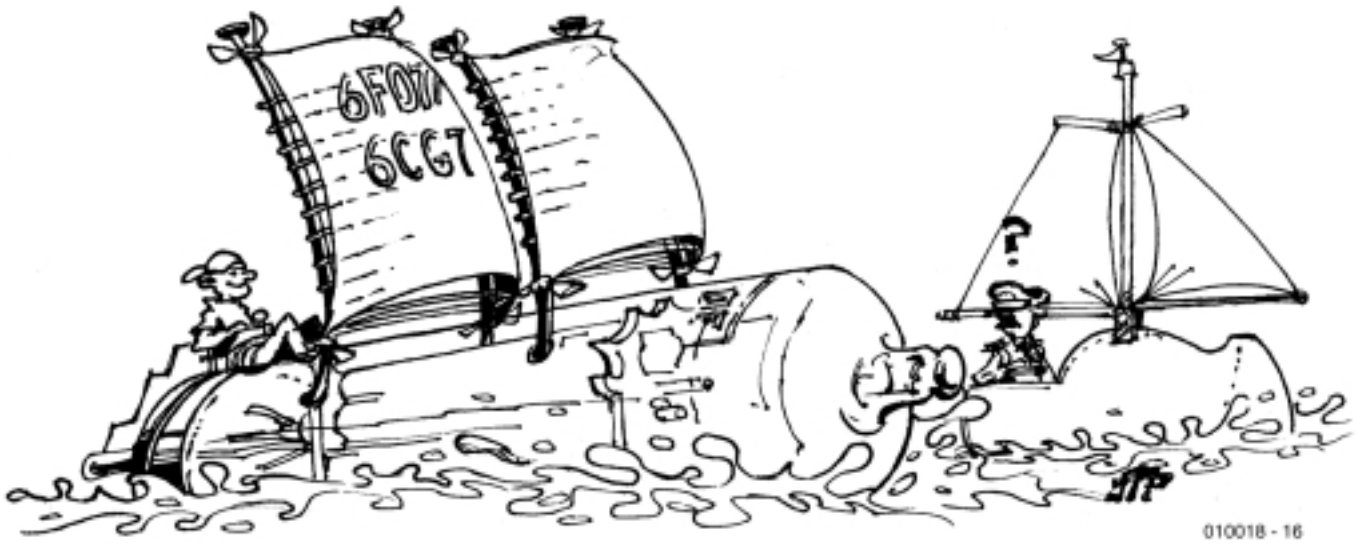
(010074)

Tube-clipper

Effectapparaat met buizen

Dr. Hansjörg Friedli

De tube-clipper is een effectapparaat dat in het LF-pad van een stereo-installatie wordt opgenomen en zo het typische buizengeluid produceert. Dankzij het gebruik van laagspanningsbuizen is bij dit ontwerp geen hoogspanning nodig.



Er zijn weliswaar veel audiofielen die liefhebber zijn van de zogenaamde buizenklank, maar de meeste hebben het geld er niet voor over. Zelfbouw wordt vaak ook vermeden vanwege de gevaarlijke hoogspanning. De hier beschreven tube-clipper is een soort effect-voorversterker die voor echt buizengeluid zorgt. In dit ontwerp worden laagspanningsbuizen gebruikt, zodat geen spanningen groter dan ±12 V nodig zijn. Dus ideaal voor het zetten van de eerste schreden op het pad van de buizentechniek.
Kenmerkend voor de tube-clipper zijn de volgende features:

- Instellen van de begrenzing met slechts één potmeter voor beide stereokanalen.
- Geen koppelcondensator aan de uitgang.
- Voor iedere buis is een aparte symmetrie-instelling aanwezig.
- Geen spanning groter dan ±12 V nodig.
- Echte 'buizen-sound'.
- Optische indicatie als het ingangssignaal daadwerkelijk begrensd wordt.

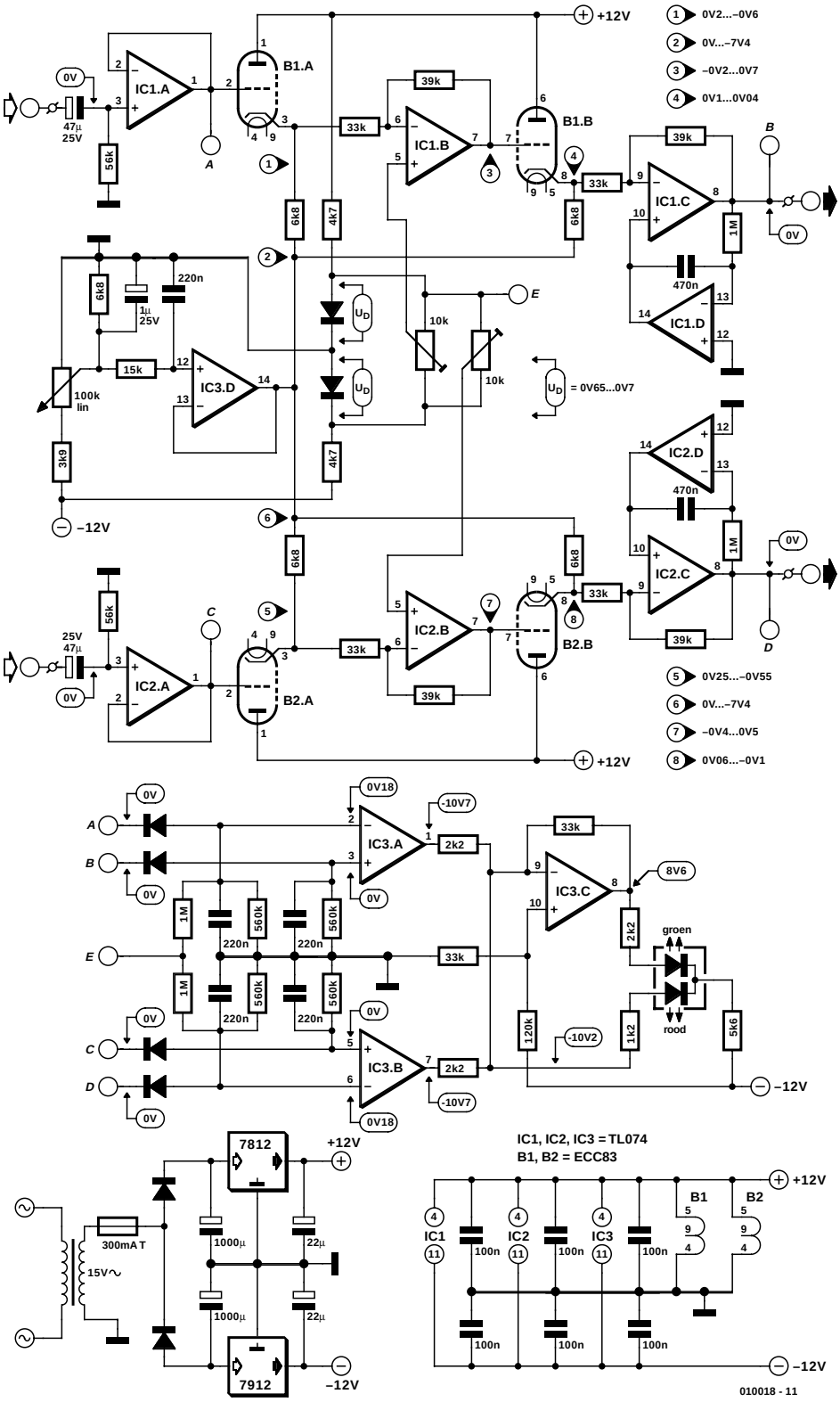
Principe

Eigenlijk is het iedere audiofreak een doorn in het oog als een audiosignaal niet één op één van de geluidsdrager naar de luidsprekers doorgegeven wordt. Wat heeft een vervormer zoals hier dan eigenlijk in de hifi-keten te zoeken? Waarom is de buizentechniek tegenwoordig weer zo sterk in opkomst? De reden hiervoor ligt in de techniek die in de studio's gebruikt wordt. Sommige CD's worden daar normaal gesproken niet al te best opgenomen en gemixt.

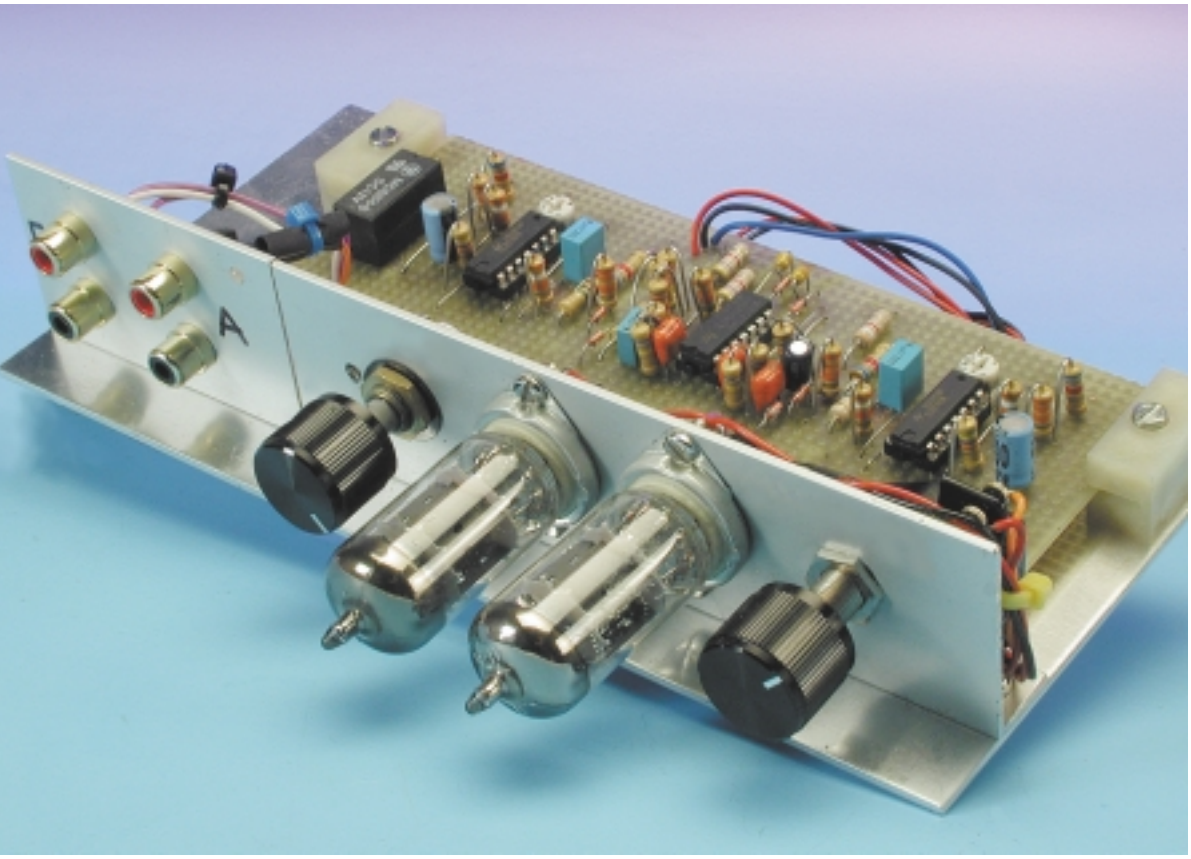
Hoge spanningspieken in een opname worden ten koste van een gunstige signaal/ruis-verhouding klakkeloos afgekapt. Waarschijnlijk herinnert u zich nog de (door Elektuur gestarte) discussie over overstuurde CD's, de oorzaak en de gevolgen daarvan.
De gedachte achter de zogenaamde tube-clipper (Nederlands: buizenbegrenzer) is een laagfrequent audiosignaal op een instelbare maximale waarde te begrenzen. Zoals bekend doen buizen dit op uiterst verfijnde wijze. Hoge spanningen worden niet 'hard' afgekapt, zoals dat bij transistoren wel gebeurt als deze overstuurd raken. Een buis zal al in de aanloop naar de grenswaarde beginnen met aftoppen. Zo wordt een netjes afgeronde curve verkregen.
Als we een dergelijk signaal onder de loep nemen, zien we in het spectrum interessant genoeg alleen harmonischen met een even veelvoud van de grondfrequentie. Musici zullen het al begrijpen: als geluiden met zulke harmonischen met elkaar worden gemixt, levert dit geen dissonanten op. Dit in tegenstelling tot het mixen van willekeurige harmonischen, zoals die ontstaan bij het clippen van halfgeleiders. Deze beïnvloeden de klankkleur juist zeer negatief. De tube-clipper verandert dus het geluid van een CD, maar wel op een manier die voor het gehoor geen onaangename vervormingen oplevert. In tegendeel. Door de toegevoegde even harmonischen wordt de klank in zekere zin voller en het origineel zeer dicht benaderd. Vraag maar eens aan een gitarist waarom hij bij een buizenversterker zweert! Het oversturen helpt hier actief mee de klank van de elektrische gitaar te verbeteren.
De hier beschreven schakeling kan ook zonder meer opgenomen worden in meerkanaals installaties. De tube-clipper komt pas in actie als het originele geluid zelf al ongewenste begrenzing vertoont.

De schakeling opgedeeld

De schakeling in **figuur 1** toont de onderdelen van de tube-clipper. Het hart van beide stereo-kanalen wordt gevormd door een dubbeltriode ECC38 en een quad-opamp TL074. Voor het sturen van de roosterspanning en de LED-aanduiding wordt nog een tweede TL074 gebruikt. Het LF-signaal komt eerst bij IC1a aan die voor een impedantie-aanpassing zorgt. Het gebufferde uitgangssignaal wordt aan het rooster van de eerste triode B1a aangeboden. De triode is als kathodevolger geschakeld, de anode wordt zonder weerstand direct op de +12 V voedingsspanning aangesloten. Over de kathode-



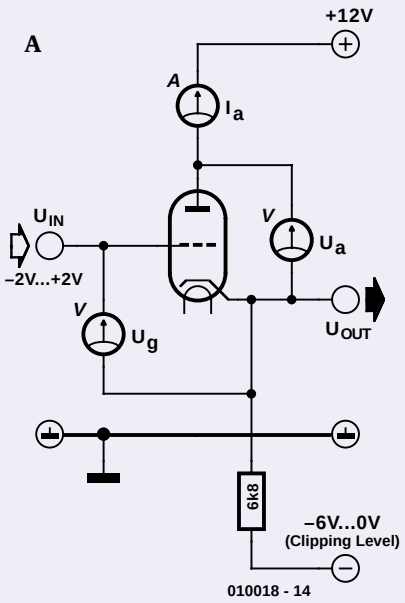
Figuur 1. De schakeling van de tube-clipper met laagspanningsbuizen.



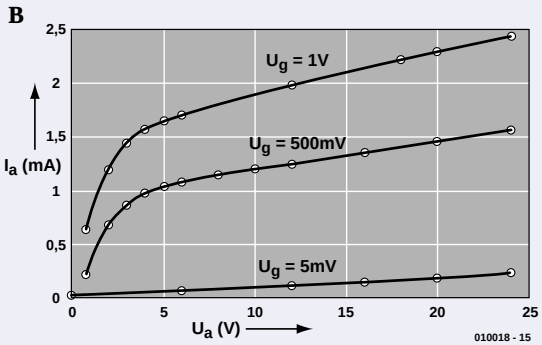
Figuur 2. Een voorbeeld van een mogelijke constructie.

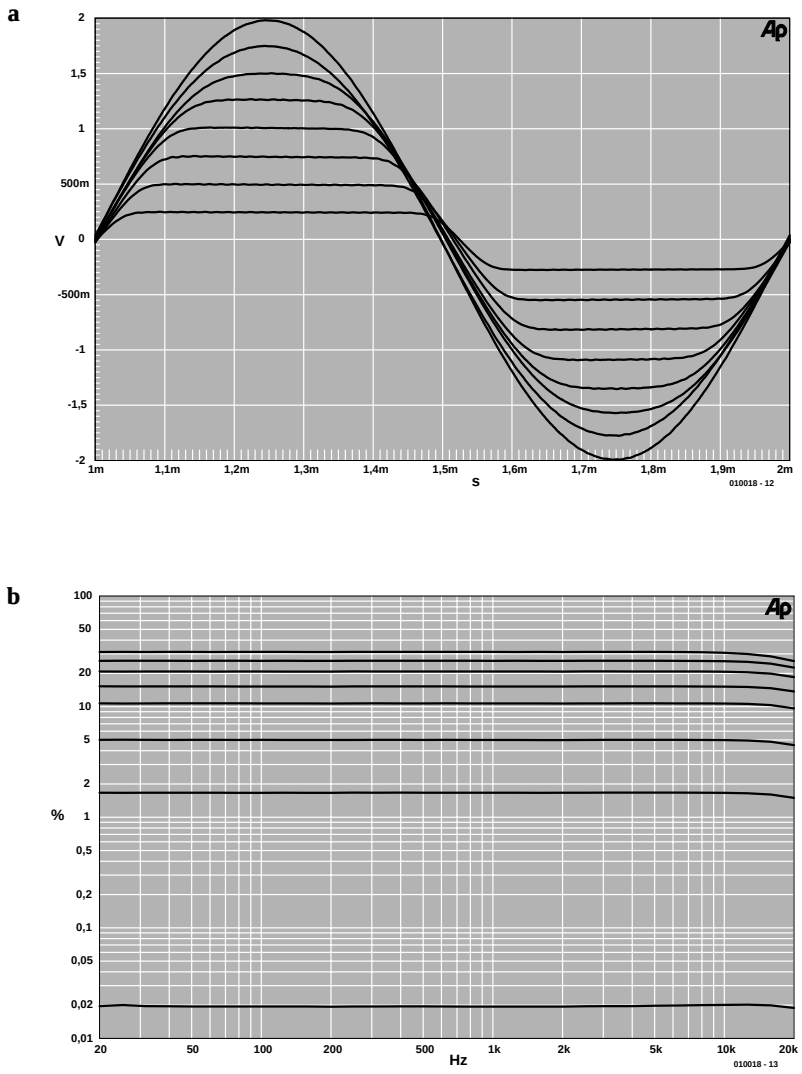
weerstand van 6k8 staat nu een spanning met dezelfde fase als de ingangsspanning. Het deel van de schakeling met de potmeter en IC3d vormt een gebufferde spanningsbron die de gelijkspanning van de kathode ten opzichte van het rooster in negatieve richting verschuift, totdat de triode in meer of mindere mate overstuurt. De eerste triode begrenst alleen positieve spanningspieken. Door IC1b wordt het signaal geïnverteerd en aan de tweede triode aangeboden, die op een zelfde manier de negatieve spanningen van het ingangssignaal begrenst. De weerstandsverhouding van 39 kΩ en 33 kΩ levert een bescheiden versterking op. Hiermee worden verliezen gecompenseerd, zodat het uitgangssignaal ongeveer hetzelfde niveau heeft als het ingangssignaal. IC1c zorgt voor een laagohmige en tevens licht versterkte uitgangsspanning voor de volgende trap (bijvoorbeeld een eindversterker) en samen met IC1d voor een gelijkspanningsvrije uitgang. IC1d is als integrator geschakeld. Een gelijkspanningsoffset op de uitgang levert een net zo grote spanning op aan de uitgang van de integrator, maar dan met de tegengestelde waarde. Deze spanning wordt via de niet-inverterende

Buizenkarakteristiek



Op eenvoudige wijze kan men beter vertrouwd raken met trioden. Sluit een triode aan op drie multimeters en twee spanningsbronnen zoals in figuur A gedaan is. Als nu bij constante anodespanning de anodestroom als functie van de roosterspanning wordt gemeten, dan levert dat de grafieken in figuur B op (clipping-niveau bij 0 V). De drie bij verschillende roosterspanning gemeten waarden tonen de typische vorm van een buiskarakteristiek: Bij toenemende anodespanning stijgt de anodestroom in het begin lineair en buigt vervolgens – in tegenstelling tot bij transistoren - langzaam om uiteindelijk nagenoeg horizontaal te gaan lopen. Hier bereikt de anodestroom zijn maximale waarde. Wordt er nu voor gezorgd dat alle waarden van de roosterspanning voor een LF-signaal in het lineaire bereik blijven, dan wordt het signaal niet vervormd. Wordt het geheel verschoven naar hogere waarden, dan zal op een gegeven moment de anodestroom in verzadiging raken. In de hier beschreven schakeling loopt deze anodestroom ook door de kathodeweerstand; de spanning hierover is dus evenredig met de anodestroom.





Figuur 3. Uitgangssignaal bij verschillende clipping-niveaus (a) met bijbehorende vervormingswaarden (b).

ingang van IC1d bij het signaal opgeteld en werkt op deze manier een offset tegen. Hierdoor blijft de gemiddelde spanning op de uitgang nul, waardoor een grote uitgangselco achterwege kan blijven. Als de signaalbron gegarandeerd gelijkspanningsvrij is, dan kan de tube-clipper zelfs helemaal van koppelcondensatoren verschoond blijven. Het tweede kanaal met B2a en IC2 is identiek van opbouw.

Met één potmeter voor beide kanalen is rond opamp IC3d is een laagohmige spanningsbron opgebouwd voor de kathoden. Met de twee instelpotmeters wordt het uitgangssignaal symmetrisch ingesteld, zodat spreiding in de waarden van de gebruikte componenten gecompenseerd wordt. Hierdoor is het ook mogelijk om zonder problemen een ECC81 te gebruiken. Op de punten A...D zijn de ingangs- en uitgangsspanningen van beide kanalen aanwezig. Met deze spanningen kan een indicatie aangestuurd worden, bijvoorbeeld zoals hier met de opamps IC3a... c en een tweekleuren-LED.

De LED licht groen op als het stereosignaal niet begrensd wordt, geel als één kanaal begrensd wordt en rood als beide buizen begrenzen. De in- en uitgangssignalen van beide kanalen worden door dioden gelijkgericht en met condensatoren afgevlakt. De piekspanning wordt een korte tijd onthouden en vloeit slechts langzaam weg. IC3a/b zijn comparators waarvan de uitgangen positief of negatief worden, al naar gelang de ingangsspanning op dat moment groter is dan de uitgangsspanning of niet (geen begrenzing). De uitgangen van de twee comparators zijn met weerstanden samengevoegd en sturen het rode gedeelte van de LED. Tegelijkertijd zijn zij ook aangesloten op inverter IC3c die op zijn beurt de groene LED aanstuurt. Op deze manier gedraagt de LED zich als volgt: Als er niet begrensd wordt, licht alleen de groene LED op. Als slechts één kanaal begrensd wordt, licht ook de rode LED op. Dit levert dan de geel/oranje mengkleur op. Als beide kanalen begrensd zijn, dooft de groene LED, zodat alleen rood licht overblijft. Een kleine positieve spanning op punt E zorgt ervoor dat ook bij zeer kleine LF-spanningen de groene LED blijft branden. Dat ziet er wat netter uit. Natuurlijk zijn er ook andere mogelijkheden denkbaar om een piekindicator te implementeren, maar dat laten we over aan de creativiteit van de gebruiker.

De schakeling van de tube-clipper wordt met een eenvoudige symmetrische netvoeding met vaste spanningsregelaars (±12 V) van spanning voorzien. De spanning voor de gloeidraden van de buizen wordt eveneens van de +12-V-voedingsspanning betrokken. De ECC83 (net als de ECC81 en ECC88) heeft geen wisselspanning nodig. Belangrijk is echter wel dat de pluspool op pootje 5 wordt aangesloten.

Er is geen print ontworpen voor de tube-clipper, omdat de buizen toch slechts met ongevaarlijke laagspanning bedreven worden. Ook hebben we maar met een klein aantal componenten te maken. **Figuur 2** toont een foto van een prototype dat op gaatjesprint is opgebouwd.

Na opbouw en controle van de soldeerverbindingen kan de tube-clipper ingeschakeld worden en kunnen de in de schakeling aangegeven spanningen en toleranties gecontroleerd worden. Vervolgens dient een sinusvormig ingangssignaal aangeboden te worden waarmee ieder kanaal afzonderlijk met de instelpotmeters symmetrisch wordt ingesteld. Hierna is het apparaat klaar om gebruikt te worden.

Figuur 3a geeft het effect van de tube-clipper grafisch weer. De niveau-potmeter is hier in acht stappen van minimaal (niet-geclipte grafiek) tot maximaal verdraaid. **Figuur 3b** tenslotte laat de bijbehorende vervormingscurves zien. Bij een nagenoeg onbegrensd signaal is de vervorming met ongeveer 0,02% het kleinst en zoals te verwachten viel, bij het signaal met de hoogste clipping-waarde het grootst.

(010018)

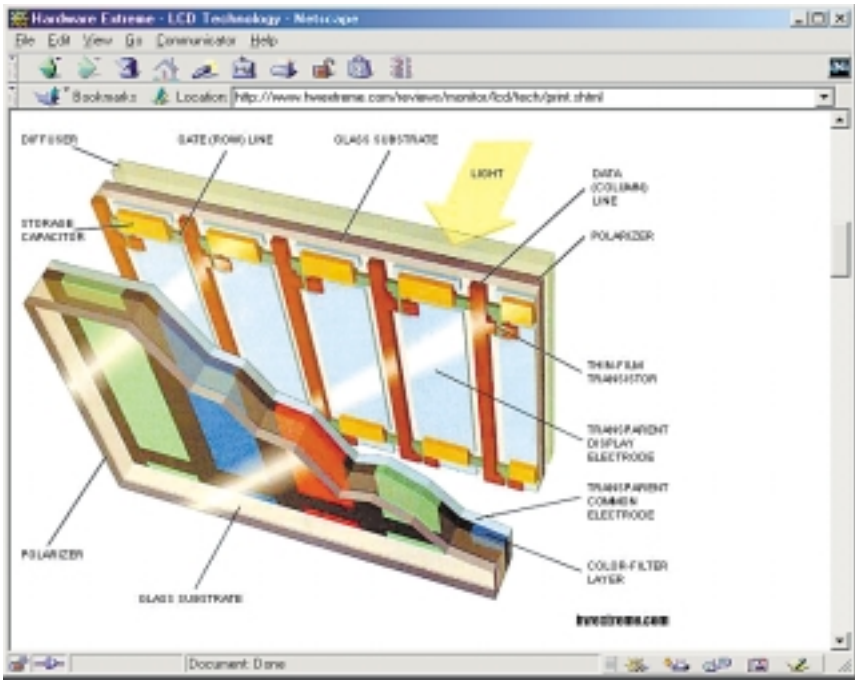
Kapotte pixels

Opsporen en (soms) verhelpen

Harry Baggen

TFT-monitors en digitale camera's worden steeds populairder en betaalbaarder. Helaas worden gebruikers van zulke apparaten vaak geconfronteerd met niet goed functionerende pixels. Hoe spoor je zulke pixels op en wat kan er eventueel aan gedaan worden?

Dead pixels, stuck pixels, hot pixels: Allemaal termen voor pixels in displays of CCD's waarmee iets aan de hand is. Gebruikers van TFT-schermen en digicam's klagen er steeds meer over. Toch is het zeker niet zo dat de productiekwaliteit of controle bij de fabrikant slecht is. We worden gewoon geconfronteerd met het feit dat we steeds hogere resoluties op ons beeldscherm of camera willen hebben. Bij een 15" TFT-monitor met een resolutie van 1024 x 768 pixels zitten op de glasplaat maar liefst 2.359.296 transistoren met bijbehorende kleurvlakken (rood, groen, blauw). Als er met zo'n transistor, het bijbehorende schakelvlak of een aansluiting iets mis is, dan bestaat de kans dat zo'n vlak helemaal niet of juist altijd oplicht. Dat zie je als gebruiker dan op het scherm als een stipje dat altijd dezelfde kleur heeft. De fabrikant/importeur is meestal pas geneigd om een TFT-scherm met zulke 'dode' pixels te vervangen als er een redelijk aantal stuk is (bijv. 7). Wie wil weten hoe een TFT-scherm werkt, kan eens kijken bij Hardware Extreme [1] of Tom's Hardware Guide [2].



Bij een TFT-scherm kun je een miskoop voorkomen door vóór de aankoop zo'n scherm al te testen, want een remedie tegen kapotte pixels is er niet. Dit kan met een gewoon monitortestprogramma dat een egaal blauw, groen en rood scherm kan tonen. Maar er is ook een klein programma dat speciaal voor dit doel de drie basiskleuren toont. Dit is onder andere te downloaden bij de Notebook Buyer's HomePage [3].

Bij digitale camera's treedt een dergelijk effect met defecte pixels ook op, alleen ligt de oorzaak daar wat anders. Het resultaat is echter vergelijkbaar met een TFT-display: Op vaste plaatsen in de foto verschijnen bijvoorbeeld altijd punten met dezelfde kleur (of wit). Bij camera's spreekt met meestal van hot pixels omdat de defecte punten bijna altijd helderder oplichten dan de omgeving. Een goede beschrijving van dit fenomeen vinden we op de (Duitstalige) site van FotoKing [4].

De fabrikant van een fotocamera heeft meestal de mogelijkheid om kapotte pixels software-matig weg te werken, zodat ze niet meer zichtbaar zijn. Maar dan moet je de camera opsturen naar de importeur. Een handig en gratis hulpmiddel voor het verwijderen van dode pixels, is beschikbaar bij Mediachance [5]. De 'HotPixels Eliminator' is een programma dat na eenmalige invoer van de kapotte-pixelcoördinaten deze bij alle navolgende foto's automatisch 'repareert'.

(015094)

Internet-adressen:

[1] Hardware Extreme: www.hwextreme.com/reviews/monitor/lcd/tech/print.shtml
[2] Tom's Hardware Guide: www4.tomshardware.com/display/99q2/990624/tft1-05.html
[3] Notebook Buyer's HomePage: www.edgeworld.com/notebook/old/dead.htm
[4] FotoKing: www.fotoking.de/body_hot_pixel_stuck_pixel.html
[5] Mediachance: www.mediachance.com/digicam/hotpixels.htm

BASIC Stamp vernieuwd

Kennismaking met de BS2p

Jon Williams

Gezien het succes van de BASIC Stamp zou je denken dat de ontwikkelaars bij Parallax tevreden achterover kunnen leunen. Dat doen ze echter beslist niet. Het bewijs is de nieuwste BASIC Stamp, de BS2p.

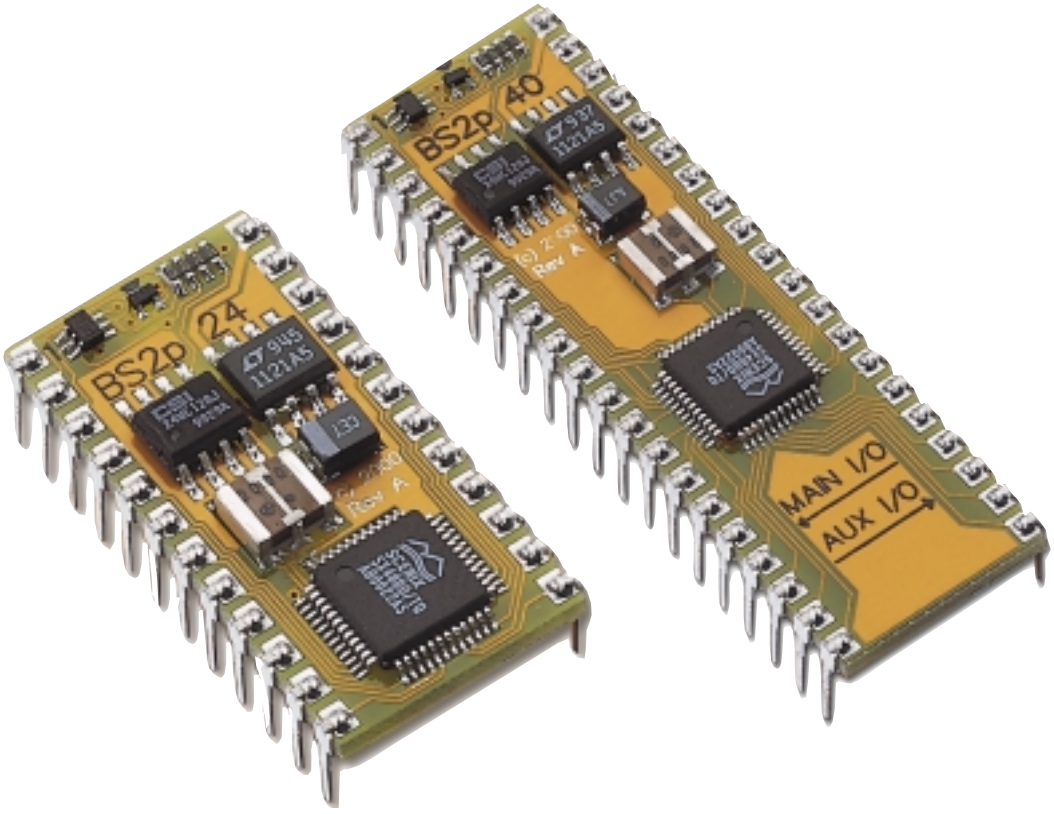
Het succes van de BASIC Stamp is misschien wel te danken aan de eenvoud van het ontwerp. Parallax houdt het graag simpel, terwijl de concurrentie tevergeefs probeert om veel geavanceerdere software in een klein systeempje te proppen. Deze nieuwe BASIC Stamp biedt veel nieuwe mogelijkheden, maar dat is niet ten koste gegaan van de eenvoud en elegantie van het oorspronkelijke ontwerp.

Net als BS2sx en de BS2e is de BS2p gebaseerd op de Ubicom SX-microcontroller. Door verbeteringen in de firmware is de BS2p 20% sneller dan de BS2sx. De BS2p verwerkt zo'n 12.000 instructies per seconde. De BS2p gebruikt ook 33% minder stroom dan zijn voorgangers, een groot voordeel bij gebruik in robots en andere batterijgevoede schakelingen.

Daarnaast biedt de BS2p een aantal nieuwe mogelijkheden:

- Parallelle LCD routines voor de Hitachi HD44780
- Philips I^{2}C-routines
- Dallas 1-Wire-routines
- Pin-polling tussen de instructies
- Seriële buffer in scratchpad RAM
- 24- en 40-pens uitvoering met 16 resp. 32 I/O-lijnen
- Grootte van het scratchpad-RAM-geheugen verdubbeld tot 127 bytes

Wie ervaring heeft met de BS2 begrijpt meteen dat deze nieuwe mogelijkheden veel nieuwe toepassingen mogelijk maken. We zullen de genoemde features wat uitgebreider toelichten.



LCD besturing

In de BS2p zijn routines ingebouwd voor het aansturen van de HD44780 LCD-controller van Hitachi. Er zijn drie routines beschikbaar:

- **LCDCMD** *E-pin, command*
  Stuurt een commando naar het LCD.

LCD-aansluitingen:

LCD	Optie1	Optie 2
E	BS2p pen 0 of pen 1	BS2p pen 8 of pen 9
R/W	BS2p pen 2	BS2p pen 10
LRS	BS2p pen 3	BS2p pen 11
DB4	BS2p pen 4	BS2p pen 12
DB5	BS2p pen 5	BS2p pen 13
DB6	BS2p pen 6	BS2p pen 14
DB7	BS2p pen 7	BS2p pen 15

– **LCDOUT** *E-pin, command,* [*output data*]
Schrijft data naar het LCD
– **LCDIN** *E-pin, location,* [*input data*]
Leest data uit het LCD

Voor gebruik van deze routines moet het LCD in 4-bit-mode geconfigureerd zijn. Het LCD kan op verschillende manieren met de BS2p verbonden worden.
Zoals uit bovenstaande tabel blijkt, kan de LCD-controller zowel op pennen van OutL (0...7) als op pennen van OutH (8...15) aangesloten worden. De R/W-lijn is alleen nodig om uit de interne RAM te lezen. Als dat niet nodig is, kan de R/W-lijn met massa verbonden worden. De pen van de BS2p (2 of 10) blijft dan beschikbaar voor andere functies. Let er op dat de E-lijn voorzien moet worden van een pull-down-weerstand van 4,7 kO naar massa.
In de downloadsectie op de Elektuur-website is bij de maand oktober onder nummer 014132-11 een aantal listings bij dit artikel te vinden. **Listing 1** geeft een voorbeeld van het aansturen van een LC-display.

Philips I²C-ondersteuning

De I²C-bus is in Elektuur al vaak besproken. Het is een bidirectionele bus die werkt met twee lijnen. Er zijn veel onderdelen verkrijgbaar die via de I²C-bus bestuurd kunnen worden. Dat gaat nu ook heel gemakkelijk met de nieuwe BASIC Stamp.
De twee buslijnen zijn SDA en SCL. Ze dienen voorzien te worden van een pullup-weerstand van 4,7 kO naar Vdd (+5 V).
Ook de I²C-bus kan op twee manieren aan de BS2p aangesloten worden:

I²C-lijn	BS2p-aansluiting Optie 1	BS2p-aansluiting Optie 2
SDA	Pen 0	Pen 8
SCL	Pen 1	Pen 9

De I²C-routines zijn:

– **I2COUT** *pin, slave_addr, addr*[*\low_addr*], [*output data*]
– **I2CIN** *pin, slave_addr, addr*[*\low_addr*], [*input data*]

De *pin*-parameter in de commando's geeft aan op welke pen de SDA-lijn is aangesloten. Het *slave_addr* is het adres van het I²C-apparaat dat moet worden aangestuurd. En *addr* is het adres van het register in dat apparaat. Met behulp van de backslash kan een adres worden opgegeven dat uit twee bytes bestaat voor apparaten die twee-bytes adressen ondersteunen.
Het voorbeeldprogramma in **Listing 2** (eveneens op de Elektuur-website) maakt gebruik van de I²C-routines. Het programma genereert telkens een willekeurig getal, schrijft dat naar een I²C-RAM en leest het na 100 ms weer terug. Op een LC-display worden het adres en de input- en output-data zichtbaar gemaakt.

Dallas 1-Wire-ondersteuning

De Dallas 1-Wire-bus is een systeem met één busmaster en één of meer slaves. De BS2p werkt op deze bus als master. Elk apparaat op deze bus heeft een uniek serienummer dat voor de adressering wordt gebruikt. Ook voor de 1-Wire-bus zijn twee routines beschikbaar:
- **OWOUT** *pin, reset,* [*output data*]
- **OWIN** *pin, reset,* [*input data*]
De communicatie kan in dit geval via een willekeurige vrije I/O-pen gebeuren. Het nummer wordt via de parameter *pin* aan de routines doorgegeven. Deze lijn moet voorzien worden van een 4,7 kO pullup-weerstand naar Vdd.
De *reset*-parameter is een bitmasker waarmee diverse opties gekozen kunnen worden. Bijvoorbeeld:
Bij het ontvangen van data in bit-mode krijgt elke variabele in de parameter *input data* een waarde van 1 bit toegewezen. De BS2p ondersteunt net als zijn voorgangers variabelen van 1 bit grootte. Door hiervan gebruik te maken kan de schaarse ruimte voor opslag van variabelen optimaal benut worden bij het gebruik van de bit-mode.

Reset	Optie
0	Geen reset, byte-mode, lage snelheid
1	Reset voor data, byte-mode, lage snelheid
2	Reset na data, byte-mode, lage snelheid
3	Reset voor en na data, byte-mode, lage snelheid
4	Geen reset, bit-mode, lage snelheid
5	Reset voor data, bit-mode, lage snelheid
...	
8	Geen reset, byte-mode, hoge snelheid
9	Reset voor data, byte-mode, hoge snelheid
...	

Voordat met 1-Wire-apparaten gewerkt kan worden, moet eerst het unieke serienummer worden uitgelezen. **Listing 3** laat zien hoe het serienummer kan worden uitgelezen. Als dat nummer eenmaal bekend is, kan het apparaat worden opgenomen in een bussysteem.

Pin polling

Net als zijn voorgangers is de BS2p niet in staat om echte asynchrone interrupts te verwerken. Er is nu wel een voorziening waarmee dit gemis is te omzeilen. Het is mogelijk om de toestand van verschillende pennen te controleren tussen de uitvoering van de PBASIC-statements. Afhankelijk van de instelling zijn verschillende reacties mogelijk op de toestand van de ingangspennen:
1. Geen actie
2. Zet een bepaalde waarde op een uitgangspen
3. Start uitvoering van een programma
4. Wacht (onderbreek de uitvoering van een programma) totdat een bepaalde toe-

stand aan de ingang optreedt
5. Elke combinatie van 2, 3 en 4

Er is hierbij dus geen sprake van echte interrupts, maar van polling. De toestand van de pennen wordt telkens gecontroleerd als de verwerking van een PBASIC-statement klaar is. Als op dat moment aan de input-voorwaarden is voldaan, komt de BS2p in de interrupt-toestand en wordt de geprogrammeerde actie uitgevoerd.

De beschikbare commando's zijn:

– **POLLIN** *pin, state*

Met dit commando wordt een pen geselecteerd als interrupt-ingang

– **POLLOUT** *pin, state*

Met dit commando wordt een pen geselecteerd voor besturing door de interrupt-toestand

– **POLLMODE** *mode*

Hiermee kunnen verschillende interrupt-mogelijkheden in- en uitgeschakeld worden

– **POLLWAIT** *period*

Met dit commando kan de uitvoering van een programma onderbroken worden, totdat de interrupt-toestand optreedt. (Tijdens het wachten staat de BS2p in low-power-mode.)

– **POLLRUN** *programma*

Dit commando geeft aan welk *programma* (slotnummer) moet worden gestart als de interrupt-toestand optreedt.

Seriële buffer

Soms moet een programma een lange stroom van invoergegevens verwerken. De BS2p biedt de programmeur de mogelijkheid om elke seriële input (**SERIN**, **I2CIN**, **OWIN** of **LCDIN**) te verbinden met de seriële buffer in scratchpad-RAM. Als de data eenmaal in deze buffer staan, kan het programma de data met **GET** ophalen voor verdere verwerking. De seriële buffer wordt geactiveerd door bij het input-commando (bijvoorbeeld SERIN) gebruik te maken van de nieuwe modifier SPSTR.

Meer I/O-pennen

Op veler verzoek is de nieuwe BASIC Stamp nu verkrijgbaar in een 40-pens uitvoering met 16 extra I/O-pennen. Het gebruik van deze extra pennen lijkt op het gebruik van de programmaslots: Er zijn extra commando's nodig om de BS2p te laten werken met de nieuwe I/O-pennen. Alle instructies die normaal met de I/O-pennen werken, blijven hetzelfde en verwachten dus een pennummer van 0 tot 15. In het programma kan van te voren gekozen worden op welke groep van 16 I/O-pennen de instructie werkt.

Er zijn twee commando's waarmee de tweede groep van I/O-pennen geselecteerd kan worden:

- AUXIO
- IOTERM *1*

En er zijn ook twee manieren om terug te schakelen naar de normale I/O-pennen:

- MAINIO
- IOTERM *0*

Natuurlijk zijn deze commando's alleen beschikbaar op de BS2p40. Overigens kunnen alle pennen gebruikt worden voor pin-polling. Dat werkt onafhankelijk van de geselecteerde groep I/O-pennen.

Effectief gebruik van EEPROM-ruimte

De BASIC Stamp wordt vaak ingezet voor datalogging. Daarbij kunnen de programmaslots, die uit niet-vluchtig geheugen bestaan, worden gebruikt voor het bewaren van de meetdata. De programmaslots konden bij de BS2sx en de BS2e worden bestuurd met de **READ**- en **WRITE**-commando's. Daarbij was het altijd moeilijk om data van het ene naar het andere programmaslot over te brengen. Dat kon alleen door de data tijdelijk op te slaan in het scratchpad-RAM-geheugen. In de BS2p is hiervoor een oplossing ingebouwd. De BS2p heeft een nieuw commando **STORE**. De syntax is eenvoudig:

– STORE *locatie*
De *locatie* is het programmaslot (0 tot 7) dat bij de volgende **READ**- of **WRITE**-instructie gebruikt moet worden. De default locatie is gelijk aan het slotnummer van het huidige programma en verandert mee als een ander programma wordt gestart met het **RUN**-commando.

Read-only RAM locaties

Zoals vermeld heeft de BS2p 127 bytes RAM-geheugen. De laatste vijf bytes van het scratchpad geheugen zijn read-only en bevatten nuttige informatie.
Adres Inhoud 127 Huidige programmaslot (lage nibble)
Huidige **STORE**-locatie (hoge nibble) 128 Interrupt pen-detectie (main pin 0...7) 129 Interrupt pen-detectie (main pin 8...15) 130 Interrupt pen-detectie (aux pin 0...7) 131 Interrupt pen-detectie (aux pin 8...15)
De locaties 128...131 kunnen door het programma gebruikt worden om de bron van een interrupt-toestand vast te stellen. Een actieve interrupt-pen wordt aangeduid met een logische één. Dit is onafhankelijk van de werkelijke toestand van het input-bit (dus bij een active-low bit veroorzaakt een "0" aan de input een interrupt-toestand; het desbetreffende statusbit wordt dan juist "1"). Deze bits blijven alleen actief tijdens de interrupt-toestand.

Tenslotte

De nieuwe BASIC Stamp is een flinke stap vooruit in de ontwikkeling van de microcontrollers van Parallax. Het maakt ons erg nieuwsgierig naar de toekomstige ontwikkelingen bij Parallax. In dit artikel hebben we de nieuwe mogelijkheden alleen kort aangestipt. Zoals we in het begin van dit artikel al hebben vermeld, zijn de voorbeeld-listings en andere programmavoorbeelden beschikbaar op de website van Elektuur *www.elektuur.nl* (Downloads, maand oktober, nr. 014132-11).

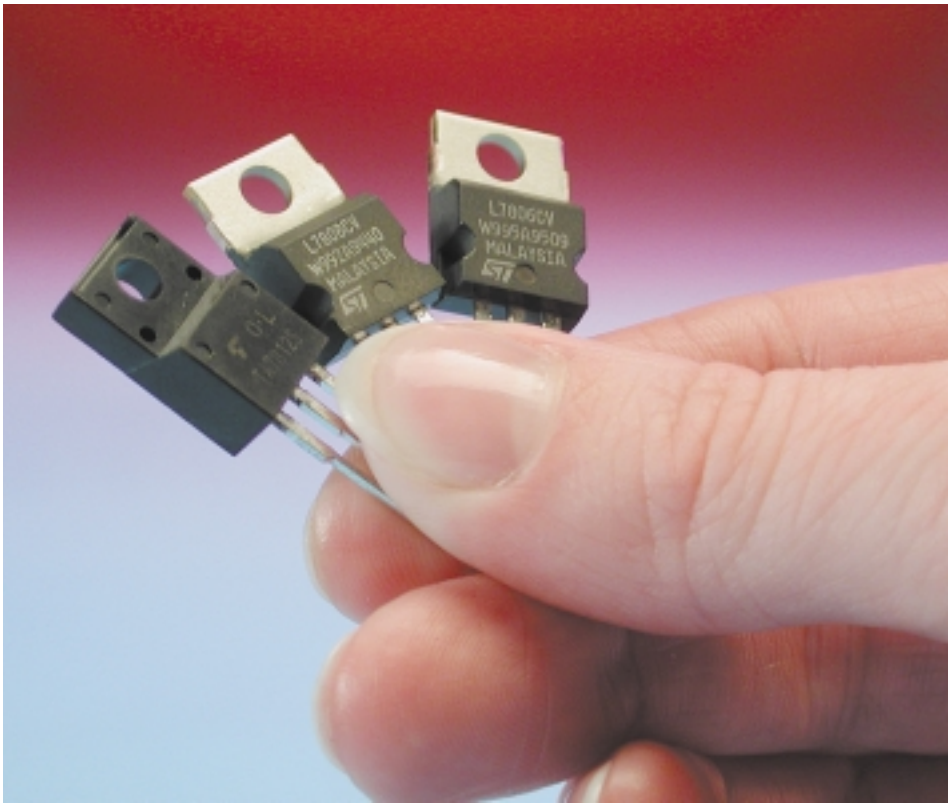
(014132-1)

Spanningsregelaars

in de praktijk

naar een idee van Alexander Voigt

Driebenige spanningsregelaars staan bekend als handige en probleemloze componenten. Toch vallen er een paar interessante wetenswaardigheden over te vermelden. De praktijk is namelijk vaak net even iets anders dan de theorie.



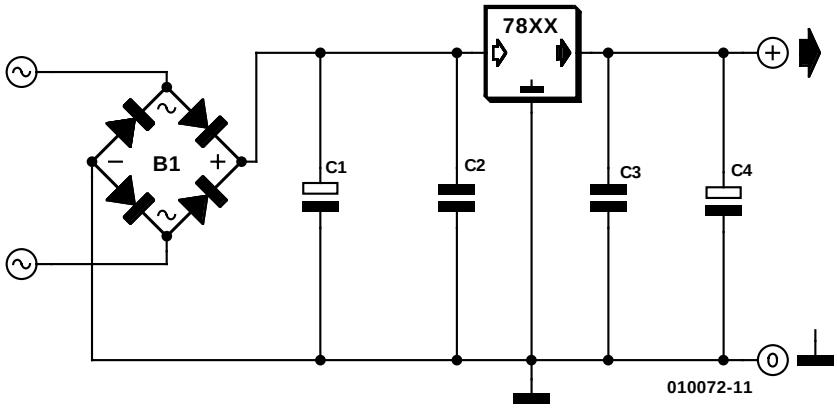
Sinds er driebenige spanningsregelaars bestaan, hebben de discreet opgebouwde stabilisatoren snel het veld moeten ruimen. Waarom zou je moeilijk doen als het ook met één enkele component kan? Ze zijn voor nagenoeg elke gewenste uitgangsspanning voorhanden en voor de meeste toepassingen zijn de specificaties van de bekende 78xx-serie ruim voldoende. Bovendien kan er nauwelijks iets mee mis, omdat ze van huis uit voorzien zijn van een degelijke thermische- en overbelastingsbeveiliging.

De enige eis die zo'n driebener stelt, is dat de aan de ingang aangeboden ruwe gelijkspanning tenminste 3 V hoger is dan de uitgangsspanning. Anders kan het regelcircuit zijn werk niet goed doen.

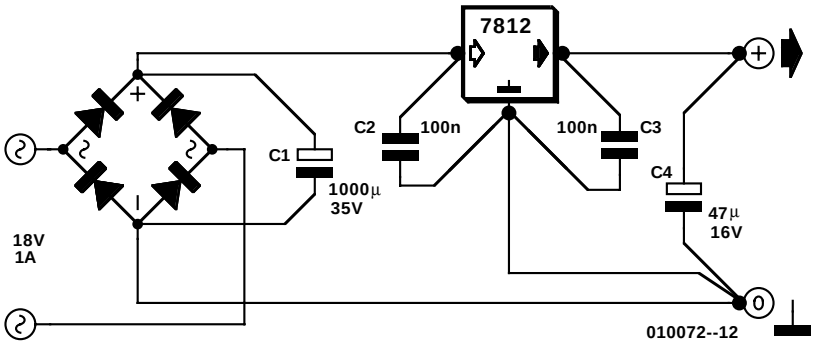
Handige bouwstenen dus, die 78xx-regelaars, want ze vragen weinig ruimte op de print en hebben vrijwel geen externe componenten nodig. Meestal ziet het schema van een stabilisatieschakeling met zo'n spanningsregelaar er uit als in **figuur 1**. De trafospanning wordt gelijkgericht met een diodebrug, waarna C1 voor de afvlakking zorgt. C2 en C3 verbeteren de stabiliteit van de regelaar c.q. de transiëntresponsie, terwijl C4 fungeert als lokale buffer voor de aangesloten belasting.

Het vervelende van standaardschema's is dat je de specifieke functie van de componenten er niet duidelijk aan af ziet. Eigenlijk zou het beter zijn om het schema van figuur 1 te tekenen zoals geschetst in **figuur 2**. Dit ziet er weliswaar wat minder fraai en strak uit, maar maakt meteen duidelijk waar de componenten voor bedoeld zijn. Bij de praktische opbouw van de schakeling dienen ze ook bij voorkeur op deze manier te worden geplaatst: afvlakelco C1 zo dicht mogelijk bij de bruggelijkrichter, C2 en C3 direct aan de in- en uitgang van de stabilisator en C4 op zo kort mogelijke afstand van de belasting. Minstens zo belangrijk is dat de nul-leidingen worden samengeknoopt op één centraal punt, waarvoor de 'koude' kant van de uitgangselco zich het beste leent.

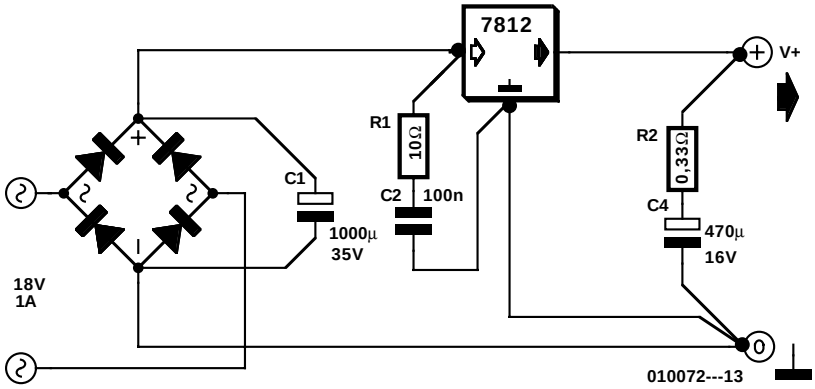
Stabiliteit, bromonderdrukking en impulsgedrag van de spanningsregelaar zijn bij de opzet volgens figuur 2 wezenlijk beter dan bij een



Figuur 1. Standaardschakeling met een spanningsregelaar uit de 78xx-reeks.



Figuur 2. Functioneel gezien zou het schema beter op deze manier getekend kunnen worden.



Figuur 3. Met twee serieweerstanden kan in bepaalde gevallen de impulsresponsie worden verbeterd.

lukrake plaatsing van de componenten, zeker als door omstandigheden de afstand op de print tussen bruggelijkrichter en belasting relatief groot is.
Nog iets over de waarde van de condensatoren. In de praktijk blijkt een waarde van 100 n voor C2 en C3 altijd prima te voldoen. De waarde van elco C4 is niet echt kritisch en varieert doorgaans tussen pakweg 10 µF en 47 µF, afhankelijk van de uitgangsstroom. Voor afvlakelco C1 geldt de vuistregel dat de waarde hiervan in µF minimaal gelijk en liever een factor twee groter dient te zijn dan de stroom in mA. Dus bij de 1000 mA uit het voorbeeld van figuur 2 komen we uit op een waarde van 1000 µF of 2200 µF.

Twee weerstanden extra

Hoewel wij in het Elektuurlab niet in staat bleken om een en ander voor 100% te reproduceren, claimt de auteur dat een standaard 78xx-schakeling met een geringe modificatie aanzienlijk te verbeteren valt. Dat uit zich met name in een betere impulsresponsie bij snelle belastingsvariaties.
De modificatie bestaat in wezen uit niet meer dan de toevoeging van twee serieweerstanden voor C2 en C4. Condensator C3 kan zonder kwaliteitsverlies vervallen en C4 wordt in waarde verhoogd. **Figuur 3** toont het gewijzigde schema.
Een echt wetenschappelijke verklaring voor de verbeterde eigenschappen valt moeilijk te geven. Een mogelijke theorie is dat condensatoren en leidingen in bepaalde gevallen LC-kringen gaan vormen, waardoor oscillatie optreedt en de spanningsregelaar niet meer optimaal reageert. Een kleine serieweerstand zou dan een gunstig dempend effect kunnen hebben. Ook het merk stabilisator kan nog een rol spelen.
Hoewel het heilzame effect van de serieweerstanden dus niet in alle gevallen te garanderen valt, is het toch beslist de moeite waard om hiermee eens te experimenteren. De kosten zijn immers verwaarloosbaar en als het dynamische gedrag van de stabilisator op deze simpele manier inderdaad kan worden verbeterd, is dat mooi meegenomen.
Concrete waarden voor R1 en R2 zijn lastig te geven. In de proefopzet van de auteur rond een 7812 voldeden de in figuur 3 aangegeven waarden het beste. Al experimenterend bleek dat voor R2 in principe geldt: hoe groter elco C4, des te kleiner kan de weerstand worden. De waarde van R1 is minder kritisch. Gewoon in de praktijk uitproberen, is dus de boodschap.

(010072)

Dataspion

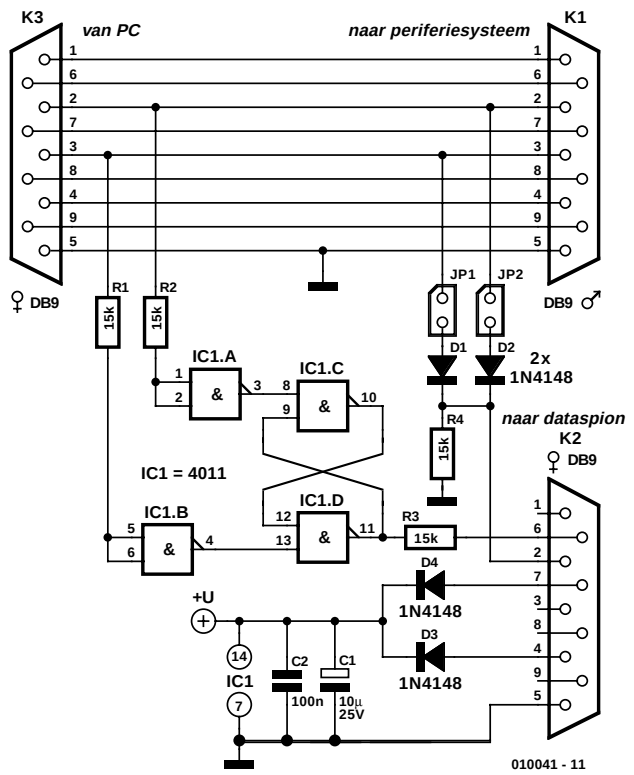
voor RS232-links

Markus Müller

Met behulp van een minimale hoeveelheid hardware en een simpel stukje software is het mogelijk de datastroom tussen twee seriële interfaces af te tappen en op het beeldscherm te bekijken.

De naam 'dataspion' doet meteen denken aan clandestiene praktijken, maar als regel zal de hier beschreven schakeling daar echt niet voor gebruikt worden. Er kunnen tal van zeer legale redenen zijn om de datastroom te analyseren tussen een PC en een periferiesysteem of een tweede PC. Als onderdeel van foutzoekoperaties bijvoorbeeld, als continue datamonitor, of om uit educatieve overwegingen de opbouw van bepaalde dataprotocollen te onderzoeken.

De hier beschreven schakeling is uitgevoerd als een soort 'tussensteker' welke simpelweg in serie wordt opgenomen met de verbinding tussen de RS232-interfaces van de PC en het periferiesysteem in kwestie.



Figuur 1. De hardware van de dataspion is werkelijk supersimpel. De voeding wordt uit de PC betrokken.

Een derde subD-connector fungeert als aansluitmogelijkheid voor de extra PC waarmee de datastroom wordt bekeken.

De dataspion is zeer gemakkelijk in de omgang. De software is geschikt voor Windows9x en WindowsNT4.0, de data wordt weergegeven in ASCII, in decimale of hexadecimale code. Met twee schakelingen in serie is het zelfs mogelijk gelijktijdige datastromen in beide richtingen weer te geven. Enige voorwaarde voor dit alles is dat de heen en weer gaande datastromen dezelfde baudrate hebben.
Een eigen stroomverzorging heeft de schakeling niet nodig, want de voeding wordt uit de PC betrokken.

Hardware

Een korte blik op **figuur 1** maakt duidelijk dat de benodigde hardware nauwelijks iets voorstelt. In feite gaat het om niet meer dan een flipflop (IC1) en een tiental passieve componenten.
Het traject K1/K3 komt in serie met de te controleren seriële verbinding. Zoals te zien, worden hier alle data- en stuurleidingen simpelweg 1:1 doorgelust. Voor onze spionage-doeleinden zijn alleen de datalijnen van beide kanten nodig. Wordt uit een van beide richtingen data ontvangen, dan wordt flipflop IC1 respectievelijk geset of gereset en wordt via de DSR-stuurleiding de data-richting aangegeven. Met behulp van de jumpers JP1 en

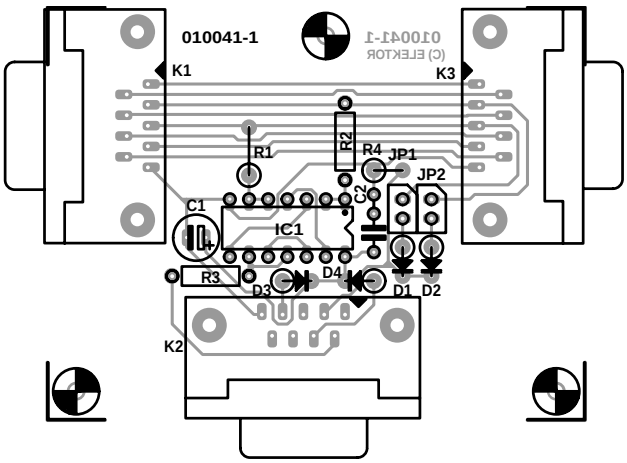
Onderdelenlijst

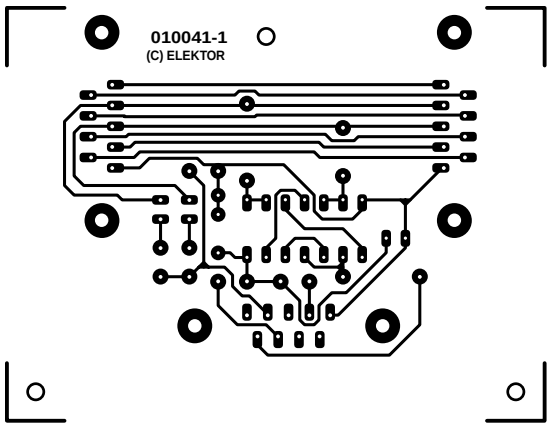
Weerstanden:
R1...R4 = 15 k

Condensatoren:
C1 = 10 µ/25 V radiaal
C2 = 100 n

Halfgeleiders:
D1...D4 = 1N4148
IC1 = 4011

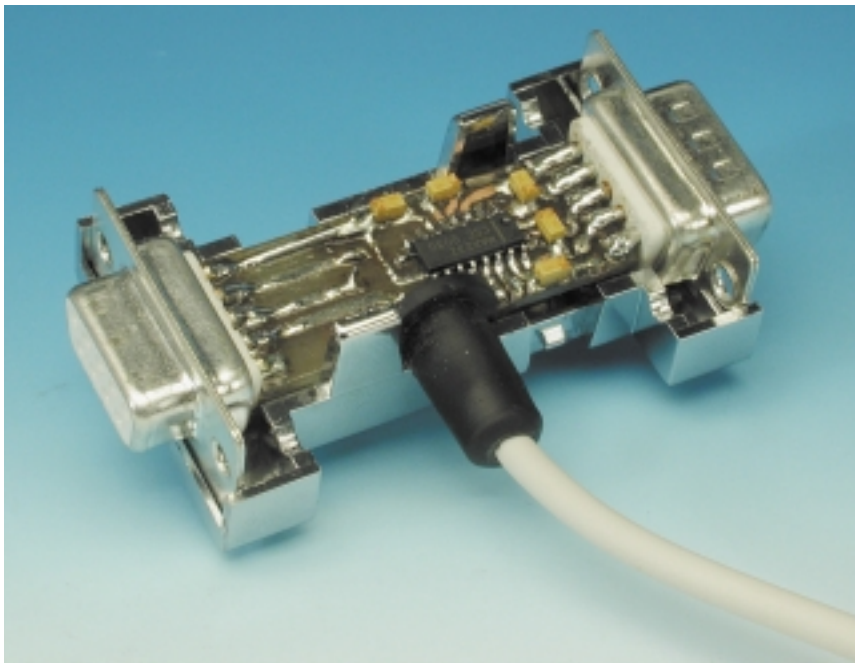
Diversen:
K1 = 9-polige subD-connector voor printmontage, male
K2,K3 = 9-polige subD-connector voor printmontage, female
JP1, JP2 = jumper
print: bestelnr. EPS 010041-1 (zie Servicepagina's)
software: te downloaden op www.elektuur.nl onder nummer 010041-11





Figuur 2. De print van de 'tussensteker' is verkrijgbaar in de Elektuur Product Service.

JP2 kan worden gekozen uit welke richting de data wordt afgetapt; als JP1 gesloten is, wordt de data van de PC doorgesluisd naar K2, en als JP2 gesloten is de data van het externe apparaat oftewel de 'SPS' (seriële periferie-systeem). Via D1/D2, R4 wordt het signaal toegevoerd aan pen 2 (RXD) van K2, waarop de 'monitor-PC' wordt aangesloten.
De weerstanden R1 en R2 zorgen dat IC1 verschoond blijft van spanningspieken en negatieve signalen. De gekozen weerstandswaarde heeft in combinatie met de eigen capaciteit van IC1 wel tot gevolg dat de maximale baudrate beperkt is tot 38400 Baud.
De voor IC1 benodigde voedingsspanning wordt via D3 (DTR), D4 (RTS) en C1 betrokken van de PC. Vanwege de zeer lage stroomopname van IC1 is dit geen enkel probleem en wordt zo een extra voeding plus de bijkomende bekabeling vermeden. C2 fungeert als extra hoogfrequent ontkoppeling.
In **figuur 2** is de print van de schakeling afgebeeld. Gezien de zeer bescheiden hoeveelheid onderdelen, zal de opbouw hiervan hooguit een uurtje in beslag nemen. En als men zich netjes houdt aan wat de afgebeelde componentenopstelling en onderdelenlijst voorschrijven, dan is het zeer onwaarschijnlijk dat er met de praktische realisatie van de hardware iets mis zal gaan.



Software

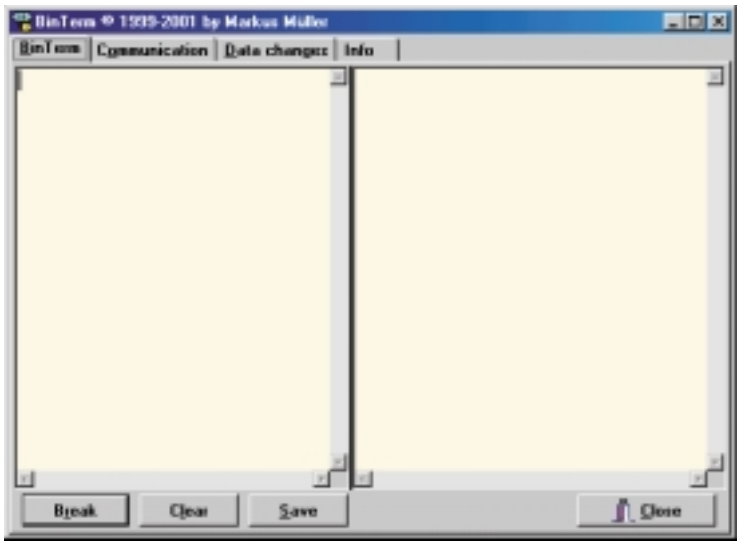
Het onder Borland Delphi 5 geschreven en gecompileerde programma draagt de naam 'BinTerm' (van 'binaire terminal') en kan onder nummer 010041-11 van de Elektuur-website worden gedownload. Het programma draait onder Windows9x en WindowsNT4.0 en vergt slechts één bestand (BinTerm.exe). Bij het beëindigen van het programma worden alle instellingen in een INI-bestand opgeslagen.
Het programma kent drie tasks:
– Hoofd-task: de bediening van alle zichtbare elementen.
– Task seriële uitlezing: het opslaan van alle binnenkomende karakters op in een ringbuffer 94000 tekens).
– Task gegevensindicatie: het uitlezen van de data uit de ringbuffer en het weergeven op het beeldscherm.

De drie tasks werken onafhankelijk van elkaar. Jammer genoeg is synchrone dataverwerking met een 32-bit operating-systeem niet mogelijk. Om daar iets aan te doen, wordt de seriële interface in een eigen task met verhoogde prioriteit uitgelezen. Het weergeven van de data gebeurt daarna met een tweede task. De data worden dus mét de bijbehorende richting correct opgeslagen en op een later tijdstip op het scherm weergegeven. Arriveren de data te snel, of is de tijdvertraging tussen zenden en ontvangen te kort, dan is de PC niet meer in staat de richting goed te lokaliseren.

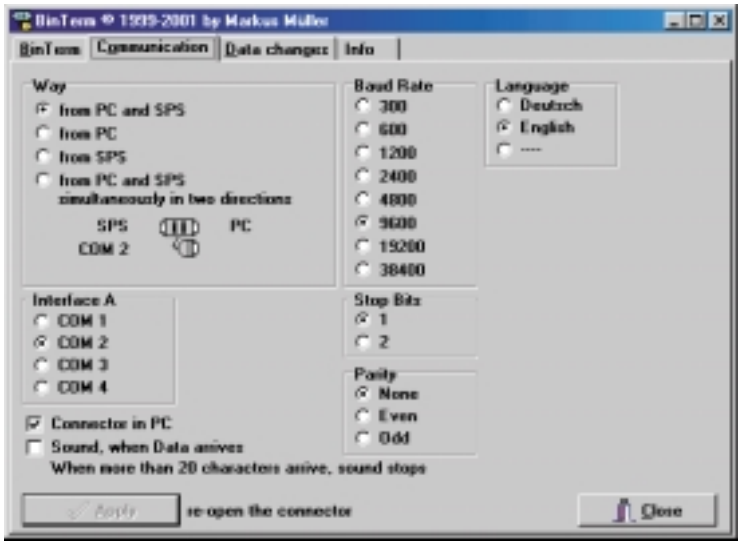
Gebruik

Na het opstarten van BinTerm.exe verschijnt er een blanco scherm waarin de binnenkomende data worden weergegeven, samen met een aantal knoppen. Vindt er met twee in serie geschakelde dataspionnen data-uitlezing in twee richtingen plaats, dan is het venster in tweeën gedeeld, zoals in **figuur 3** is afgebeeld.

De functie van de knoppen is als volgt:
break: pauzefunctie voor het onderbreken van de data-uitlezing;
clear: wist de inhoud van het tekstvenster;
save: slaat de weergegeven inhoud in een tekstbestand op;
close: beeindigt het programma.



Figuur 3. Openingsvenster van BinTerm, in dit geval in tweeën gedeeld voor weergave van tweerichtingsverkeer.

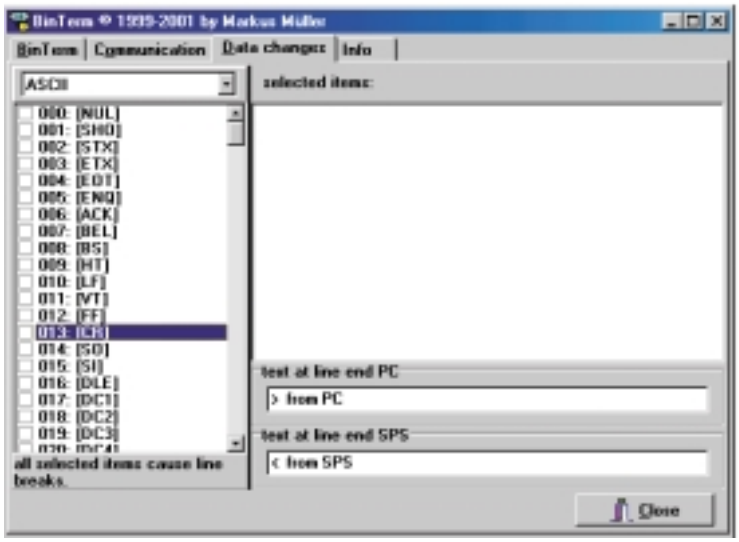


Figuur 4. Onder 'communication' zijn alle instellingen te vinden die te maken hebben met de data-overdracht.

Afzonderlijke karakters en regels kunnen geselecteerd en met Ctrl+c gekopieerd worden en later met Ctrl+v in een tekstprogramma weer tevoorschijn worden gebracht. Na een klik op '*break*' verandert het opschrift van de knop in '*continue*' en bij een hernieuwde klik wordt de indicatie van de data op het scherm weer voortgezet.
Ten behoeve van de dataopslag in een tekstbestand schrijft BinTerm als eerste regel 'left box' en vervolgens de tekst die in de linker box is afgebeeld. Aansluitend volgt de regel 'right box', waarna de inhoud van de rechter box wordt opgeslagen.

Communication
Na een klik op de tab 'communication' boven in beeld, verschijnt een instellingsvenster (**figuur 4**), waarvan de meeste keuzemogelijkheden waarschijnlijk weinig commentaar behoeven. Toch een paar opmerkingen.
Met de knop '*apply*' word(en) de seriële interface(s) opnieuw geopend met de gekozen instellingen; met de knop '*close*' wordt het programma beëindigd. Uiteraard dienen de parameters voor de interface, baudrate, stopbits en pariteit correct te worden ingesteld. Onder '*language/sprache*' kan een taal worden geselecteerd. Bij de keuze van de manier van uitlezen (blok '*way*') wordt automatisch aangegeven hoe de jumpers moeten worden gemonteerd. Gelijktijdige uitlezing in beide richtingen gaat, zoals gezegd, alleen met twee in serie geschakelde dataspionnen.
In principe moet in beide richtingen dezelfde baudrate worden gehanteerd, iets wat in de praktijk nagenoeg altijd het geval zal zijn. Er bestaat echter een trucje om de dataspion ook in het zeldzame geval van twee verschillende baudrates te laten werken. Men gebruikt dan uiteraard twee in serie geschakelde printen en start BinTerm twee keer op. De eerste keer selecteert men 'from PC' en 'COM1' en de tweede keer 'from SPS' en 'COM2'.
Wanneer de datastroom betrekkelijk weinig karakters telt, kan het arriveren hiervan door middel van een geluidsignaal ('*sound*') worden aangegeven. Bij meer als 20 tekens per seconde wordt dit feature echter automatisch uitgeschakeld. Hoe hoger de baudrate, hoe sneller de PC dient te zijn om de datarichting correct te kunnen weergeven.

Datachanges
Na een klik op de tab '*datachanges*' wordt een ander instellingsvenster zichtbaar (**figuur 5**). Bij de indicatie van de data kan hier worden gekozen tussen ASCII, decimaal en hexadecimaal. Verder kan voor elk item een interpretatie worden ingesteld. De desbetreffende karakters worden dan in het rechter venster weergegeven. Met een dubbelklik kunnen geselecteerde items weer uit de lijst worden verwijderd.
Bij lijnwisselingen van de PC-data wordt de 'text at line-end PC' weergegeven en bij lijnwisselingen van SPS-data de 'text at line-end SPS'.



Figuur 5. Onder 'datachanges' kan worden gekozen tussen drie dataformaten en tevens kunnen afzonderlijke items worden geselecteerd.

Tot slot

Na een klik op de tab '*info*' verschijnen naam, e-mail- en Internet-adres van de ontwerper van de dataspion en de BinTerm-software. Voor eventuele opmerkingen en nadere toelichting kunt u daar terecht.

(010041)

Lithium-ion-accu's

Laadtechnieken en laadschakelingen

Dipl.-Ing. Gregor Kleine

Ondanks de hoge prijs heeft de meeste recente accu-technologie, de lithium-ion-techniek, zich relatief snel gevestigd als oplossing voor toepassingen die hoge eisen stellen aan energiedichtheid. Een verbeterde belastbaarheid en moderne laadtechnieken - die in dit artikel worden beschreven - hebben hier mede aan bijgedragen.

De ideale accu bestaat nog steeds niet. Wat stroombelastbaarheid betreft, presteert de welbekende nikkel-cadmium-accu (NiCd) nog steeds het beste. Ook het vervelende geheugeneffect schijnt nu opgelost te zijn (zie kader). Bovendien is dit de voordeligste accu voor toepassing in apparaten. Maar het gebruik van dit type accu is een aflopende zaak vanwege de milieuproblemen die door het zware metaal cadmium worden veroorzaakt.

In plaats van NiCd-accu's worden in toenemende mate de gelijksoortig opgebouwde nikkel-metaalhydride (NiMH) accu's ingezet. Deze hebben een grotere capaciteit en zijn vrij van zware metalen. De stroombelastbaarheid van deze types is duidelijk beter geworden, maar kan zich nog steeds niet helemaal meten met de belastbaarheid van NiCd-accu's. Sinds het verschijnen op de markt is de capaciteit van de NiMH-accu's praktisch verdubbeld, penlight-accu's van 2 Ah komen er aan. Ondanks deze stormachtige ontwikkeling blijven de prestaties van de moderne lithium-ion-accu's ongeëvenaard als het gaat om maximale hoeveelheid energie bij een zo klein mogelijk volume en gewicht. Ze zijn weliswaar nog steeds duur en gevoelig in het gebruik, maar voor draagbare stroomvreters zoals laptops en camcorders blijven lithium-ion-accu's de eerste keus. Sinds kort zijn er zowaar speciale hoogvermogen-accu's met lithium-ion-techniek, die niet alleen in voertuigen toepassing zouden kunnen vinden, maar ook in bijvoorbeeld lichtgewicht vliegtuigen. Zo wordt bijvoorbeeld bij Lange Flugzeugbau in het Duitse Zweibrücken een zweefvliegtuig met elektrische aandrijving gebouwd (de 'Antares'). Nog voor de start van de serieproductie werden de NiMH-accu's verwisseld voor Li-ion-typen. Het 500 kg wegende vliegtuig kan met deze accu's en een motorvermogen van 42 kW (57 Pk) een hoogte van minstens 3000 meter bereiken.

Opbouw en eigenschappen

Lithium-ion-accu's die in laptops, camcorders, mobiele telefoons enzovoort gebruikt worden, hebben een

nominale spanning van 3,6 of 3,7 V. Hiermee is voor veel toepassingen al een hogere spanning beschikbaar dan noodzakelijk. Het is dan niet meer nodig om bijvoorbeeld twee of drie NiMH-cellen in te zetten. Met Li-ion-accu's volstaat vaak al één cel.
Een Li-ion-cel is opgebouwd uit een anode van grafiet en een kathode van lithium-kobaltoxide of lithium-mangaanoxide. De elektroden bevinden zich in een vloeibaar elektrolyt van organisch materiaal, waarin een lithiumzout is opgelost dat lithium-ionen ter beschikking stelt. Afhankelijk van het kathodemateriaal bedraagt de nominale spanning 3,6 V (kobaltoxide) of 3,7 V (mangaanoxide). De bijbehorende laadspanning bedraagt 4,1 V (kobaltoxide) respectievelijk 4,2 V (mangaanoxide). Om te voorkomen dat de accu permanent beschadigd raakt, moeten deze spanningen tijdens het laden met een marge van 50 mV constant worden gehouden. Verder is het belangrijk dat Li-ion-cellen niet dieper dan 2,4 respectievelijk 2,5 V worden ontladen, anders wordt de levensduur onherroepelijk verminderd.
Bij Li-ion accu's migreren lithium-ionen (Li^+) uit de kathode van lithium-kobaltoxide. Hierdoor blijft een vrij elektron achter. Op de anode van grafiet slaan lithium-ionen uit het elektrolyt neer, waarbij elektronen worden opgenomen.

Chemische reactie in de accu (bij laden):

positieve pool: $LiCoO2 \rightarrow Li1\text{-}n\ CoO2 + n\ Li+ + n\ e-$
negatieve pool: $C + x\ Li+ + x\ e- \rightarrow CLin$

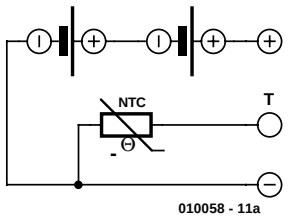
Bij het ontladen vindt exact de omgekeerde reactie plaats.

Problemen bij verkeerde behandeling

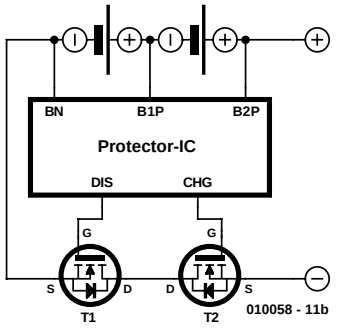
Lithium-ion-accu's kunnen erg slecht tegen overladen. Dit kan tot gasontwikkeling, oververhitting en zelfs tot explosie van de cel leiden. Als de laadspanning van 4,1 respectievelijk 4,2 V met meer dan 1% wordt overschreden, zullen de lithium-ionen in de cel omgezet worden in het element lithium zelf. Dit lithium reageert zeer heftig met het water uit het elektrolyt, wat uiteindelijk tot explosie van de cel zal leiden. Van de andere kant mag de laadspanning ook niet meer dan 1% kleiner dan de nominale waarde zijn, omdat de cel anders duidelijk capaciteit zal verliezen. 100 mV onder de drempel betekent al meer dan 7% capaciteitsverlies.
Diepontlading van Li-ion-accu's leidt tot ernstig capaciteitsverlies. Dit effect is onomkeerbaar, zodat koste wat kost vermeden moet worden dat de klemspanning onder het minimum raakt.
Deze niet bepaald robuuste eigenschappen zijn dan ook de reden dat losse Li-ion-cellen niet in iedere onderdelenzaak verkrijgbaar zijn. Meestal bieden de fabrikanten de afzonderlijke cellen alleen aan de industrie aan. Dit is ook de reden waarom van de standaard maten (zoals penlight-, baby- en monocellen) wordt afgeweken. Een groot gedeelte van de geproduceerde cellen gaat direct naar gespecialiseerde bedrijven die er specifieke accupacks mee bouwen, die alleen in het daarvoor bestemde apparaat (bijvoorbeeld laptop of camcorder) te gebruiken zijn. Deze methode moet ervoor zorgen dat altijd een geschikt laadapparaat gebruikt wordt.

Accupacks

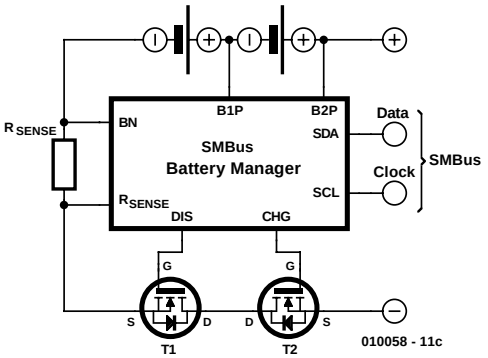
Een aantal voorbeeldschakelingen van accupacks is in **figuur 1** weergegeven. In het eenvoudigste geval is bij de accucellen een NTC-temperatuursensor opgenomen (**figuur 1a**). Een betere bescherming tegen overladen of diepontlading zijn de accupacks met een speciaal beveiligings-IC (**figuur 1b**, zie ook de paragraaf over 'actuele IC's'). Dit IC bewaakt de spanning over de individuele cellen en onderbreekt indien noodzakelijk de laad- of ontlaadstroom met behulp van twee MOSFET's. De MOSFET's T1 en T2 zijn antiparallel geschakeld, zodat de inwendige diode (de zogenaamde body-diode) de stroom bij een uitgeschakelde FET in de tegenovergestelde richting toch nog doorlaat. Als bijvoorbeeld T2 wordt ingeschakeld, dan zal de laadstroom die via de positieve aansluiting van het accupack bij de source van T1 aankomt via de body-diode van T1 en via de geleidende T2 bij de negatieve aansluiting geraken. Omgekeerd loopt de ontlaadstroom via de diode van T2 als MOSFET T1 in geleiding is. Als beide FET's sperren,



Figuur 1a. Schema van een accupack met temperatuursensor.

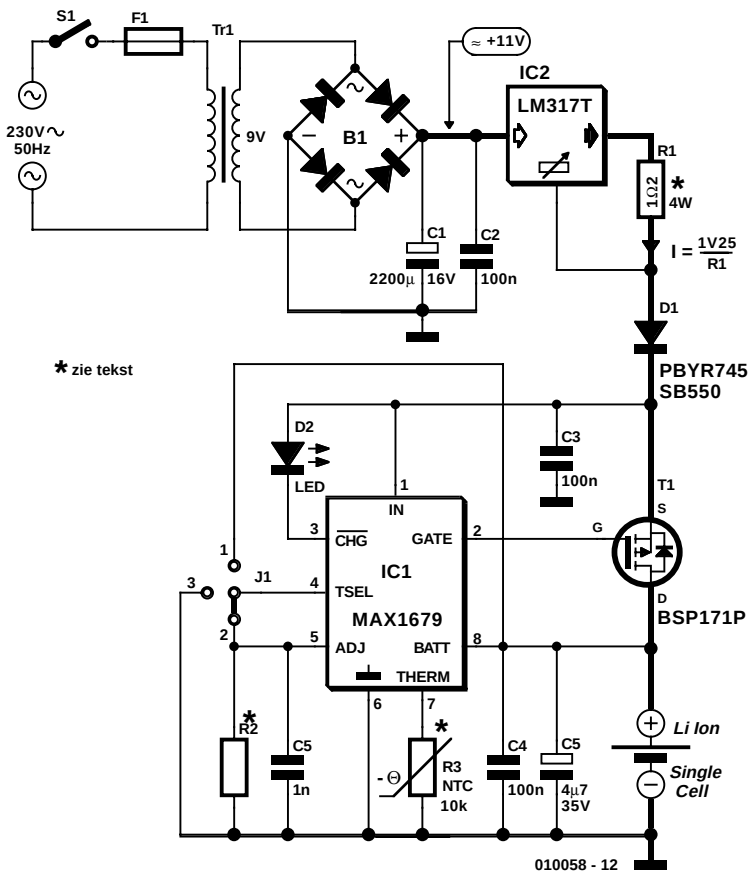


Figuur 1b. Schema van een accupack met beveiligings-IC.



Figuur 1c. Schema van een accupack met SMBus-battery-management-IC.

dan verhinderen de anti-parallel geschakelde body-dioden dat er een stroom kan lopen in beide richtingen.
Het beveiligings-IC voorkomt diepontlading door de accu's eenvoudig van de verbruiker af te schakelen. Ook zal het IC de accu's afschakelen als de laadspanning te hoog is. De standby-stroom van het IC is minder dan 1 µA.
Figuur 1c toont een accupack met een SMBus battery-manager-IC (SMBus = System Management Bus). Hier is aan de voorgaande oplossing nog een weerstand toegevoegd om de stroom te meten (R_{sense}, meestal enkele milli-ohms). Daarmee kan het manager-IC het laadproces nauwgezet volgen. Via de tweedraads-bus SCL (klok) en SDA (data) communiceert het accupack met de laadinrichting van het apparaat waarin het zich bevindt. Meer over de SMBus volgt verderop.
Uit veiligheidsoverwegingen hebben Li-ion-accu's (net zoals andere accu's) een overdrukventiel, zodat bij een eventuele overlading de daarbij vrijkomende gassen kunnen ontsnappen. Ter beveiliging tegen kortsluitingen is verder een PTC in de cellen ingebouwd. Door de kortsluitstroom wordt de PTC snel opgewarmd, waardoor zijn weerstand stijgt en de stroom gereduceerd wordt.



Figuur 2. Li-ion acculader met de MAX1679.

Laadtechnieken

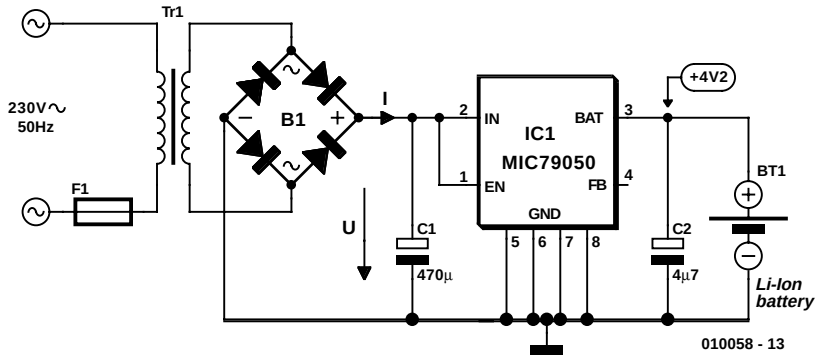
Het laden van een lithium-ion-accu geschiedt met een constante stroom/spanning. Hierbij wordt de celspanning nauwgezet bewaakt, omdat bij een verkeerde manier van laden de accu's snel hun capaciteit verliezen. Het laadproces begint met het meten van de celspanning bij het ontladen. Als deze spanning onder 2,5 V gedaald is, dan betekent dit dat de cel diepontladen is. Het is dan noodzakelijk om eerst met een voorzichtige laadstroom van slechts 5 mA (trickle charge) de cel uit deze toestand te halen (de zogenaamde prequalification). Als de cel de 2,5 V heeft bereikt, dan kan met een contante stroom van 1 C...2 C begonnen worden met snelladen. Deze fase van het laadproces duurt tot het tijdstip dat de celspanning 4,1 respectievelijk 4,2 V (+/- 5 mV) bedraagt. Hoe verder het laadproces vordert, des te meer neemt de laadstroom af. Deze zogenaamde top-off-fase is afgelopen als de stroom onder een bepaalde waarde daalt. In het algemeen is dat 5% van de waarde van de stroom uit de snellaad-fase, dus ongeveer 0,05 C...0,1 C. Dan is de Li-ion-cel vol.
Zolang de cellen nog niet volledig geladen zijn, kunnen ze een hogere spanning dan 4,2 V verdragen, bijvoorbeeld bij pulsladen.
Voor de zekerheid wordt het laden met timers gecontroleerd. Er is een timer voor het snelladen en een timer voor de totale laadtijd. Als de timer voor het snelladen afloopt voordat de cel de spanning van 4,2 V bereikt heeft, dan breekt de controller het laden af en geeft een foutmelding. Als het laden niet eerder op een normale manier beëindigd wordt, beëindigt de timer voor de totale laadtijd de top-off-fase.
Omdat Li-ion-accu's een zeer geringe zelfontlading hebben, is onderhoud van de lading niet nodig. Voortdurend een kleine stroom toevoeren zou zelfs tot overladen van de cel leiden. Bovendien controleert een NTC-sensor normaal gesproken de temperatuur van de accucellen. Wordt de cel bij het laden te heet, dan onderbreekt het laad-IC het proces net zo lang totdat de cel afgekoeld is. Het toelaatbare temperatuurbereik ligt bijvoorbeeld tussen +2 °C en +45 °C.

Tabel 1. LED-aanduiding bij MAX 1679.

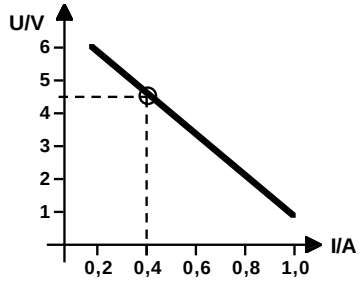
Status LED	Betekenis
LED knippert	Prequalification (V_{bat} < 2.5 V)
LED aan	Laden (snelladen resp. top-off-laden)
LED knippert	Snellaad-timer afgelopen
LED knippert elke 3,5 s	Laden beëindigd

Eenvoudige Li-ion-laad-IC's

Met de MAX1679 van Maxim en enkele andere onderdelen is eenvoudig een lithium-ion acculader te bouwen (**figuur 2**). Dit IC bewaakt de accuspanning over aansluiting BATT zeer nauwgezet en het schakelt met



Figuur 3a. Eenvoudige Li-ion-laadschakeling met netadapter en de MIC79050.



Figuur 3b. Belastingscurve van de netadapter.

Het verdwenen geheugeneffect

De Duitse consumentenorganisatie 'Stiftung Warentest' heeft afgelopen jaar accucellen van de gangbare maat mignon (penlight) getest. De resultaten, die in het tijdschrift Test (editie 7/2000) gepubliceerd werden, waren verbluffend:

Memory-effect

'Allemaal onzin', schrijft Test. De accu's (zowel NiCd als NiMH) werden 50 keer slechts voor de helft ontladen en vervolgens weer volgeladen. Hierna stond nog steeds de volledige capaciteit ter beschikking, zowel bij NiCd- als bij NiMH-accu's! Op dit onderdeel scoorden alle geteste accu's 'zeer goed'.

Zelfontlading

In tegenstelling tot vroegere ervaringen is de zelfontlading bij NiMH-accu's tegenwoordig geringer dan bij NiCd-accu's. De beste NiMH-accu haalde op dit onderdeel 'goed' (slechts weinig capaciteitsverlies na 80 dagen bij 20 °C), drie andere accu's kregen 'voldoende'. Alle geteste NiCd-accu's scoorden op het onderdeel zelfontlading 'onvoldoende', met uitzondering van één type dat 'bevredigend' kreeg..

Conclusie:

Moderne accu's hebben nauwelijks nog last van het geheugeneffect. NiMH-accu's hebben veel betere eigenschappen dan NiCd-accu's (behalve voor accugereedschap en modelbouw, maar ook dat verandert langzamerhand). RAM-cellen (regenereerbare alkali-mangaan-cellen) zijn overigens volgens Test een slap alternatief voor echte accu's. Ze zijn behoorlijk aan de prijs en kunnen maar een beperkt aantal keren worden opgeladen. In de test werden in plaats van de RAM-cellen ook normale alkali-mangaan-batterijen opgeladen. Deze cellen vertoonden exact hetzelfde gedrag als de duurdere alkali-mangaan-accu's.

MOSFET T1 een laadstroom uit een constante stroombron naar de cel. De stroombron is opgebouwd met spanningsregelaar IC2 en R1. Door de MOSFET met een variërende duty-cycle in en uit te schakelen is de gemiddelde laadstroom willekeurig in te stellen tussen nul en de maximale waarde. Op deze manier kan de zojuist beschreven laadcyclus voor Li-ion-accu's precies gevolgd worden. De MAX1679 schakelt de MOSFET tijdens de snellaadfase constant in geleiding; tijdens de top-off-fase wordt de FET met een wisselende duty-cycle in- en uitgeschakeld. Ook is het met de MAX1679 mogelijk de maximale accuspanning van 4,2 V met de noodzakelijke precisie van 1% te meten. Een LED toont de status van het laadapparaat (zie tabel 1).
Schottky-diode D1 voorkomt na het einde van het laadproces het ontladen van de accucel over de zogenaamde body-diode van de MOSFET. Op THERM is een NTC-weerstand aangesloten die de temperatuur van de cellen bewaakt. Met ADJ kan de interne referentiespanning ingesteld worden, waarmee de maximale celspanning van 4,2 V vastgelegd wordt. Deze kan indien nodig aangepast worden aan Li-ion-accu's met een klemspanning van 4,1 V. Met een draadbrug aan TSEL kunnen verschillende laadtijden gekozen worden (totale laadtijd tussen 2,8 en 6,25 uur). Om te voorkomen dat de accucel onnodig ontladen wordt, schakelt de MAX1679 zichzelf na het laden uit, zodat minder dan 1µA via BATT of T1 van de accu betrokken wordt.
Met netadapters die een geschikte belastingscurve hebben, kunnen uitermate simpele Li-ion-laadschakelingen worden gebouwd. **Figuur 3a** toont een schakeling met de MIC 79050 van Micrel (*www.micrel.com*). Voorwaarde hierbij is dat de stroombegrenzing via de inwendige weerstand van de trafo - de zogenaamde belastingscurve - zo verloopt dat uiteindelijk bij 4,5 V een stroom van 0,5...1,0 C loopt (in **figuur 3b** is dat 0,4 A). In de constante-stroom-laadfase wordt deze stroom direct naar de accucel geschakeld (waarvan de spanning minder dan 4,2 V bedraagt). Als de cel de in de MIC79050 ingestelde spanning van 4,2 V bereikt, dan volgt het laden met constante spanning. De laadstroom neemt daarbij af, terwijl de ingangsspanning van de MIC 79050 omhoog gaat.
Figuur 4 toont een schakeling met de LM3622 van National Semiconductor. Met dit IC werkt samen met een PNP-transistor en diode D1 als een lineaire regelaar die de spanning op accu B1 exact op de voorgeschreven waarde van 4,1 V respectievelijk 4,2 V per cel houdt. Met R_{sens}e kan de ontwerper van de schakeling met de formule
Laadstroom = 0,1 V / Rsense
de gewenste laadstroom instellen. Er moet op worden gelet dat transistor T1 het teveel aan ingangsvermogen in warmte om moet kun-

Tabel 2. Beveiligings-IC's voor Li-ion accupacks.

Fabricant	Type	Functie	Aantal cellen
Maxim	MAX 1665	Lithium-Ion Battery Pack Protector	2, 3 of 4 *
Maxim	MAX 1666	Advanced Lithium-Ion Battery Pack Protector	2, 3 of 4 *
ON Semiconductor	MC33348	Lithium Battery Protection Circuit	1
ON Semiconductor	MC33349	Lithium Battery Protection Circuit	1
ON Semiconductor	MC33351A	Lithium Battery Protection Circuit	3
Philips Semiconductors	SAA1502	Safety IC for Li-ion	1
TI / Unitrode	UCC3952	Li-ion Battery Protection IC	1

** andere versies van het IC bij verschillend aantal cellen*

Tabel 3. Eenvoudige laad-IC's voor Li-ion-accu's.

fabricant	Type	Functie	Aantal cellen
Maxim	MAX1679	Single Cell Li+ Battery Charger	1
Maxim	MAX1736	Single Cell Li+ Battery Charger for Current-Limited Supply	1
Micrel	MIC 79050	Simple Lithium-Ion Battery Charger	1
Linear Technology	LTC1730	Lithium-Ion Battery Puls Charger	1
Linear Technology	LTC1731	Lithium-Ion Linear Battery Charger Controller	1
Linear Technology	LTC1732	Linear Lithium Battery Charger Controller	1
Linear Technology	LTC1734	Lithium-Ion Linear Battery Charger	1
National Semiconductor	LM3420	Lithium-Ion Battery Charge Controller	1 ... 4 *
National Semiconductor	LM3620	Lithium-Ion Battery Charge Controller	1 ... 2 *
National Semiconductor	LM3622	Lithium-Ion Battery Charge Controller	1 ... 2 *
TI / benchmarq	bq2400	Linear Li-Ion/Li-Polymer Charger	1 ... 2
TI / benchmarq	bq2057	Li-Ion Charge Management IC	1 ... 2

** andere versies van het IC bij verschillend aantal cellen*

nen zetten.

Smart-battery-techniek

Met de opkomst van accugevoede laptops en mobiele telefoons is het noodzakelijk geworden relatief nauwkeurig te weten wanneer de accu leeg zal zijn. Niets is vervelender dan een accu die na een low-bat-waarschuwing net leeg is bij het saven. Intel en Duracell zijn daarom begonnen met het ontwikkelen van een intelligent accupack dat zowel informatie over het type accu (NiCd, NiMH, Li-ion enz.) als de momentele laadtoestand door middel van een tweedraads bus (de zogenaamde SMBus) toegankelijk maakt voor de processor van het desbetreffende apparaat. De in het accupack opgeslagen informatie over het optimale (snel-)laadverloop zorgt voor een lange levensduur van de gebruikte accucellen. Het accupack kan zelfs sturend optreden in de richting van het powermanagement-systeem, omdat daarvoor in de SBS-standaard diverse commando's zijn gedefinieerd. SBS staat voor Smart Battery System en dit kan zonder licentie door geïnteresseerde bedrijven worden gebruikt (*www.sbs-forum.org*). Omdat de laad- en ontlaadstromen zo nauwkeurig worden bewaakt, kan zeer precies de momentele laadtoestand - en daarmee ook de resterende bedrijfsduur - van een apparaat berekend worden. Laadcontrollers met de smart-battery-techniek worden onder andere ter beschikking gesteld door MAXIM (MAX1645, MAX1647/1648 en MAX1667) en Linear Technology (LTC1759).

Een andere component om Li-ion-

Tabel 4. Universele laad-IC's.

Fabricant	Type	Aantal cellen NiMH/NiCd	Aantal cellen Li-Ion	Type cel	Herkennen van einde laadproces
Maxim	MAX1772	2...4	2...4	Lood, Li-ion, NiCd, NiMH, universeel	Stroom- en spanningsinstelling via controller
National	LM3647	2...7	1...4	Li-ion, NiCd, NiMH, universeel	-ΔU, spanning, temperatuur, tijd
Linear Technology	LTC1325	1...8	1...3	Microprocessor-Controlled Battery Management System voor lood-, Li-ion-, NiCd- en NiMH-accu's	Spanning, stroom, temperatuur, tijd

Tabel 5. Lithium-ion stroombron-controllers.

Fabricant	Type	Aantal cellen Li-Ion	Functie	Herkennen van einde laadproces
Maxim	MAX1737 MAX1757 MAX1758	1...4 1...3 1...4	Stand-Alone Li-Ion Charger Controller	Voltage and Current Limit, Thermistor, Max Time

Web-adressen

Info over accu's:
www.ebatts.com/tips.asp
www.batteryweb.com
www.duracell.com/Fun_Learning/index.html
www.energizer.com/products/alkaline/
www.rconline.net/archiv-04/akku-faq/nimh_faq.shtml
www.rconline.net/archiv-04/akku-faq/akku.shtml
www.rconline.net/archiv-01/autobatterie/autobatterie.shtml
www.funk-akku.de (= www.akku-doktor.de, www.modellbauakku.de)
www.accu-profi.de/batterie_lexikon/index.html

Fabrikanten van accucellen:
www.accucell.de
www.accusonne.de
www.ansmann.de
www.durcacell.com
www.duracellusa.com
www.energizer.com,
www.energizer-eu.com
www.hitachi.com/products/material/batteries/index.html
www.panasonic.com/industrial_oem/battery/battery_home.htm
www.philipsbatteries.com
www.power-sonic.com/
www.renata.com
www.saft.alcatel.com
www.sanyo-energy-europe.com
www.sonnenschein-lithium.de
www.tdk-europe.com/
www.toshiba.com/taec
www.varta.de

Fabrikanten van IC's:
www.maxim-ic.com
www.national.com
www.onsemi.com
www.linear-tech.com
www.micrel.com
www.dalsemi.com
www.semiconductors.philips.com

accupacks mee te bewaken is de DS2760 van Dallas Semiconductor, die echter de Dallas eendraadsbus (one wire bus) gebruikt.

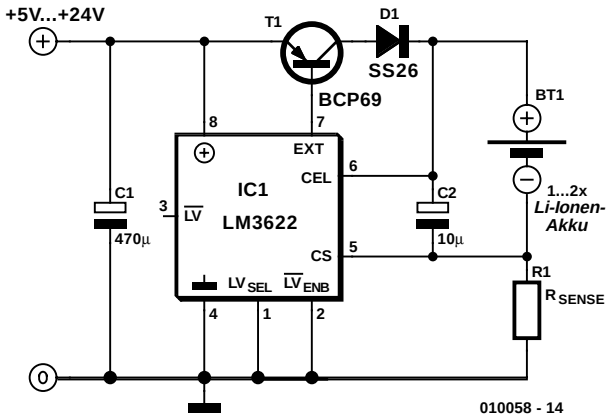
Actuele IC's

Het afgelopen jaar zijn diverse geïntegreerde schakelingen voor het laden en bewaken van lithium-ion-accu's op de markt gekomen. Vooral de fabrikanten Maxim, Linear Technology, ON-Semiconductor (spinn-off van Motorola), National Semiconductor en Philips Semiconductors hebben een breed scala aan producten en niet alleen Li-ion protectie- en laad-IC's. Micrel heeft de reeds beschreven eenvoudige MIC70050 in haar programma. Een overzicht is te vinden in de tabellen 2...5. Meer gedetailleerde informatie en datasheets zijn te vinden bij de fabrikanten op Internet. In het kader 'Web-adressen' zijn niet alleen de Internet-adressen te vinden van IC-fabrikanten, maar ook de adressen van bekende fabrikanten van accucellen en interessante sites met meer informatie over accu's.

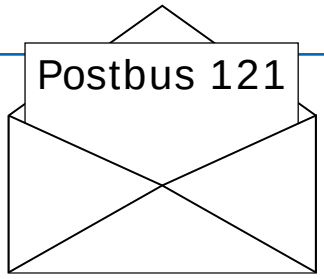
(010058)

Literatuur:

Nieuwe accu- en batterij-ontwikkelingen, Elektuur februari 2000.
Elektronica-online: Batterij-overzichten, Elektuur februari 2001
Intelligente acculader, Elektuur oktober/november 1999
Application Note 64, Using the LTC1325 Battery Management IC, Linear Technology, Augustus 1996



Figuur 4. Lineaire Li-ion-lader met de LM3622.



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. Gezien de hoeveelheid kunnen helaas niet alle brieven worden beantwoord en kan niet worden ingegaan op persoonlijke wensen en verzoeken om aanpassingen van of aanvullende informatie over Elektuur-projecten.
Stuur uw brief naar Postbus 121,
6190 AC BEEK.

CD-ROM-perikelen

In 'postbus 121' van juni was er een brief van iemand die het zo lastig vond dat hij steeds de drie CD's van de 'digitale schakelingenbibliotheek' in de CD-ROM-speler moest doen om een schakeling te bekijken. Ik snap niets van die vraag. Het volstaat toch om de CD's te registreren en achteraf uitsluitend CD3 te laten draaien en zo alle bestanden van CD1, CD2 en CD3 te zien?
Hugo Beekman

U hebt volkomen gelijk. Zo werkt dat.

Mini-PIC-programmer

In Postbus 121 van afgelopen juni vroeg Martijn Goedhart naar de software voor de in juli/augustus 2000 gepubliceerde mini-PIC-programmer. In antwoord daarop is hem abusievelijk naar mijn website verwezen. Daar is veel leuks te vinden, maar niet die software. De programmer in kwestie is een variatie op het exemplaar dat (inclusief DOS-software) is beschreven op http://homepage.ntlworld.com/matthew.rowe/micros/dosgear.htm. Deze pagina heb ik gevonden via http://www.piclist.com/techref/microchip/index.htm, en dat is dé site voor alles wat met PIC's te maken heeft.
Wouter van Ooijen

LED-thermometer

Ik ben begonnen met de bouw van de LED-thermometer uit april 2001 en ik heb een foutje gevonden in de onderdelenlijst. Bij Farnell blijkt code 760-704 namelijk onbekend. De juiste code voor de DS1621 is 670-704. Een kleinigheidje weliswaar, maar toch belangrijk.
Rik Deketelaere

Bedankt Rik!

EDiTS-booster

In de update van de in juli/augustus '99 beschreven booster staat in de onderdelenlijst een trafo van 2 x 25 V voorgeschreven, terwijl in alle andere publicaties over deze booster er gesproken wordt van een trafo van 2 x 18 V. Wat is nu juist?
Ad van Iersel

In genoemde onderdelenlijst is helaas een foutje geslopen. De *gelijkgerichte* spanning moet ca. 2 x 25 V zijn en de trafo wel degelijk 2 x 18 V. Onze excuses.

Limiter

Veel mensen -en vooral muzikanten- nemen geluid op via de computer of een ander digitaal medium. Wat je daar absoluut niet bij kunt gebruiken is oversturing: digitale vervorming is afgrijselijk en ook niet meer weg te poetsen. Daarom ben ik in de afgelopen tien jaargangen van Elektuur eens gaan zoeken naar een bruikbare limiter, maar heb vrijwel niets kunnen vinden. Ideetje dus...?
Hans van der Kroft

Bedankt voor de suggestie. Teruggaand in onze bestanden kwamen we alleen de 'eenvoudige kompressor/limiter' tegen uit de halfgeleidergids '92. We hebben onze audio-ontwerper gepolst en deze voelt er wel voor eens een nieuwe schakeling te maken. Dus die komt u t.z.t. wel in Elektuur tegen. Tot die tijd kunt in elk geval met de in oktober '98 beschreven 'digitale clipping-indicator' controleren of er sprake is van oversturing.

Nieuwe oude printen

Een aantal jaren geleden heeft een bekende elektronicazaak in Den Haag zijn deuren gesloten. Bij het opruimen van de inventaris zijn een groot aantal Elektuurprinten in mijn bezit gekomen. Het betreft printjes met bijvoorbeeld de nummers 79088-2, 79073, 79033, enz. De meeste zijn van ontwerpen die eind jaren '70 begin '80 in Elektuur zijn beschreven. Mocht er iemand interesse hebben, dan contact worden opgenomen met ondergetekende via email: zonneveld@muurkrant.nl of telefoonnr. 070-3648910.
Wim Zonneveld

We krijgen zo vaak vragen of oude printen nog verkrijgbaar zijn, dat we dit graag doorgeven aan onze lezers.

Trafo's

Goed nieuws voor alle buizenliefhebbers en tal van andere knutselaars. Hans de Vries (hans@donald-duck.ele.tue.nl) meldt dat de firma Pecksters Tube Amp Service (Romeinse Kassei, Tongeren) in België op bestelling heel voordelig transformatoren wikkelt. Met name bij reparatie van oude buizenapparaten kan dit een uitkomst zijn.

Trafo ETD-29

In de Elektuur-uitgave van januari '93 stond een '12 V TL-omvormer'. Die wil ik graag gaan bouwen omdat ik nergens anders een vergelijkbare schakeling kan vinden die geschikt is voor lampen van meer dan 8 watt. Ik kom echter in de problemen met het toegepaste trafo-zelfbouwsetje EB29 van Block. Er is niemand die me daar aan kan helpen en dat terwijl jullie in de 'hoogspanningsvoeding' van januari 2001 exact dezelfde trafoset hebben toegepast. Kennen jullie mogelijk het adres of de website van een leverancier of importeur?
Luuk Wendels

Er zijn wel vaker vragen geweest over de verkrijgbaarheid van genoemd trafopakket. Vreemd, want het pakket wordt nog steeds gemaakt en geleverd door fabrikant Block en o.a. de firma Farnell (www.farnell.com) heeft het gewoon op voorraad. Het pakket bestaat uit de volgende componenten:
– 2 x ETD29 halfcore, bestelnr. 305-6375
– 1 x ETD29 bobbin, bestelnr. 178-506
– 2 x ETD29 steelclip, bestelnr. 178-507

Draadloze Dolby Surround

Prachtig om te horen: Dolby-Surround. Verschrikkelijk om te zien: de kabelwirwar naar zes luidsprekerboxen. Een kennis van me heeft dit prachtig opgelost door in zijn huiskamer een aantal kabelgoten aan te brengen, maar iets dergelijks is natuurlijk niet altijd mogelijk. Dat brengt mij (en waarschijnlijk vele anderen) op de vraag: 'Kan een Surroundsysteem niet worden voorzien van een zender die alle luidsprekers via een ontvanger voorziet van signaal?' De draden blijven dan beperkt tot één onopvallende voedingskabel voor elke box. Dit lijkt me een aardige uitdaging voor een blad als Elektuur!
C. Berkhout

Technisch is dit inderdaad geen probleem, maar het wordt wel vrij kostbaar. Het werkt namelijk allleen als er (zes!) actieve luidsprekerboxen worden gebruikt met ingebouwde eindversterkers, want draadloze vermogensoverdracht is niet zo simpel te realiseren. Dat houdt in dat de in uw surroundreceiver aanwezige eindversterkers functieloos zijn en dat is natuurlijk jammer. Toch is uw suggestie interessant genoeg om eens over na te denken.

LS versus HC

Is het bij het in juni 2001 beschreven 'modulair puntmatrix-display' mogelijk om de 74LS138 en 74LS164 te vervangen door HC-versies of is dat niet zondermeer toegestaan?
Tom Marchand

Elektronisch gezien zijn beide families gelijk en wat dat betreft zou u ze dus inderdaad kunnen vervangen. Bij het genoemde ontwerp is het echter niet toegestaan, omdat de LS-typen meer stroom kunnen verwerken en

van die eigenschap hier gebruik is gemaakt. Verder zijn bij het modulair puntmatrix-display enkele uitgangen niet van een pull-up-weerstand voorzien. Bij de LS-typen is dat niet erg omdat die een 'ingebouwde' pull-up hebben, maar bij gebruik van HC(T)-versies komt u onherroepelijk in de problemen.

Vervanging 9710M-luidsprekers

Jaren geleden alweer, heb ik twee luidsprekerzuiltjes ontworpen voor de 9710M van Philips. In de jaren '60...'70 was dat een heel fameuze hifi-luidspreker. Onlangs is echter een van de 9710's gesneuveld. De zuiltjes passen zeer goed in ons interieur, reden waarom ik ze liefst niet wil afdanken maar er gewoon nieuwe luidsprekers in wil monteren. Helaas is de 9710M niet meer te krijgen. Kan ik deze vervangen door speakers van hetzelfde model en overeenkomstig aantal watts zonder kwaliteitsverlies?

Ido Wolters

Het aantal watts oftewel de belastbaarheid van een luidspeker is niet zo'n belangrijk criterium. Waar het bij vervanging van een luidspreker om gaat is dat u de zogeheten Thiele/Small-parameters van de luidspreker in kwestie kent. In combinatie met de inhoud en het type behuizing, zijn die parameters bepalend voor de basweergave. Het gebruik van genoemde parameters was ten tijde van de productie van de 9710M nog niet zo in zwang, dus wij kennen de parameters ervan niet. Als u zonder de precieze eigenschappen te kennen toch op zoek wilt gaan naar een geschikte vervanger, kunt u het beste een type nemen met een vergelijkbaar stugge ophanging, dus geen luidspreker met een soepele rubber rolrand. En natuurlijk moet het net als de 9710M een breedbandluidspreker zijn, die in zijn eentje het hele audiobereik kan weergeven. Woofers zijn ongeschikt, omdat die niet verder gaan dan enkele kiloherz en in combinatie met een tweeter (en een scheidingsfilter) gebruikt moeten worden.

Portable radio op kabel aansluiten?

Op mijn studeerkamer gebruik ik een radio/cassettespeler die alleen een sprietantenne heeft en geen antenne-aansluitbus. Daardoor kan ik jammer genoeg geen zenders ontvangen die alleen via de kabel uitzenden. Is daar een oplossing voor of moet ik toch een andere radio kopen mét een antenne-ingang?

Wyben

U hoeft geen andere radio te kopen, want er bestaat een misschien niet zo elegante maar wel heel eenvoudige oplossing voor uw probleem. U schuift de telescoopantenne van de radio helemaal in en en verbindt hem vervolgens met behulp van een geschikt klemmetje (kroonsteentje, krokodillenklem) met de binnenader van de coaxkabel van het centrale antennesysteem. De als massa fungerende buitenmantel sluit u simpelweg niet aan. Dat laatste is niet helemaal zoals het hoort, maar meestal levert deze manier van aansluiten niettemin een prima ontvangst van de kabelsignalen op.

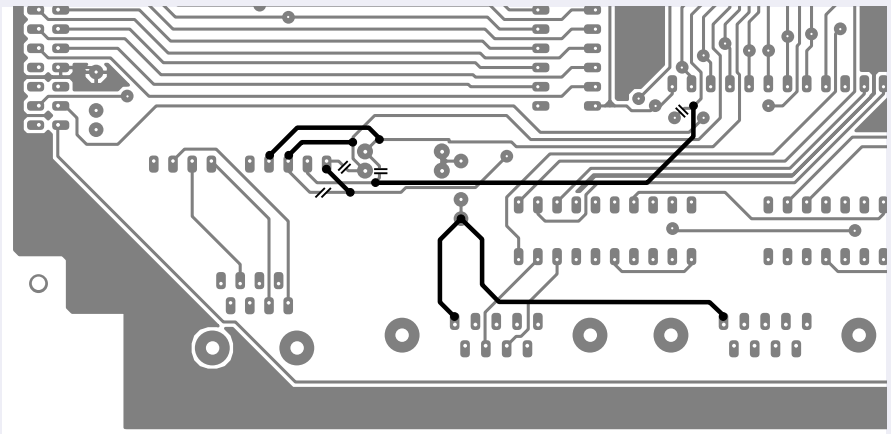
Het LEK van Elektuur

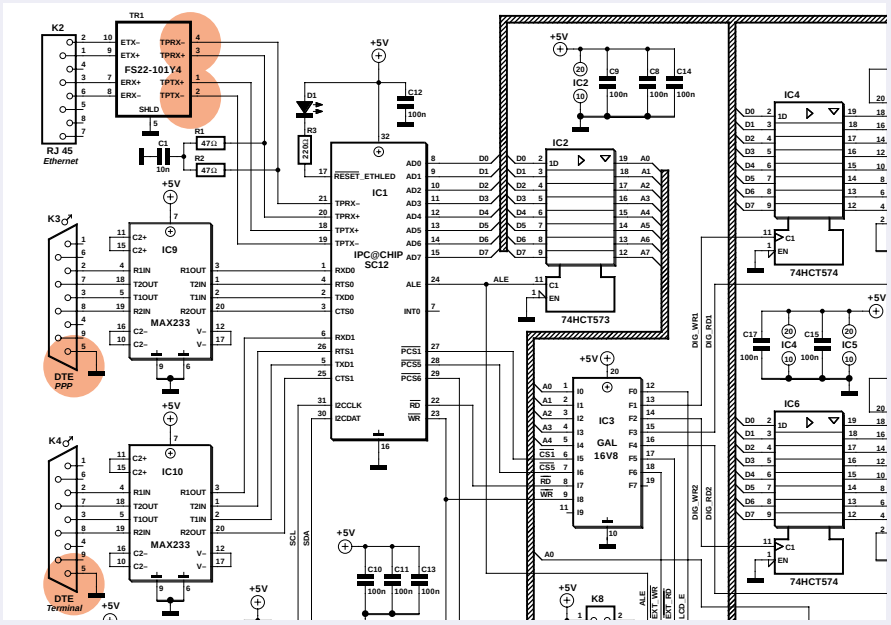
PC-remote-control (juni '01)

In het schema ontbreken de ontkoppelcondensatoren C1 en C2 (resp. 100 n en 10 µ). ze zitten echter wel op de print en zijn ook in de onderdelenlijst vermeld.

Mini-Webserver (juli/aug. '01)

Zoals vorige maand al vermeld, dient pen 5 van K3 en K4 met massa te worden verbonden. Anders kunnen er soms problemen ontstaan met de seriële interface.
Door een aansluitfout van trafo Tr1 werkt voorts ook de ethernet-interface niet naar behoren. Op de print zijn zowel de aansluitingen 1 en 3, als 2 en 4 verwisseld, omdat oorspronkelijk een andere trafo was voorzien. Bijgaand het gecorrigeerde deel van het schema. De in juli/augustus afgebeelde print-layout vertoont deze fout ook en moet daarom op de hier aangegeven manier worden gemodificeerd. Op de in de Elektuur-Service leverbare printen zijn de fouten inmiddels hersteld. Dat geldt vanaf half augustus eveneens voor de print-layout die op onze website ter beschikking staat. Mocht u de layout al eerder hebben gedownload, dan goed controleren of voor de zekerheid opnieuw downloaden.





van die eigenschap hier gebruik is gemaakt. Verder zijn bij het modulair puntmatrix-display enkele uitgangen niet van een pull-up-weerstand voorzien. Bij de LS-typen is dat niet erg omdat die een 'ingebouwde' pull-up hebben, maar bij gebruik van HC(T)-versies komt u onherroepelijk in de problemen.

Vervanging 9710M-luidsprekers

Jaren geleden alweer, heb ik twee luidsprekerzuiltjes ontworpen voor de 9710M van Philips. In de jaren '60...'70 was dat een heel fameuze hifi-luidspreker. Onlangs is echter een van de 9710's gesneuveld. De zuiltjes passen zeer goed in ons interieur, reden waarom ik ze liefst niet wil afdanken maar er gewoon nieuwe luidsprekers in wil monteren. Helaas is de 9710M niet meer te krijgen. Kan ik deze vervangen door speakers van hetzelfde model en overeenkomstig aantal watts zonder kwaliteitsverlies?

Ido Wolters

Het aantal watts oftewel de belastbaarheid van een luidspeker is niet zo'n belangrijk criterium. Waar het bij vervanging van een luidspreker om gaat is dat u de zogeheten Thiele/Small-parameters van de luidspreker in kwestie kent. In combinatie met de inhoud en het type behuizing, zijn die parameters bepalend voor de basweergave. Het gebruik van genoemde parameters was ten tijde van de productie van de 9710M nog niet zo in zwang, dus wij kennen de parameters ervan niet. Als u zonder de precieze eigenschappen te kennen toch op zoek wilt gaan naar een geschikte vervanger, kunt u het beste een type nemen met een vergelijkbaar stugge ophanging, dus geen luidspreker met een soepele rubber rolrand. En natuurlijk moet het net als de 9710M een breedbandluidspreker zijn, die in zijn eentje het hele audiobereik kan weergeven. Woofers zijn ongeschikt, omdat die niet verder gaan dan enkele kiloherz en in combinatie met een tweeter (en een scheidingsfilter) gebruikt moeten worden.

Portable radio op kabel aansluiten?

Op mijn studeerkamer gebruik ik een radio/cassettespeler die alleen een sprietantenne heeft en geen antenne-aansluitbus. Daardoor kan ik jammer genoeg geen zenders ontvangen die alleen via de kabel uitzenden. Is daar een oplossing voor of moet ik toch een andere radio kopen mét een antenne-ingang?

Wyben

U hoeft geen andere radio te kopen, want er bestaat een misschien niet zo elegante maar wel heel eenvoudige oplossing voor uw probleem. U schuift de telescoopantenne van de radio helemaal in en en verbindt hem vervolgens met behulp van een geschikt klemmetje (kroonsteentje, krokodillenklem) met de binnenader van de coaxkabel van het centrale antennesysteem. De als massa fungerende buitenmantel sluit u simpelweg niet aan. Dat laatste is niet helemaal zoals het hoort, maar meestal levert deze manier van aansluiten niettemin een prima ontvangst van de kabelsignalen op.

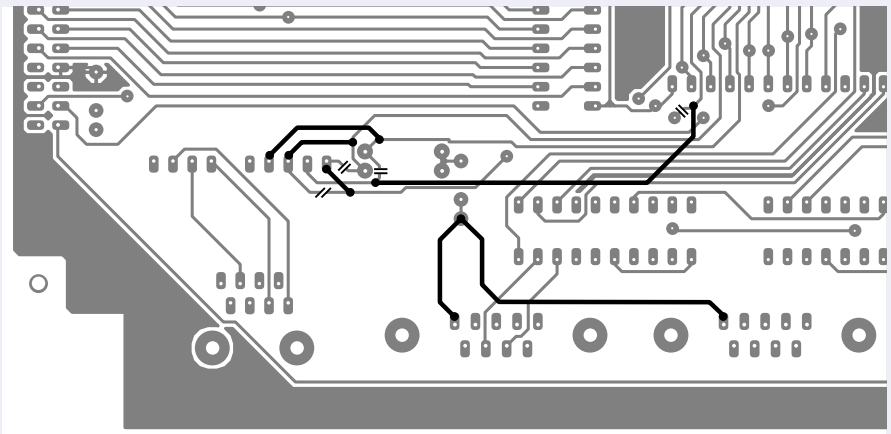
Het LEK van Elektuur

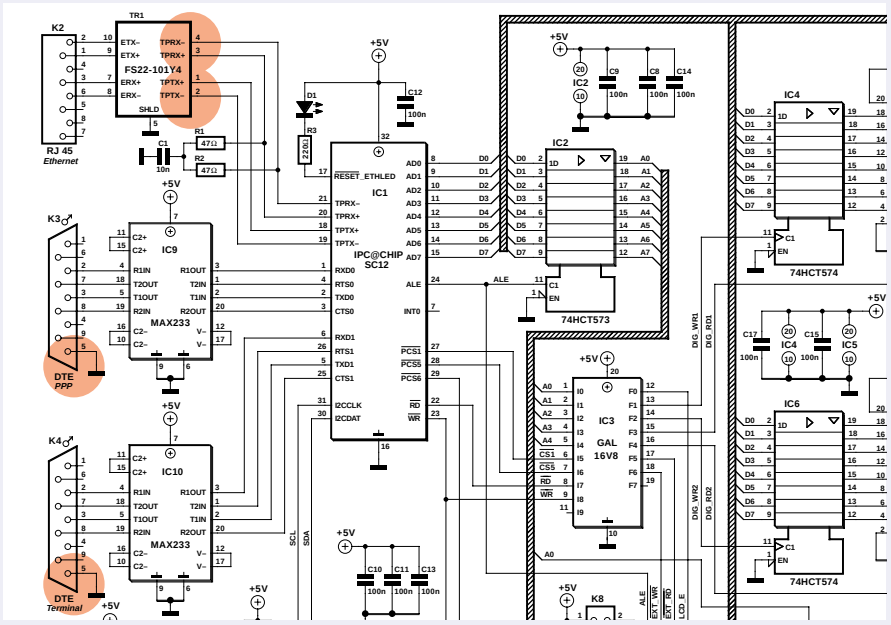
PC-remote-control (juni '01)

In het schema ontbreken de ontkoppelcondensatoren C1 en C2 (resp. 100 n en 10 µ). ze zitten echter wel op de print en zijn ook in de onderdelenlijst vermeld.

Mini-Webserver (juli/aug. '01)

Zoals vorige maand al vermeld, dient pen 5 van K3 en K4 met massa te worden verbonden. Anders kunnen er soms problemen ontstaan met de seriële interface.
Door een aansluitfout van trafo Tr1 werkt voorts ook de ethernet-interface niet naar behoren. Op de print zijn zowel de aansluitingen 1 en 3, als 2 en 4 verwisseld, omdat oorspronkelijk een andere trafo was voorzien. Bijgaand het gecorrigeerde deel van het schema. De in juli/augustus afgebeelde print-layout vertoont deze fout ook en moet daarom op de hier aangegeven manier worden gemodificeerd. Op de in de Elektuur-Service leverbare printen zijn de fouten inmiddels hersteld. Dat geldt vanaf half augustus eveneens voor de print-layout die op onze website ter beschikking staat. Mocht u de layout al eerder hebben gedownload, dan goed controleren of voor de zekerheid opnieuw downloaden.





Spierstimulator

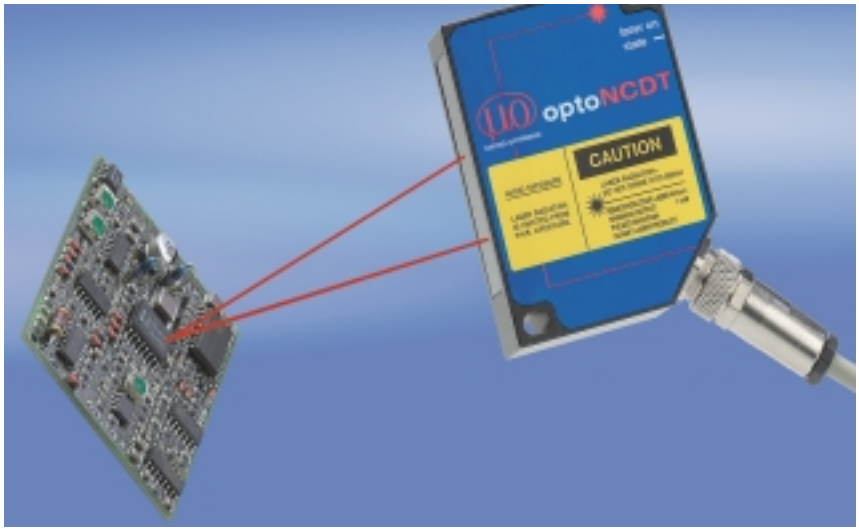
Met een zekere regelmaat krijgen we op de redactie vragen over de in april 2000 beschreven 'spierstimulator', en dan met name over de transformator. Bruikbaar zijn ondermeer het Conrad-type 51 61 04, de Monacor TR1025LC (bestelnr. 17.0270), de TR1008E (bestelnr. 17.0410) of TR1005 (bestelnr. 17.0230). In het artikel staat dat dit een 20-W-type is met een impedantie van 4 en 16 Ω en dat de transformatieverhouding 1:10 is. De meeste vragenstellers komen daar echter niet uit wijs.
De toegepaste trafo is een zogenaamde 100-V-trafo voor de momenteel wat in onbruik geraakte omroep-audiosystemen die met een constante uitgangsspanning werken. Om dit concept te begrijpen, kijken we eerst even naar onze netspanning van 230 V. Op die 230 V kunnen we verschillende vermogens afnemen; een spaarlamp neemt bijvoorbeeld maar 11 W, een gloeilamp 75 W en de wasmachine 3000 W op. Waarom verbruiken die apparaten niet evenveel?: omdat ze een andere weerstand hebben. De 11-W-lamp neemt een stroom op van 11/230 = 48 mA, de 75-W-lamp een stroom van 326 mA en de wasmachine een stroom van 13 A. Ze hebben daarom een weerstand van respectievelijk 230/0,048 = 4809 Ω, 230/0,326 = 705 Ω en 230/13 = 17,7 Ω. Dus de weerstand bepaalt het opgenomen vermogen. Een hoge weerstand betekent weinig vermogen, en lage weerstand veel vermogen.
Nu terug naar ons omroepaudiosysteem. Daar is de spanning niet 230 V, maar 100 V constant, dat heeft men in het verleden eens zo afgesproken. Om 20 W af te nemen moeten we dan een weerstand van 500 Ω aansluiten, om 10 W af te nemen moet de weerstand 1000 Ω zijn. De trafo van 20 W heeft dus een weerstand (impedantie) van 500 Ω en die van 10 W 1000 Ω. Secundair hebben ze volgens de fabrikant beide 4 Ω. De *weerstandsverhouding* is dus 500/4 = 125 voor de 20-watter en 250 voor de 10-watter. Nu wordt vaak de fout gemaakt om te denken dat dit de transformatieverhouding is. Dat is niet zo, want de transformatieverhouding is gelijk aan de verhouding tussen de primaire en secundaire *spanningen* (niet weerstanden). Primair staat er 100 V op, dat weten we. Welke spanning komt er secundair uit? Dat kunnen we uiteraard ook uitrekenen, namelijk diezelfde 20 W over 4 Ω. Om in een weerstand van 4 Ω 20 W te verstoken, moet er over deze weerstand 8,95 volt staan (reken maar na: 8,95 V/4 Ω is een stroom van 2,224 A; het vermogen is dus 8,95*2,24 = 20 W). De trafo is dus door de fabrikant zo gemaakt dat de transformatieverhouding 100/8,95 oftewel 11,17 is. In de praktijk iets lager om de verliezen te compenseren, en in ons artikel hebben we dit naar 1:10 afgerond.
Tot veler verrassing wellicht is de transformatieverhouding van de 10-W-trafo *groter* en niet kleiner! Voor 10 W over 4 Ω is namelijk. een kleinere spanning nodig van 6,32 V, en 100/6,32 is 15,82. Een **kleinere** trafo geeft in de spierstimulator dus een **hogere** uitgangsspanning, want de trafo wordt daar gebruikt om de spanning omhoog te brengen. Dat is niet zo erg want de uitgangsspanning is immers vanaf nul instelbaar; de potmeter hoeft nu gewoon iets minder ver te worden open gedraaid.
Dan nog het fenomeen van de 4 en 16 Ω aan de secundaire kant. Veel lezers vragen waarom de 8-Ω-aftakking niet als middenaftakking is genomen. Het antwoord is simpel: niet de 8-Ω- maar de 4-Ω-aftakking is het midden van de 16-Ω-wikkeling! Ook hier moet immers weer naar de spanning en niet naar de weerstand gekeken worden. En zoals u uit bovenstaand verhaal wel al had begrepen, is de spanning evenredig met de wortel uit de weerstand (oftewel de weerstand gaat kwadratisch met de spanning).

Contactloze afstandsmeting

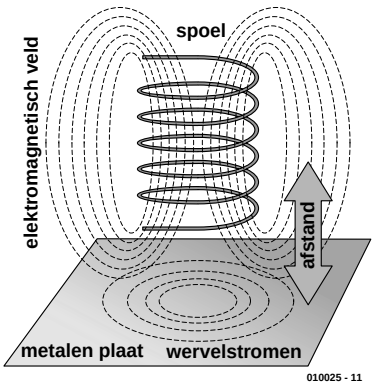
Josef Häuser

Contactloze afstandssensoren dragen steeds vaker bij tot het oplossen van meetproblemen zoals vibratie, uitwijking en doorbuiging. In deze bijdrage wordt een aantal gangbare meetmethoden toegelicht.

In de praktijk wordt gekozen voor contactloze afstandsmeting als op het te meten object geen kracht mag worden uitgeoefend. Soms is het te meten object erg kras- of bewegingsgevoelig. Hierbij valt te denken aan toepassingen in onderzoek en ontwikkeling, kwaliteitsbewaking en het bewaken van machines en werktuigen. In deze gevallen wordt bij voorkeur gekozen voor een contactloze afstandsmeting. Voor deze taak zijn een groot aantal sensoren in de handel. Deze sensoren werken op verschillende basisprincipes. Drie van deze basisprincipes zijn de laatste jaren sterk naar voren gekomen: het wervelstroomprincipe, het capacitieve principe en het optische driehoeksprincipe.

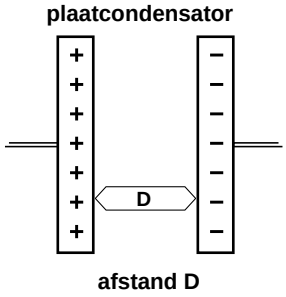


Wervelstroomprincipe



Binnen de discipline van de magnetische meetmethoden neemt het wervelstroomprincipe een bijzondere positie in. De methode berust op het onttrekken van energie uit een resonantiekring. Dit gebeurt door een elektrisch geleidend vlak in de omgeving van een spoel te brengen. In **figuur 1** wordt een metaalplaat getoond in de omgeving van een spoel waardoor een hoogfrequente wisselstroom loopt. Door het magnetische veld rond de spoel worden in de metaalplaat wervelstromen geïnduceerd. Het door de wervelstromen veroorzaakte eigen veld is tegengesteld gericht aan het veld van de spoel. Het hierdoor veroorzaakte energieverlies beïnvloedt de wisselstroomweerstand van de sensorspoel. Als gevolg hiervan varieert de amplitude van de spoelspanning als functie van de afstand tot de metaalplaat. Deze meetmethode staat bekend als het wervelstroomprincipe en vereist een oscillator met een stabiele frequentie en amplitude. Meestal ligt de frequentie van een dergelijk meetsysteem tussen 1 en 2 MHz en de spoel wordt uitgevoerd als luchtspoel zonder ferrietkern.

Capacitieve principe



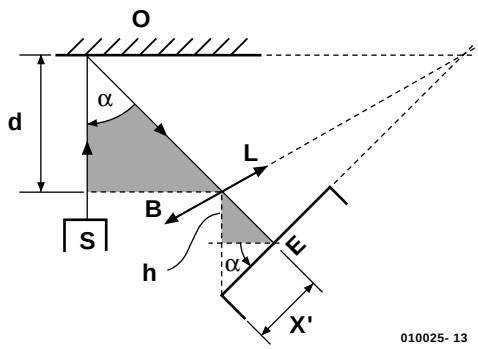
$$X_C = \frac{1}{j\omega C};\quad C = \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{F}{d}$$

$$X_C = \text{constante} \cdot \text{afstand}$$

010025 - 12

Het principe van de capacitieve meetmethode berust op de theoretische werking van de condensator, zoals in **figuur 2** is afgebeeld. Het variëren van de afstand tussen de platen resulteert in een capaciteitsverandering. Bij een meetsysteem volgens het capacitieve principe vormen de condensatorplaten de feitelijke sensor. Wordt door deze condensator een constante wisselstroom gestuurd (met een constante frequentie), dan zal de amplitude van de spanning omgekeerd evenredig zijn met de afstand tussen de platen. Tegelijkertijd wordt in de versterker-elektronica een regelbare compensatiespanning opgewekt. Na gelijkrichting van beide wisselspanningen wordt de verschilspanning versterkt. Deze verschilspanning vormt het uitgangssignaal van de sensor. Een dergelijke sensor heeft een hoge lineariteit, omdat het meetprincipe in de praktijk bijna ideaal is uit te voeren.

Optische driehoeksprincipe



Bij het meten volgens het optische driehoeksprincipe wordt gebruik gemaakt van een gepulste laserstraal. Het principe berust op het vergelijken van overeenkomstige driehoeken (**figuur 3**). De ene driehoek is de objectdriehoek, gevormd door het object en een lens. De andere driehoek is de beelddriehoek, gevormd door de lens en de ontvanger. De ontvanger bestaat uit een fotodiode of een reeks CCD-elementen. Het door het object gereflecteerde licht is diffuus en wordt door de lens opnieuw gefocusseerd. De beste focussering wordt bereikt wanneer het object, de lens en de ontvanger in een lijn staan. Hieruit volgt de vergelijking:

$$\Delta d = \frac{B \cdot h}{\cos(\alpha)} \cdot \frac{1}{\Delta x}$$

De door de sensor afgegeven meetwaarde wordt door de in de sensor aanwezige elektronica uiteindelijk omgezet in een genormeerd signaal, zoals een uitgangsspanning van 0...10 V of een current-loop-signaal van 4...20 mA. In sommige sensoren wordt de gemeten waarde direct gedigitaliseerd tot een RS232- of RS485-compatibel signaal. Samen met een PC en de benodigde software kan vrijwel elk meetprobleem worden opgelost. Hierbij kan ook gebruik worden gemaakt van de meetkaart die eerder in Elektuur is beschreven (De PC als meetlaboratorium, Elektuur oktober 2000). Een breed aanbod van lasersensoren volgens de driehoeksmethode is te vinden via de homepage van de auteur: *http://home.t-online.de/home/ Josef.Haeuser*

(010025)

Tabel 1. Vergelijking van de verschillende meetmethodes.

Wervelstroomprincipe

voordelen
- bruikbaar met alle geleidende metalen (ferro- en nonferro-metalen)
- geringe afmetingen van de sensor
- ongevoelig voor vuil, stof, vocht en olie in de sensorrruimte
- ongevoelig voor stoorvelden
- groot temperatuurbereik
- grote meetnauwkeurigheid

beperkingen
- uitgangssignaal en lineariteit afhankelijk van de elektrische en magnetische eigenschappen van het meetobject
- individuele linearisering en calibratie zijn noodzakelijk
- de lengte van de sensorkabel is door de hoge frequenties beperkt tot 12...18 m
- de sensordoorsnede en het meetvlak van de sensor nemen toe bij groter meetbereik

Capacitieve principe

voordelen
- bij metalen als meetobject materiaalonafhankelijk en dus gelijkblijvende gevoeligheid en lineariteit voor alle metalen
- grote temperatuursonafhankelijkheid omdat de temperatuurcoëfficiënt van de geleidbaarheid van het object geen rol speelt
- ook bruikbaar voor meetobjecten bestaande uit isolerend materiaal

beperkingen
- gevoelig voor veranderingen van het diëlektricum en daarom alleen in een schone en droge omgeving bruikbaar
- lengte van de sensorkabel is beperkt door de invloed van de kabelcapaciteit
- de sensorafmetingen nemen toe bij groter meetbereik

Optische driehoeksprincipe

voordelen
- kleine afmetingen van het meetvlak
- groot meetbereik mogelijk
- materiaalonafhankelijk

beperkingen
- beperkt bruikbaar bij materialen met een geringe ruwheid (zoals spiegels, glas en gepolijste metalen) of materialen met een geringe reflectie, zoals matzwarte oppervlakken
- beperkt bruikbaar bij materialen waar het licht enigszins in doordringt zoals glas, keramiek en kunststoffen
- voor een betrouwbare werking is een schone omgeving noodzakelijk

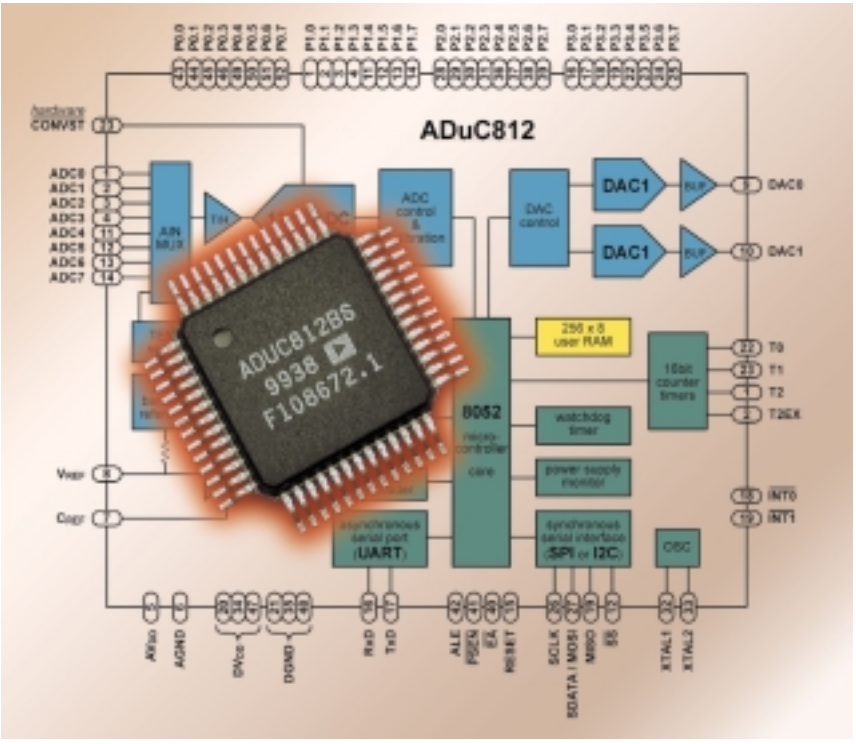
ISAC

Intelligente sensor/actuator-controller Deel 1

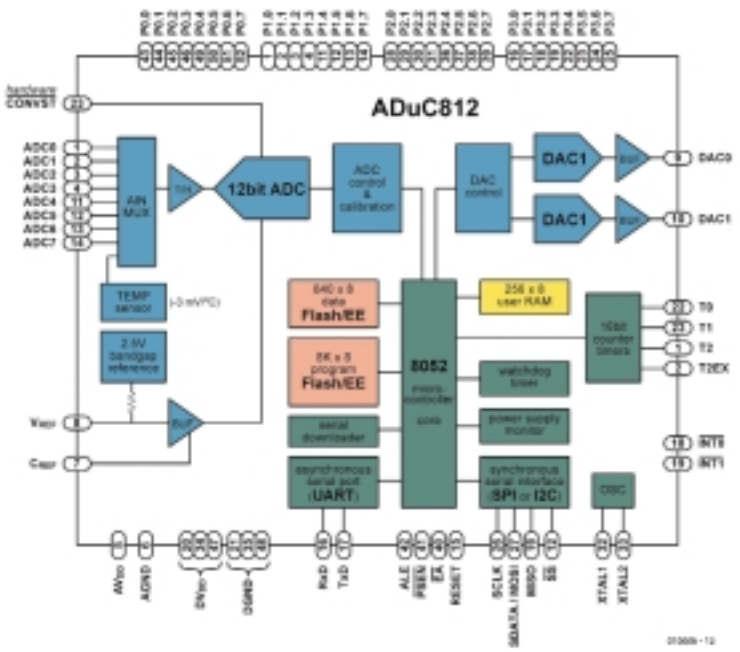
Prof. dr. Bernd vom Berg, dipl.-ing. Peter Groppe en dipl.-ing. Michael Müller-Aulmann

MicroConverters zijn speciale 8-bits microcontrollers voor nauwkeurige sensor/actuator-toepassingen. Deze nieuwe bouwstenen van Analog Devices combineren een krachtige microcontroller van de 8051-familie (inclusief flash-programma- en datageheugen) met een meerkanaals 12-bits analoge interface die naast een aantal A/D-omzetters ook over een paar D/A-omzetters beschikt.

In dit eerste deel over ISAC bespreken wij de ADuC812, een MicroConverter met randapparatuur op de chip zelf. We hebben uiteraard een eenvoudige experimenteeropzet (deel 2) ontworpen voor de eerste en volgende schreden in de wereld van de MicroConverters.
Het zelf ontwikkelen van programmatuur is goed te doen omdat Analog Devices gratis een volledig ontwikkelsysteem (IDE, Integrated Development Environment) ter beschikking stelt. In het derde deel van de serie gaan we daar op in.
We sluiten dan af met een paar toepassingen zoals het aansluiten van een toetsenbord, ontvangst van de DCF77-tijdsignalen en de werking van een optische draai-encoder.
De naam ISAC (Intelligent Sensor/ Actuator Controller) wil niet zeggen dat deze MicroConverter alleen in dat toepassingsgebied te gebruiken is; het is ook een uitstekende component voor meet- en regeltoepassingen.
Met het concept van de MicroConverter komt Analog Devices tegemoet aan de vraag van ontwikkelaars naar producten die gekarakteriseerd kunnen worden met de omschrijving System on a Chip, SoC. Analog Devices staat bekend om zijn A/D- en D/A-omzetters van hoge kwaliteit. Die knowhow is gecombineerd met de inmiddels volwassen geworden flash-CMOS-technologie en een microprocessorkern die als industriestandaard beschouwd mag worden. Zo kwam de nieuwe familie MicroConverters tot stand.



Tabel 1 geeft een overzicht.
In combinatie met een of meer sensor/actuator-systemen kunnen met deze MicroConverters zogenaamde intelligente sensor/actuator-systemen (Smart Sensors/Actors) worden opgezet.
Midden 1999 zag het eerste lid van deze MicroConverter-familie het licht, de ADuC812. In **tabel 2** zijn de technische gegevens van deze en verder ontwikkelde chips samengevat.



Figuur 1. Blokschema van de ADuC812.

De ADuC812

Op de foto bij dit artikel is de eerste vertegenwoordiger van de familie te zien. **Figuur 1** toont het inwendige in de vorm van een blokschema.

De processor is een standaard 8051-kern. In **tabel 3** zijn de gegevens samen met de extra's van de ADuC812 samengevat. Omdat het hart van de ADuC812 behoort tot de 8051 familie, kunnen alle 8051-programmeertools gebruikt worden. Wat betreft de programmeertalen zijn dat assembler (ASM51), Basic52, Pascal51 en C51. Een goed voorbeeld van een prettige geïntegreerde ontwikkelingsomgeving (IDE) is µVision van de firma Keil. Analog Devices heeft een complete gratis verkrijgbare verzameling gereedschappen, de QuickStart Development Tools. Deze komen in het derde deel van deze serie aan de orde.

Het eerste dat opvalt ten opzichte van de 8051 is het flash-EEPROM-programmageheugen van 8 Kbyte. Dit geheugen kan rechtstreeks vanuit de ontwikkel-PC via de seriële poort en de on-chip-UART worden geladen met het toepassingsprogramma. De noodzakelijke 'Serial Downloader' met de vereiste spanningen voor de flash-programmering zijn al op de MicroConverter-chip meegebakken. Voor het downloaden is dus geen extra hardware nodig.

Aan de kant van de PC zorgt een Windows-programma voor een feilloze overdracht van de vertaalde Intel-HEX-bestanden naar het MicroConverter-systeem dat in het volgende artikel beschreven wordt. De gedetailleerde structuur van het programmageheugen van de ADuC812 is in **figuur 2** te zien.

Omdat de ADuC812 al met 8 Kbyte flash-EEPROM-geheugen op de chip zelf is uitgerust, kan men veel toepassingen zonder extern EPROM-geheugen aan. Voor grotere toepassingen kan het geheugen extern worden uitgebreid tot een totaal van 64 Kbyte. De ADuC812 zorgt dan zelf voor de omschakeling tussen intern en extern geheugen.

Binnenkort ligt de volgende mijlpaal van de 8-bit-mC-techniek op uw werkbank: Met de AduC824B2 (zie **tabel 2**) krijgt u de eerste 8051-micro ter wereld waarbij het hele programmageheugen van 64 Kbyte op de chip is meegebakken. Het gaat hierbij om een flash-EEPROM dat door de ontwikkelaar zelf rechtstreeks kan worden geladen. Het is dan niet meer nodig om het geheugen extern uit te breiden, afgezien van speciale toepassingen met memory-mapping.

De laatste belangrijke vraag die dan nog over blijft is wat er met het (nog) externe datageheugen van de 8051 gebeurt (**figuur 3**).

Bij de ADuC812 valt het op dat er voor het datageheugen op de chip geen voorzieningen zijn getroffen om dat extern aan te sturen. Je bent dan voor de opslag en bewerking van je gegevens aangewezen op het interne RAM van 256 bytes, zoals bij de 8051 gebruikelijk is. Als je meer datageheugen nodig hebt dan kun je tot 16 Mbyte (!) extern adresseren (bij de 'normale' 8051 ging dat niet verder dan 64 Kbyte). De afgeleide MicroConverter ADuC812B2 heeft echter wel al 4 Kbyte data-RAM aan boord. Dit geheugen is ook als

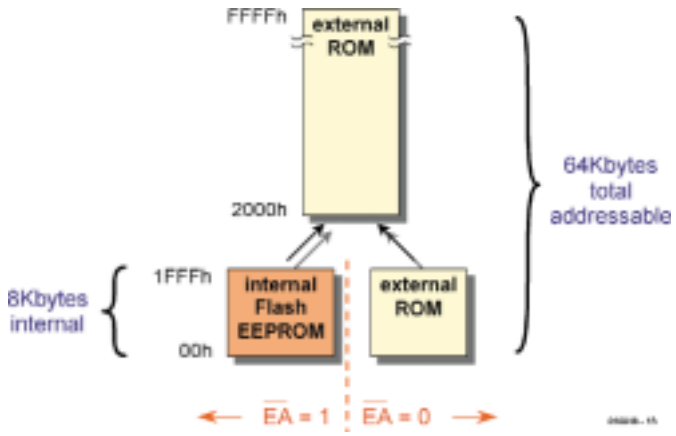
Tabel 1. MicroConverter-eigenschappen.

– Gestandaardiseerde, industriële microprocessor-kern:
  8 bits 8051
– Zeer nauwkeurige analoge I/O-interface:
  A/D-omzetter: minstens 12 bits resolutie
  5/8 kanalen
  D/A-omzetter: 12 bits resolutie
  1/2 kanalen
  2,5 V on-chip spanningsreferentie, externe referentiespanningsbron gemakkelijk aan te sluiten
– Flash-EEPROM-geheugen:
  Programmaheugen: 8/64 Kbyte
  Datageheugen: 640 byte / 4kbyte
  On-chip-opwekking van de programmeerspanning
  Seriële programma-downloader
– Interessante on-chip periferie (buiten de standaard microcomputer-zaken):
  Temperatuursensor
  Watchdog
  Voedingsspanningsbewaking
  SPI/I^{2}C-bus-interface
  CAN-bus-interface

extern datageheugen aan te spreken.
Als verdere bijzonderheid heeft de ADuC812 ook nog een on-chip flash-EEPROM dat vrijelijk is te gebruiken, bijvoorbeeld voor de opslag van gegevens die een spanningsloze periode moeten overleven of voor het opslaan van omrekeningsfactoren en identificatiegegevens. Dit geheugen ligt niet in het normale adresbereik van de ADuC812 , maar is via de speciale functieregisters (SFR) te adresseren. Wat er verder nog op de chip aanwezig is naast de 8051 processor ,is in **tabel 4** te zien. Wat bijzonder naar voren komt bij deze MicroConverter is de interface die een aantal zeer nauwkeurige A/D- en D/A-omzetters bevat. De D/A-omzetter heeft momenteel nog een resolutie van 12 bits. De A/D-omzetter daarentegen kan afhankelijk van het type AduC een resolutie van 12, 16 of zelfs 24 bits bereiken.

De A/D-omzetter

De A/D-omzetter van de ADuC812 heeft acht ingangskanalen en een resolutie van 12 bits. De belangrijkste gegevens zijn in **tabel 5** nog eens op een rijtje gezet. Naast de voor een microcomputer-op-een-chip hoge resolutie van 12 bits valt ook de korte conversietijd van 5 µs op. Als de A/D-omzetter continu op deze hoge snelheid wordt gebruikt, dan komt de µC natuurlijk wel in de problemen bij het wegschrijven van de data. De traditionele manier van omzetting gaat in de volgende stappen (**figuur 4**):



Figuur 2. Layout van het programmageheugen.

– Start de A/D-omzetting
– Wacht op de gereedmelding van de omzetter (in polling- of in interrupt-mode)
– Gegevens uitlezen
– Externe datageheugen adresseren
– Gegevens in het externe geheugen opbergen

Tabel 2

Technische gegevens van de MicroConverter-chips.
(ADuC812xx = ANALOG DEVICES MicroConverter met 8-bits databus, 12-bits A/D-omzetter, xx-aanduiding afwijkend type).

	AduC812	AduC812B2	AduC812S	AduC816	AduC824	AduC824B2
ADC	12 bit, 8 channels	12 bit, 8 channels	12 bit, 6 channels	16 bit, 2 channels	2 channels, 16 bit and 24 bit	2 channels, 16 bit and 24 bit
DAC	12 bit, 2 channels	12 bit, 2 channels	12 bit, 2 channels	12 bit, 1 channel	12 bit, 1 channel	12 bit, 1 channel
Kern	8052 compatible	8052 compatible	8052 compatible	8052 compatible	8052 compatible	8052 compatible
Intern RAM geheugen	256 bytes	256 bytes	256 bytes	256 bytes	256 bytes	256 bytes
Intern FLASH geheugen	8 kbytes program, 640 bytes data	***64 kbytes program,*** 4 kbytes data	8 kbytes program, 640 bytes data	8 kbytes program, 640 bytes data	8 kbytes program, 640 bytes data	***64 kbytes program,*** 4 kbytes data
Extern RAM-geheugen on-chip	———	2 kbytes	———	———	———	4 kbytes
Extern geheugen	64 kbytes program, 16 Mbytes data	64 kbytes program, 16 Mbytes data	16 Mbytes data	64 kbytes program, 16 Mbytes data	64 kbytes program, 16 Mbytes data	64 kbytes program, 16 Mbytes data
PIO	32	32	16	26	26	26
Serieel	UART, I2C, SPI	UART, I2C, SPI	UART, I2C, SPI	UART, I2C, SPI	UART, I2C, SPI	UART, I2C, SPI
Externe kristalfrequentie	400 kHz - 16 MHz	32.768 kHz, on-chip-PLL 0.131 - 16.77 MHz	32.768 kHz, on-chip-PLL 0.131 - 16.77 MHz	32.768 kHz, on-chip-PLL	32.768 kHz, on-chip-PLL	32.768 kHz, on-chip-PLL
Behuizing	52 MQFP	52 MQFP	28 TSSOP	52 MQFP	52 MQFP	52 MQFP
Verkrijgbaar vanaf	1998 / 1999	End 2001	End 2001	December 2000	October 2000	End 2001

Opmerkingen
Bij de versies met een klokfrequentie van 32,768 kHz kan software-matig een RTC (Real Time Clock) geprogrammeerd worden.
Bij de versies met on-chip-PLL kan de werkfrequentie van de CPU op acht verschillende waarden ingesteld worden. Daarmee is een behoorlijke reductie
Versies met on-chip-CAN-controller zijn gepland.
Versies met een kleinere behuizing zijn ook gepland.

Tabel 3. 8051-basiseigenschappen.

– 8 bits microprocessor met 128 bytes user-RAM (256 bytes bij de ADuC812)
– 4 Kbyte on-chip ROM (8 Kbyte flash-EEPROM-programmageheugen bij de ADuC812)
– Maximaal 64 Kbyte extern programmageheugen aansluitbaar
– Maximaal 64 Kbyte extern gegevensgeheugen aansluitbaar (max. 16 Mbyte bij ADuC812)
– 32 digitale I/O-poort-aansluitingen (vier 8 bits brede poorten P0...P3)
– 2 16-bits timer/counters (3 16-bits timer/counters bij de ADuC812)
– 5 interrupt-bronnen, te verdelen over 2 interrupt-prioriteiten (9 bronnen over 2 niveaus bij de ADuC812)
– Seriële full-duplex-interface (UART)
– On-chip-oscillator
– Klokfrequentie 400 kHz...16 MHz (nominaal: 12 MHz)
– Twee manieren van energiebesparing: idle- en power-down-mode

bijzonderheden van de ADuC812:
– 640 byte flash-EEPROM als on-chip gegevensgeheugen
– De aansluitingen van poort P1 zijn alleen maar als digitale ingangen of ingangen voor de on-chip-A/D-omzetter te gebruiken
– De aansluitingen van poort P3 kunnen behoorlijk wat stroom 'sinken': 8 mA (1,6 mA bij de standaard 8051)
– Voedingsspanning 3 V of 5 V
– Voedingsstroom (bij f = 12 MHz):

	5 V	3 V
normaal	26 mA	12 mA
idle	15 mA	6 mA
powerdown	50 µA	50 µA

Bij stap 3...5 zijn twee toegangscycli nodig omdat de 8051 een 8-bit microprocessor is, terwijl het conversieresultaat 12 bits breed is. Dat is dan al gauw te veel voor de processor die bij de maximale snelheid van de A/D-omzetter elke 5 µs met een nieuw omzettingsresultaat geconfronteerd wordt. De flessenhals bij het transport van deze gegevens is de noodzakelijke weg via de accumulator van de 8051. Om dit probleem op te lossen heeft Analog Devices gezorgd voor DMA-toegang (Direct Memory Access, zie **figuur 5**). Dankzij de DMA-controller is de A/D-omzetter nu wel in staat, door het omzeilen van de 8051-processor, om direct gegevens in het externe geheugen op te slaan. Op die manier kan de maximale conversiesnelheid van 200 ksamples/s (200.000 samples/s) op zijn sloffen gehaald worden. Gedurende de DMA-overdracht kan de 8051-processor gewoon doorgaan met alle taken, zolang er maar geen toegang wordt geëist tot het externe geheugen. Als dat wel het geval is, dan wordt de 8051 door de DMA controller even (voor de duur van een DMA-overdracht) opgehouden, zodat daar geen problemen door kunnen ontstaan.
De DMA-overdracht wordt beëindigd als het van te voren vastgestelde aantal metingen is afgehandeld en de resultaten in het externe geheugen zijn opgeslagen. De DMA-controller stopt dan en deelt de 8051-processor door middel van een interrupt mee dat de gewenste meetwaarden in het externe geheugen zijn opgeslagen. Dan krijgt de 8051-processor weer de volledige controle terug over het externe geheugen en kan hij de gemeten waarden lezen en verder bewerken.
Bij een lage sample-rate, bijvoorbeeld 100 samples/s, hoeft natuurlijk geen gebruik gemaakt te worden van de DMA-controller. De 8051 kan het dan wel in zijn eentje af.

Digitale temperatuursensor

Naast de acht zichtbare ingangskanalen heeft de A/D-omzetter nog een negende 'onzichtbaar' kanaal. Op dit kanaal is een interne analoge temperatuursensor aangesloten. Deze sensor levert een gelijkspanning die zeer lineair samenhangt met de actuele temperatuur van de chip zelf. Hieruit is na een beetje rekenwerk ook de omgevingstemperatuur te bepalen. Meer hierover bij de toepassingen in het volgende artikel.

Referentiespanningsbron

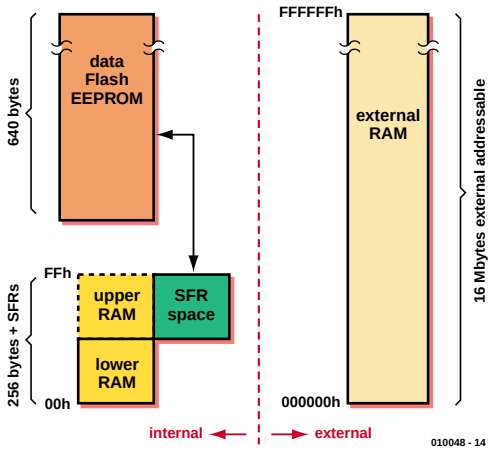
De ADuC812 is voorzien van een interne bandgap-spanningsbron (+2,5 V) die zowel de A/D- als D/A-omzetter ter beschikking staat. Er kan echter ook een externe referentie worden aangesloten met een hogere spanning (+2,3...+5,0 V). In dat geval wordt de interne referentie automatisch uitgeschakeld.

D/A-omzetter

De twee D/A-kanalen van de ADuC812 hebben de volgende eigenschappen:
– 2 afzonderlijke D/A-kanalen, gegarandeerd monotoon (gelijkvormig)
– Instelbaar op een resolutie van 8 of 12 bits
– Settling-time 8 µs
– Gebufferde uitgang (belastbaar met ≥ 10 kΩ)
– Bereik van de uitgangsspanning: 0...interne VREF (+2,5 V) of 0...AVdd, de analoge voedingsspanning, (+5 V)
– Rail-to-rail uitsturing (ΔU ≤ 100 mV)
– Nauwkeurigheid: ± $^1/_2$ LSB
Ook over de D/A-omzetter krijgt u meer informatie als we het over de toepassingen gaan hebben.

Seriële interface

De seriële synchrone interface kan als volgt worden ingesteld:



Figuur 3. Layout van het datageheugen.

Tabel 4.

Extra on-chip-periferie bij de ADuC812.

- 8-kanaals A/D-omzetter met een resolutie van 12 bits
- Digitale temperatuursensor
- 2-kanaals D/A-omzetter met een resolutie van 12 bits
- 2,5 volt referentiespanning
- Interface voor seriële synchrone gegevensoverdracht
- Watchdog-timer
- Voedingsspanningsbewaking

Tabel 5.

De A/D-omzetter van de ADuC812.

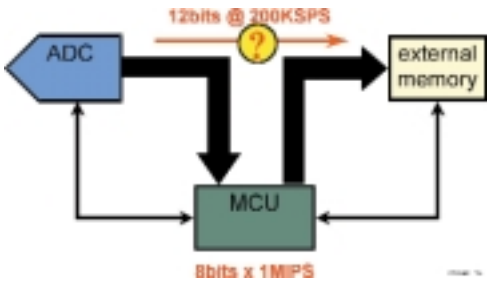
- 8-kanaals, zelfcalibrerende A/D-omzetter met een resolutie van 12 bits
- Omzettingsmethode: successive approximation (stapsgewijze benadering)
- Omzettingstijd 5 µs, conversiesnelheid 200 ksamples/s (200.000 samples per seconde)
- Referentiespanning V_{REF}: +2,5 V (intern opgewekt) of +2,3 V...+5,0 V (extern aan te sluiten)
- Ingangsspanningsbereik 0 V...V_{REF}
- Geïntegreerde sample en hold
- Geïntegreerde DMA-controller voor gegevensoverdracht bij de hoogste conversiesnelheid
- Nauwkeurigheid $\pm{}^1/_2$ LSB
- SNR 70 dB

1. **SPI (Serial Peripheral Interface):** Gestandaardiseerde seriële interface voor gegevensoverdracht, fullduplex, master/slave-mode, vier instelbare snelheden.

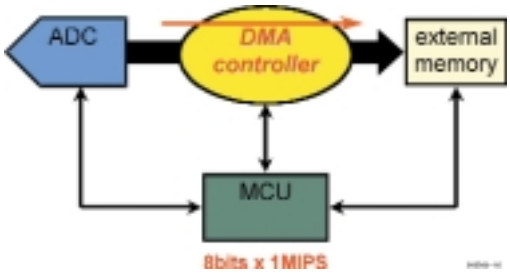
2. **I^2C-bus (Inter IC-Bus Interface):** Gestandaardiseerde seriële tweedraads interface voor gegevensoverdracht, master/slave-mode, 7-bits adres-mode.

Watchdog-timer

Deze op de chip geïntegreerde eenheid bewaakt het verloop van het programma in de MicroConverter. Als het programma niet op tijd reageert dan volgt een gedwongen reset. Het programma start dan opnieuw vanaf een gedefinieerde toestand. De bewakingstijd kan ingesteld worden tussen 16 en 2048 ms.



Figuur 4. Werking van een A/D-omzetter op de traditionele manier.



Figuur 5. A/D-omzetter die gebruik maakt van DMA.

Voedingsmonitor

De twee voedingsspanningen AV_{DD} en DV_{DD} worden door deze eenheid in de gaten gehouden. Komen de spanningen onder een van de vijf instelbare grenswaarden (bijvoorbeeld bij een volledige voedingsuitval of bij een kritieke spanningsonderbreking), dan zorgt de voedingsmonitor voor een interrupt. Dan kunnen nog net op tijd, middels een interrupt-service-routine, belangrijke gegevens worden gekopieerd naar het niet-vluchtige geheugen (EEPROM of batterijgevoede RAM) voordat de spanning helemaal in elkaar stort en het systeem totaal uitvalt.
Dan kunnen bijvoorbeeld na herstel van de voedingsspanning de geredde gegevens worden geanalyseerd en kan het systeem worden teruggebracht in de oude situatie of kan de oorzaak van de spanningsuitval of spanningsonderbreking worden gevonden.

Wat komt er nog?

Na dit overzicht van de hardwareopbouw van de ADuC812 presenteren we in het volgende deel van deze serie een klein experimenteersysteem waarmee u zelf met de ADuC812 kunt experimenteren. Als u ongeduldig wordt en niet kunt wachten op de volgende aflevering, dan is er op de website van Analog Devices heel veel informatie te vinden. Er is een website geheel gewijd aan MicroConverters. Daar vindt u naast gegevens (datasheets) en toepassingen (application notes) ook de gratis ontwikkel-software met assembler en C-compiler [1].

(010048-1)

Websites:

[1] De homepage van de MicroConverter:
www.analog.com/MicroConverter

[2] Analog Devices op het Internet:
www.analog.com

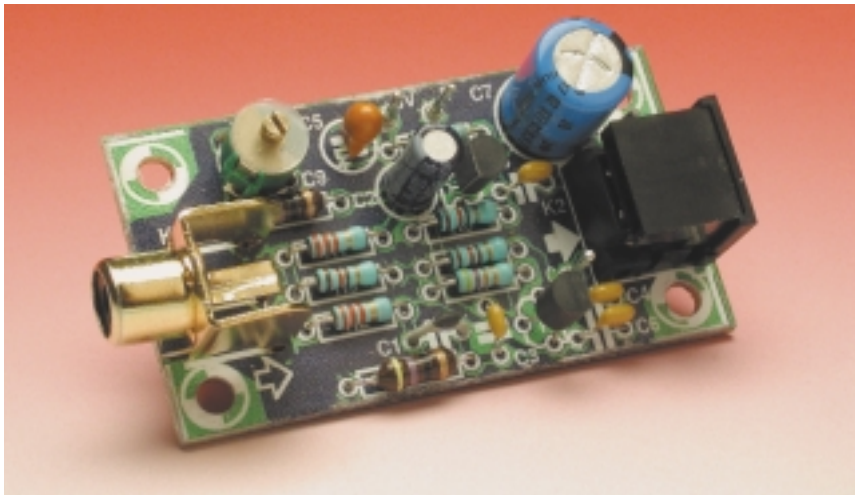
[3] IDE mVision van de firma Keil:
www.keil.com

Video/S-VHS-converter

Van videosignaal naar C/Y

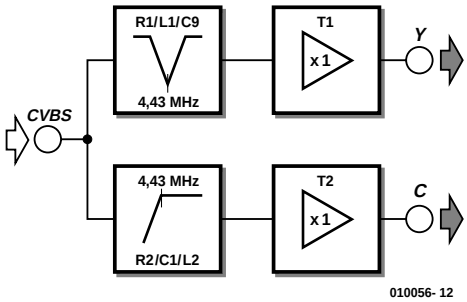
Wilfried Foede (foede.koeln@web.de)

In het septembernummer 2001 werd een converter van S-VHS naar video (C/Y naar composiet-video) voorgesteld. In aanvulling daarop wordt hier een schakeling gepresenteerd om een videosignaal op een S-VHS-ingang aan te sluiten. Omdat de schakeling wat ingewikkelder is, werd voor de bouw ook een printje ontworpen.



Voor het samenvoegen van een chrominantie- (C-) en een luminantie(Y-)signaal tot een CVBS- oftewel composiet-videosignaal is in principe alleen een weerstand nodig. Voor het omgekeerde geval, C en Y uit het videosignaal scheiden, is zo'n simpele passieve methode jammer genoeg niet mogelijk. Voor beide signalen (C en Y) zijn actieve componenten vereist en daarmee dus ook een voedingsbron. De schakeling is opgezet voor een spanning van 5 V en de stroomopname bedraagt minder dan 50 mA.

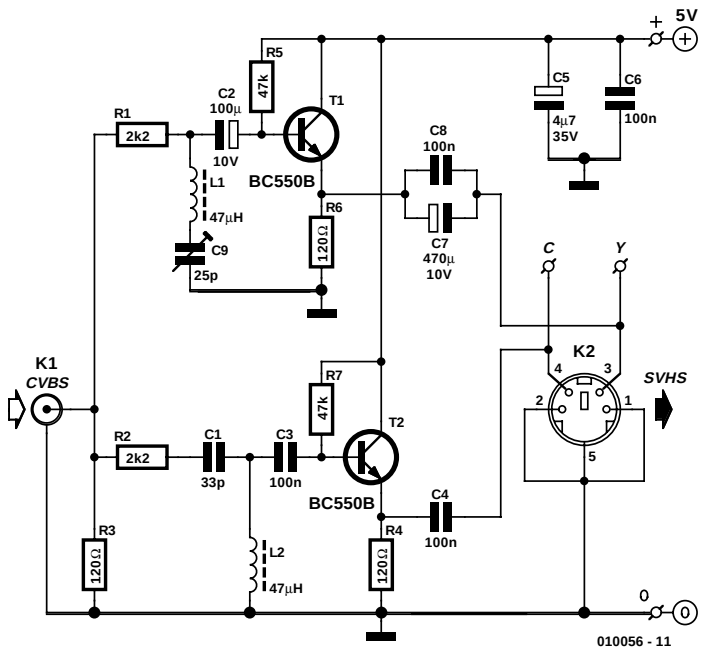
Het videosignaal heeft een bandbreedte van 50 Hz tot 5 MHz. In dit bereik bevindt zich het zuivere BOS-signaal (beeld-, onderdrukkings- en synchronisatiesignaal) samen met het kleursignaal C op een hulpdraaggolf van 4,43 MHz met een bandbreedte van -1,2/+0,6 MHz. De moeilijkheid (ook in een normale TV-ontvanger) daarbij is om beide signalen zonder onderlinge beïnvloeding van elkaar te scheiden. In de Y-tak van de splitser worden door een 4,43 MHz zuigkring alle C-componenten onderdrukt - weliswaar met het nadeel dat de hoogste resolutie van 5 MHz afneemt tot circa 4 MHz. In de C-tak van de splitser wordt het signaal door een banddoorlaatfilter met een centrale frequentie van 4,43 MHz uitgefilterd. Ook hier zijn er ongewenste bijverschijnselen: er blijven hoogfrequente Y-componenten in het C-kanaal over. Deze zogeheten cross-storingen zijn als kleurflikkeringen in kleine patronen zichtbaar.



Figuur 1. De splitsing van het videosignaal gebeurt door middel van twee filtertakken.

In moderne TV-ontvangers worden de Y- en C-signalen met behulp van kamfilters van elkaar gescheiden. Dat houdt in dat er geheugen-IC's voor beeldopslag moeten worden gebruikt. Het grote voordeel is echter dat de bandbreedte van het Y-signaal intact blijft en er geen cross-storingen optreden. Deze techniek wordt ook bij S-VHS videorecorders toegepast en vaak wordt dan ook nog de bandbreedte van het op de band geschreven Y-signaal vergroot.

In de hier gepresenteerde schakeling wordt, evenals bij het merendeel van de TV-ontvangers, de standaardmethode toegepast. In **figuur 1** is het blokschema daarvan te zien. Voor de scheiding van de C-component wordt een RLC-hoogdoorlaatfilter gebruikt (R2/L2/C1), dat zodanig is



Figuur 2. In de schakeling zijn voor de filters LC-netwerken en voor de buffers emittervolgers gebruikt.

afgestemd dat een zo zuiver mogelijk 4,43-MHz-signaal overblijft. In de Y-signaalweg is een afstembare zuigkring (notchfilter) op 4,43 MHz nodig. Het 'actieve' deel van de schakeling bestaat uit de transistoren T1 en T2, die voor aanpassing van de impedantie naar de laagohmige uitgangen Y en C zorgen.

In de schakeling van **figuur 2** is het blokschema gemakkelijk te herkennen. Voor het hoogdoorlaatfilter wordt een standaard (miniatuur) spoeltje van 47 µH gebruikt. Via koppelcondensator C3 wordt het gefilterde signaal toegevoerd aan de basis van emittervolger T2, vanwaar het via C4 (laagohmig) pen 2 van de S-VHS mini-DIN-bus bereikt. Ook voor de 4,43-MHz-zuigkring kan een - makkelijk verkrijgbaar - smoorspoeltje van 47 µH worden gebruikt. De afregeling gebeurt namelijk met trimmer C9. Omdat hier de laagste frequentie (50 Hz rasterfrequentie) veel lager is dan bij het C-signaal, moeten de koppelcondensatoren C2 en C7 een veel grotere waarde hebben. Op pen 3 van de S-VHS-bus staat het Y-signaal en op pen 4 het C-signaal, beide laagohmig. C5 en C6 tenslotte zorgen voor een afdoende ontkoppeling van de voedingsspanning.

De in- en uitgangsweerstanden zijn met opzet anders gekozen dan 75 Ω, om er voor te zorgen dan de spanningsniveaus aan de uitgangen zo goed mogelijk volgens de norm zijn. Op 75 Ω moet dat voor het C-signaal 0,3 V_{tt} zijn (burst amplitude) en voor het Y-signaal 1 V_{tt}. Het enige afregelpunt is trimmer C9 die op zo min mogelijk moiréstoring in grote kleurvlakken moet worden afgeregeld.

De bouw van het printje (**figuur 3**) hoeft geen problemen op te leveren. Zoals altijd bij schakelingen in het MHz-bereik is het zaak om de aansluitdraden van de onderdelen zo kort mogelijk te houden. Omdat de printsporen zijn omgeven door een koper-massavlak moet men er bij het solderen op letten dat er niet per ongeluk soldeerbruggen naar dit massavlak ontstaan. In plaats van een 'echte' Hoshiden-bus is een normale mini-DIN-bus voor printmontage gebruikt. Als van een Hoshiden-plug de kunststof blokkeerstift wordt verwijderd, past hij in de DIN-bus.

De schakeling werd met verschillende S-VHS-ingangen getest. Meestal was de zuigkring ('kleurenkiller') in het Y-pad ook echt nodig. Bij WinTV-kaarten maakte het geen merkbaar verschil of het 4,43-MHz-signaal nu wel of niet uit het Y-signaal werd verwijderd. In dergelijke gevallen kan de Y-tak van de schakeling vervallen en het videosignaal direct als Y-signaal worden gebruikt.
Tot slot moet nog worden opgemerkt dat het zo opgewekte S-VHS-signaal kwalitatief natuurlijk nooit beter kan zijn dan het videosignaal op de ingang van de schakeling. Echte S-VHS-kwaliteit krijgt men alleen door een 'echte' S-VHS-signaalbron op een monitor of TV met Y/C-ingang aan te sluiten.

(010056)

Onderdelenlijst

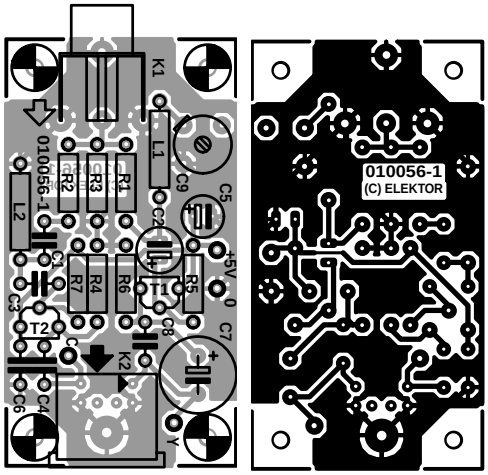
Weerstanden:
R1, R2 = 2k2
R3, R4, R6 = 120 Ω
R5, R7 = 47 k

Condensatoren:
C1 = 33 p
C2 = 100 µ/10 V staand
C3, C4, C6, C8 = 100 n keramisch
C5 = 4µ7/35 V tantaal
C7 = 470 µ/10 V staand
C9 = 25 p trimmer (3-25 pF)

Spoelen:
L1, L2 = 47 µH

Halfgeleiders:
T1, T2 = BC550B

Diversen:
K1 = cinch-bus voor printmontage (bijv. T-709G (Monacor)
K2 = 6-polige haakse mini-DIN-bus voor printmontage



Figuur 3. De printlayout met het voor HF typerende grote massavlak.

I²C-servo-interface

Acht servo's besturen via I2C

Christian Fuchs

Servomotoren uit de modelbouw lenen zich voor de meest uiteenlopende toepassingen. Met de hier gepresenteerde schakeling is in combinatie met een eerder in ons blad beschreven I²C-printer-interface een eenvoudige aansturing van acht servo's mogelijk via de I²C-bus. Een klein demoprogramma illustreert de mogelijkheden en de simpele programmering onder Visual Basic.

Vanwege hun royale koppel en hun - vergeleken met stappenmotoren - grote stopkracht lenen servomotoren zich bijvoorbeeld uitstekend voor de bouw van modelrobots. De besturing van dergelijke robots gebeurt meestal via een (PC-compatibele) computer, met behulp van speciaal hiervoor geschreven programma's en soms zelfs interactief. Om aan de computer liefst de complete rekentijd voor de sturing en visualisering ter beschikking te stellen en hem dus niet lastig te vallen met het genereren van de kritische servostuurpulsen, is een interface tussen de PC-aansluiting en de servo-elektronica nodig. De hier beschreven schakeling werkt met I²C-bus-signalen, die worden opgewekt door een op de printerpoort aangesloten I²C-interface (zoals bijvoorbeeld de in maart '99 in Elektuur beschreven 'I²C-interface voor printerpoort'). De schakeling is in staat om acht onafhankelijke servopulsen te genereren en evenzovele servomotoren aan te sturen, waarbij door het instelbare IC-adres maximaal acht zulke printen op dezelfde I²C-bus aan elkaar kunnen worden geknoopt (64 servo's!).

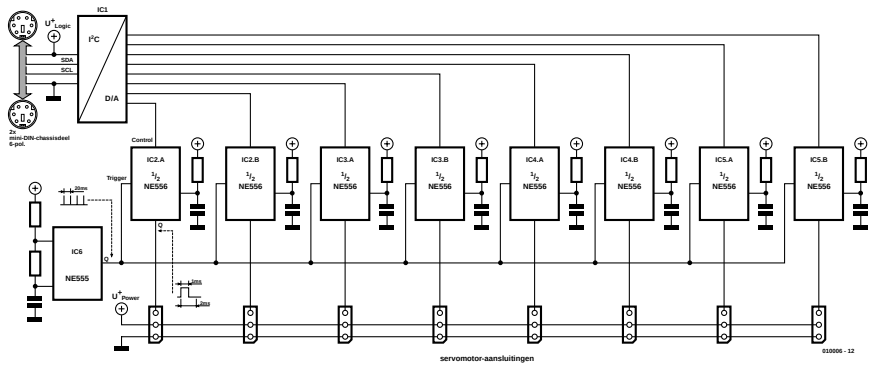
Principe

Het blokschema van **figuur 1** illustreert het principe van de schakeling. Een NE555 (IC6) is geschakeld als astabiele multivibrator en zo gedimensioneerd dat hij elke 20 ms een naaldpuls van enkele milliseconden produceert. Deze pulsen triggeren acht monoflops in de vorm van vier duotimers NE556 (IC2...IC5), waarvan de RC-netwerken zo zijn bemeten dat ze op hun beurt pulsen van 1 ms afgeven (modelbouw-servo's draaien dan naar een eindstand). Door aan de control-ingang van de NE556 een stuurspanning toe te voeren, kan de pulsbreedte tot 2 ms worden vergroot (de servo's bewegen dan naar de andere eindstand). Deze stuurspanning voor de acht monoflops (IC2...IC5) wordt betrokken van de 8-voudige DAC TDA8444, die een I²C-interface bezit en gemakkelijk te programmeren is.
Aangezien servo's afhankelijk van het vermogen aardig wat stroom vragen en ze ondanks een grondige

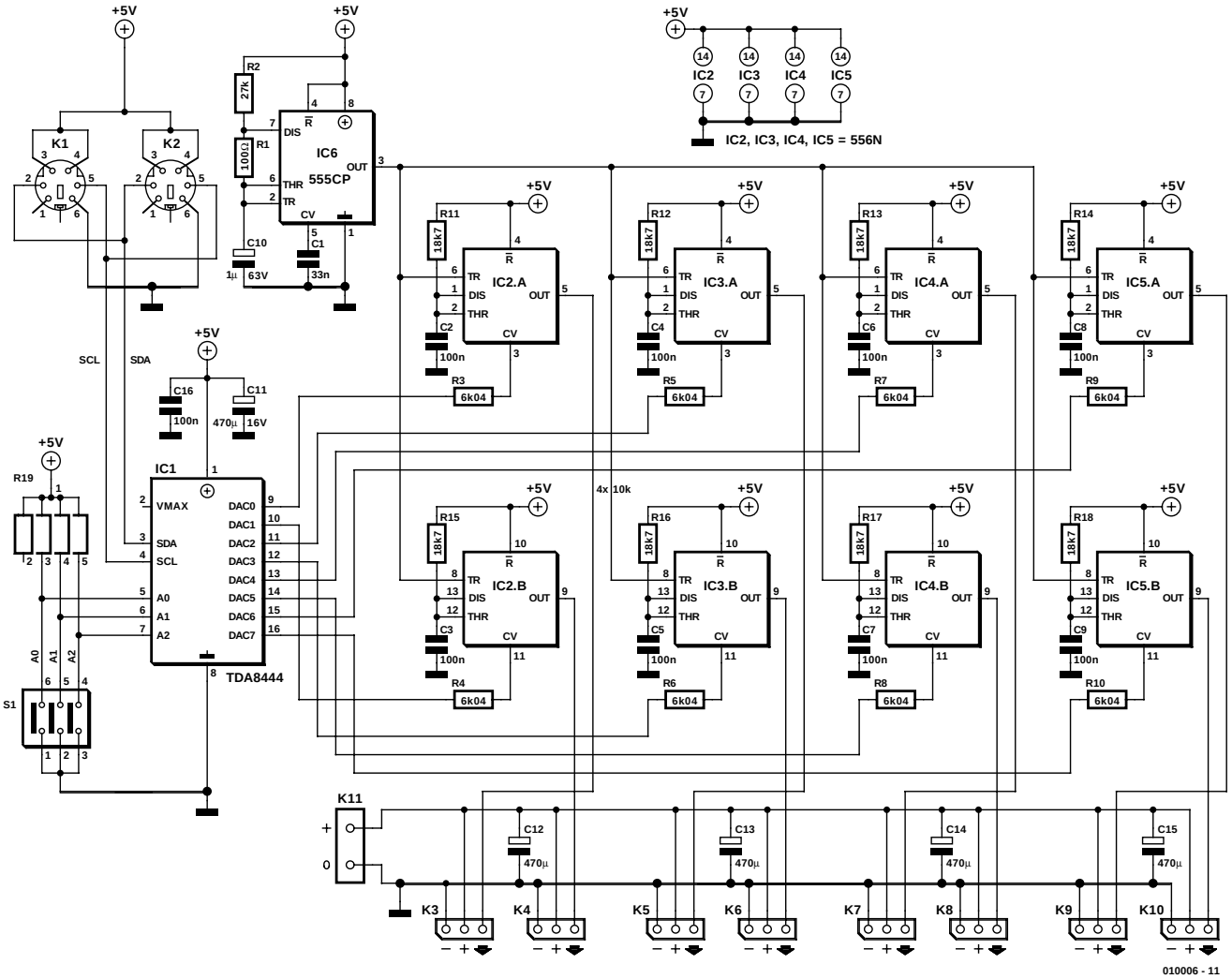
afvlakking van de voedingsspanning een niet onaanzienlijk stoorspectrum produceren (wat de TDA8444 niet leuk vindt!), wordt voor de motoren gebruik gemaakt van een onafhankelijke (externe) voeding. De voor de elektronica benodigde +5 V wordt betrokken van de PC of van de I²C-interface.

Details

Het hart van de schakeling wordt dus gevormd door de TDA8444 van Philips, een 8-voudige DAC met een resolutie van 6 bits (dus 64 stappen). De busleidingen SCL en SDA belanden (samen met de voedingsspanning) via de parallel geschakelde mini-DIN-bussen K1/K2 bij de TDA8444.
Met behulp van de desbetreffende I²C-commando's wordt een van de DAC's (0...7) geselecteerd en de te converteren waarde (0...63) verzonden. De bits 2, 3 en 4 van het DAC-adres (0100_A2_A1_A0_0) kunnen extern door middel van drie pennen (A0...A3, pen 5...7) 'laag' (GND) of 'hoog' (+5 V of open) gemaakt worden, zodat maximaal acht van zulke IC's op dezelfde bus aangesloten kunnen worden.
Via ingang VMAX (pen 2) kan de maximale uitgangsspanning van de DAC's eventueel verlaagd worden (omdat het IC met maximaal 18 V gevoed kan worden). Bij een voedingsspanning van +5 V is dit echter niet



Figuur 1. Blokschema van de servo-interface.

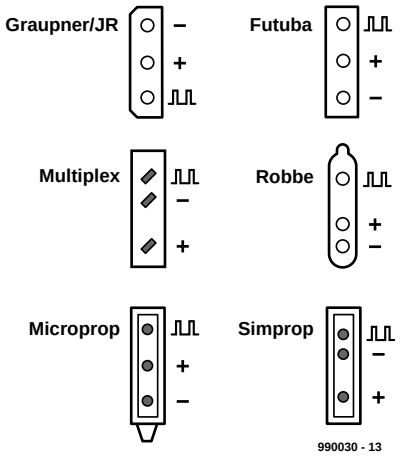


Figuur 2. De timers worden door een I²C-DAC aangestuurd.

nodig, zodat deze pen open kan blijven. De uitgangsspanningen van de acht DAC's (ca. 0,26...3,12 V) die op de pennen 9....16 van IC1 beschikbaar zijn, belanden via R3...R10 op de acht control-ingangen (pen 3 en 11) van IC2, 3, 4 en 5.
De NE556's zijn als monoflop geschakeld en zo gedimensioneerd dat een stuurspanning van 0,26 V in een pulsbreedte van 1 ms resulteert. De spanning van 0,26...3,12 V leidt bij de gekozen voorschakelweerstanden van 6,04 kΩ tot een zodanige aansturing van de monoflops dat de uitgangspulsbreedte in 64 stappen van 1 ms tot 2 ms toeneemt. Incidenteel kan het door toleranties nodig zijn de weerstandswaarde zodanig aan te passen dat de pulsbreedtetoename een draaiing van exact 90° bewerkstelligt.
De pulsen worden gestart door de naaldpulsen die elke 20 ms op de triggeringangen TR arriveren. Deze zijn afkomstig van de vrijlopende NE555, een astabiele multivibrator met asymmetrische puls/pauze-verhouding.
De acht uitgangssignalen van de monoflops zijn evenals de voedingsspanning naar de driepolige servo-connectors K3...K10 geleid. Voor de servo-aansluitingen verwijzen we naar **figuur 3**. Brede kopersporen en ontkoppelelco's helpen de rijkelijk aanwezige stoorsignalen te onderdrukken.

Opbouw

Het opbouwen van de schakeling op de in **figuur 4** afgebeelde print kan het beste worden begonnen met de minst gevoelige componenten, zoals de draadbruggen (negen stuks), connectors en IC-voetjes, gevolgd door de weerstanden en condensatoren. Let op de juiste aansluitingen van weerstand-array R19! Alvorens de IC's in de voetjes worden gestoken, dient te worden gecontroleerd of - na aansluiting van een externe 5-V-spanning op K1 of K2 - op alle desbetreffende aansluitpennen de voedingsspanning ook daadwerkelijk aanwezig is. Daarna kunnen de IC's worden gemonteerd en de I^2C-interface worden aangesloten. Wanneer men een groot aantal servo's wil sturen, kan de voeding beter extern gebeuren en niet via de PC.
Na het opnieuw aansluiten van de voedingsspanning behoren de acht DAC-uitgangen op 0 V (tot maximaal 0,26 V) te liggen. Aan de uitgang van IC6 (pen 3) kunnen met de oscilloscoop de 1-ms-naaldpulsen worden gecontroleerd. Een in de

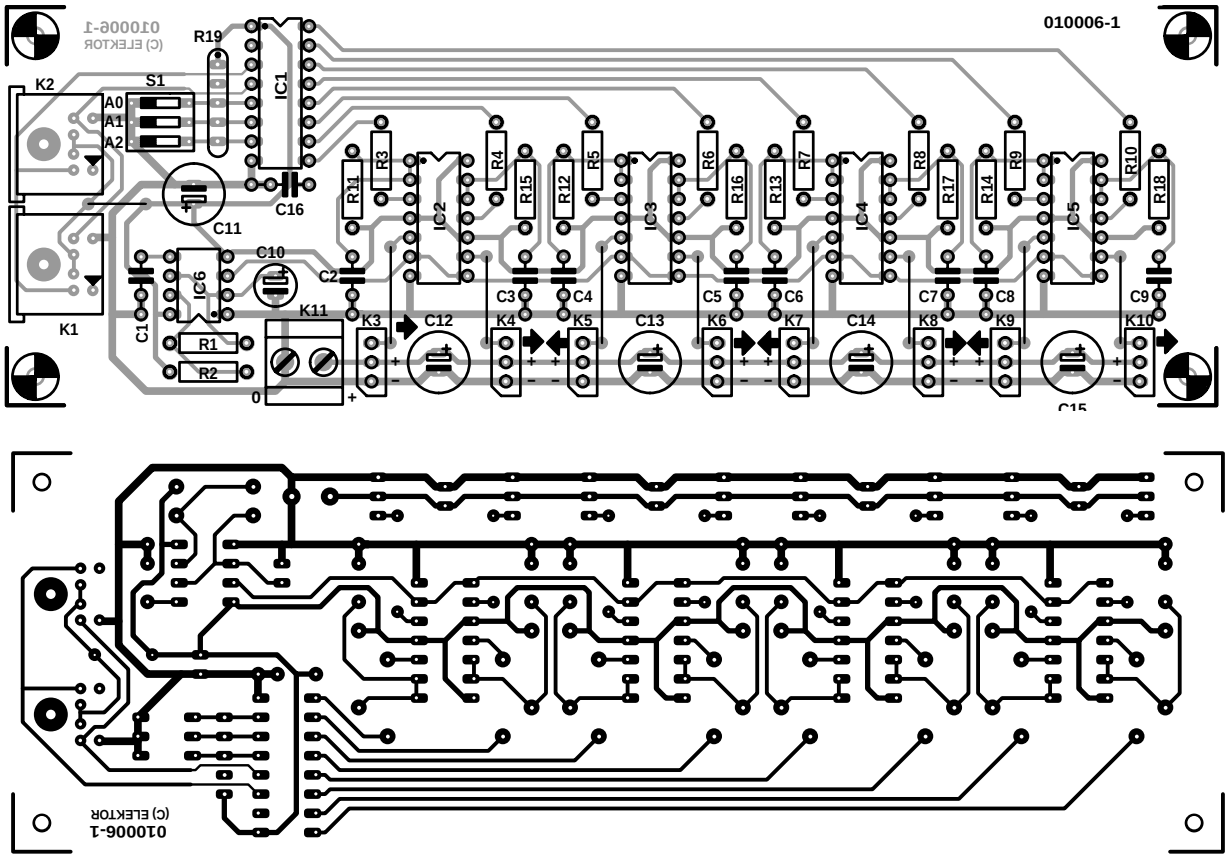


Figuur 3. Aansluitingen van verschillende typen servo's.

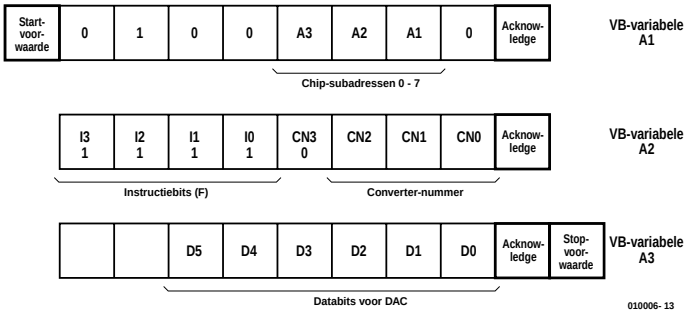
middenstand aangesloten servo moet hierbij naar een eindstand bewegen.

Software

Nu wordt de test-software *i2cservo.exe* (die als 16-bit-programma alleen onder Windows



Figuur 4. Op deze enkelzijdige print is de schakeling gemakkelijk op te bouwen.



Figuur 5. Programmeermodel van de TDA8444.

95/98 en niet onder NT draait) gestart. Als onmisbare interface naar de computerhardware dient *lic.dll*, die ofwel in dezelfde map als de applicatie ofwel in de Windows-systeemmap moet zijn ondergebracht. Het ook voor de 'I²C-interface voor printerpoort' (Elektuur maart '99) toegepaste programma is in Visual Basic 3 geschreven. Daarbij is in de menulijst de instelling mogelijk van de parallelle interface LPT1 (378hex) of LPT2 (278hex). Bovendien wordt het instelbare subadres van de I²C-bouwsteen ingegeven (7 correspondeert met A0...A2 aan +5 V, 0 met A0...A2 aan massa). De acht schuifregelaars komen overeen met de acht DAC-kanalen, resp. de servomotoren. Beweegt men een van de schuiven met de muis, dan behoort de desbetreffende servo te reageren.

Niet alleen de print-layout maar ook de eenvoudige demo in VB3 kan als executable bestand en als brontekst gratis op de Elektuur-website worden gedownload. Aanpassing en uitbreiding is dus zonder meer mogelijk. Bij de start van het programma wordt het vooraf ingestelde subadres 7 (alle adrespennen aan +5 V) gelezen.

`ChipAdres = Val(Text1,Text)`
en de interface op LPT2 gezet.

`Lpt = Lpt2`
LPT1 en LPT2 zijn in *Modul1.bas* als &H378 respectievelijk &H278 gedefinieerd. Beide instellingen (7 en LPT2) kunnen aansluitend door de gebruiker worden gewijzigd.

`(SubText1_Change, SubParallell/2_Click).`
Vervolgens wordt gecontroleerd of de I²C-interface correct aangesloten is.

`ErrorMsg=TestConnected(LPT)`
Daarna verschijnt de desbetreffende foutmelding. Tijdens bedrijf wordt na elke beweging van een schuifregelaar

`SubVScrollX_Change()`
met X = 0...7 van alle acht regelaars de positie-afhankelijke waarde tussen 0 en 63 gelezen en vervolgens aan variabele A3 toegewezen:

`DacWert = VScrollX.Value`

Als MAX-waarde van de VScrollBar is 63 vermeld; omrekenen is overbodig. A2 bevat in de laagste drie bits het DAC-nummer (0...7) dat bij de bewuste schuifregelaar hoort. Bit 4 bevat als extra DAC-nummer-bit altijd een 0; de hoogste vier bits zijn allemaal 1 (= 240 = instructie F: bij meerdere opeenvolgende schrijfprocedures zonder DAC-nummer wordt altijd naar dezelfde DAC geschreven). A1 tenslotte bevat in de bits 2...4 het chip-subadres, terwijl de vier hogere bits chipadres 0100 (64_d) bevatten.

In **figuur 5** is het datatelegram te zien met de drie bits A1...A3, dat na een schuifbeweging (en het genereren van dit byte) via de I²C-interface naar de TDA8444 gestuurd wordt. De daarvoor noodzakelijke routines worden door *lic.dll* ter beschikking gesteld en deze functies worden onder *GLOBAL* gedefinieerd. Voor het versturen wordt eerst met:

`ErrorMsg = StartCon(LPT)`
een I²C-startvoorwaarde gegenereerd, waarna met:

`ErrorMsg=Transmit(LPT,A1..A3)`
de drie databytes worden verstuurd. De I²C-bus wordt met:

`ErrorMsg = StopCon(LPT)`
door middel van een I²C-stopvoorwaarde weer vrijgegeven. Daarbij eventueel optredende fouten worden aan de vijf foutvariabelen Er1...Er5 toegewezen en in het onderste statusvenster aangegeven. Voor interpretatie van de fouten verwijzen we naar het aparte kader. Meer informatie over de TDA8444 is te vinden op het datablad van Philips: *www.semiconductors.com/acrobat/datasheets/TDA8444_3.pdf.*

(010006)

Onderdelenlijst

Weerstanden:
R1 = 100 Ω
R2 = 27 k
R3...R10 = 6k04 1%
R11...R18 = 18k7 1%
R19 = SIL-array 4 x 10 k

Condensatoren:
C1 = 33 n
C2...C9,C16 = 100 n
C10 = 1 µ/16 V radiaal
C11...C15 = 470 µ/16 V radiaal

Halfgeleiders:
IC1 = TDA8444
IC2...IC5 = NE556
IC6 = NE555

Diversen:
K1,K2 = 6-polige mini-DIN-bus
K3...K10 = 3-polige SIL-connector
K11 = 2-polige printkroonsteen, steek 5 mm
De software is beschikbaar op de Elektuur-site (www.elektuur.nl) en op diskette (EPS 010006-11, zie Service-pagina's)

Foutmeldingen

0	Error 0000	geen fout
1	Error 0001	de I²C-bus is niet vrij
2	Error 0002	geen acknowledge ontvangen
3	Error 0003	kon geen stopvoorwaarde genereren
4	Error 0004	voeding voor I²C-bus ontbreekt
5	Error 0005	I²C-bus is niet aangesloten
6	Error 0006	er is een niet-gedefinieerde fout opgetreden