

# Soft- en hardware voor proefopstellingen

*Om efficiënt research te kunnen doen is het snel en flexibel doen van experimenten essentieel. Ook de doorlooptijd en de kosten van het onderzoek staan veelal onder druk. Dit artikel gaat over een relatief eenvoudige, modulaire en krachtige besturingsarchitectuur voor proefopstellingen, die aan deze eisen tegemoet probeert te komen. Eerst beschrijven we de hardware, daarna een softwareplatform. We zullen het gebruik hiervan toelichten aan de hand van een voorbeeld: een wals van ca. 1.5 kg, 300 mm lang, die met een nauwkeurigheid van 1 µm op instelbare afstand van een tweede, beweeglijke wals gehouden moet worden door middel van een multivariabele servoregeling.*

• Theo Heeren<sup>1</sup> •

## Inleiding

In de research-fase is het essentieel om veel en goed te kunnen meten. In een complexe proefopstelling met bijvoorbeeld veel motorregelingen, temperatuurregelingen, camera's en/of scanners wordt zeer veel meetdata gegenereerd. Allerlei regelacties en camera-framegrabberacties moeten bovendien precies op tijd uitgevoerd worden. Nauwkeurigheden in de orde van grootte van tien nanoseconden zijn geen uitzondering meer. Bovendien moet die proefopstelling goed en veilig te bedienen zijn. Om een lage drempel voor het bouwen van een proefopstelling en het doen van onderzoek te krijgen, zijn verder een lage kostprijs en eenvoudige softwarematige programmering noodzakelijk.

## Hardware

We stellen de volgende besturingsarchitectuur voor (zie afbeelding 1). Een PC, draaiend onder Windows2000 of recenter, fungeert uitsluitend als data-opslagmedium en als User Interface voor de proefopstelling. De PC communiceert via USB- en/of RS232 interfaces met een of meerdere DSP-modules, die het real-time besturingswerk doen en meetdata naar de PC sturen. De PC bevat dus geen speciale communicatie- of data-acquisitiekaarten. In ons geval hebben we gekozen voor een module met de TMS320LF2812 (Texas Instruments) als DSP. De meetdata-stroom, afkom-

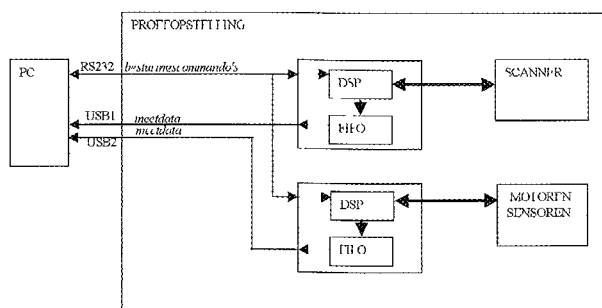
<sup>1</sup> Research & Development, Océ Technologies B.V. Postbus 101, 5900 MA Venlo

stig van een DSP, kan oplopen tot veertig Megabytes per seconde, bijvoorbeeld als er een CCD als beeldsensor gebruikt wordt. Omdat deze snelheid hoger is dan de maximale communicatiesnelheid van de USB-bus moet de meetdata gebufferd worden in een FIFO-buffer, die deel uitmaakt van de DSP-module. Voor de uitvoering van deze FIFO-buffer hebben we gekozen voor een standaard SO-DIMM geheugen (maximaal 512Mbyte) met een FPGA als aansturing, die tevens de hoogfrequente communicatie tussen DSP en buffer verzorgt.

Een eerste voordeel van deze architectuur is dat we een grote besparing op lange kabelbundels tussen PC en proefopstelling krijgen ten opzichte van de gebruikelijke architectuur met data-acquisitiekaarten binnen in de PC. De DSP's bevinden zich fysiek zo dicht mogelijk bij de te regelen of te bemeten objecten, zodat we een minimum aan kabels en slecht contact makende connectoren krijgen en de analoge signalen minder ruis of spikes oppikken voordat ze geconverteerd worden. Deze architectuur is vergelijkbaar met de CAN-bus architectuur uit de automobiel-industrie: we zien alleen maar een beperkte voedings- en communicatiebedrading tussen de modules. De USB-bus kan echter veel een veel hogere datastroom aan.

Een tweede voordeel is de zeer nauwkeurige timing-mogelijkheid voor alle besturingsacties. Door besturingsacties te spreiden over meerdere DSP's blijven de DSP-programma's eenvoudig en overzichtelijk. Allerlei tijdkritische besturingsacties worden op interrupt-basis uitgevoerd, terwijl het hoofdprogramma van de DSP de resterende procesortijd gebruikt om met de host-PC te communiceren.

De kostprijs van deze DSP-module bedraagt ongeveer €500,-.



Afbeelding 1. Overzicht hardware besturing

## Software

Iedere DSP draait zijn eigen besturingsprogramma, specifiek voor zijn eigen besturingstaken. Het Flash-geheugen binnen in iedere DSP bedraagt 256 kbyte en is groot genoeg voor een bibliotheek met standaard besturingsprocedures, vergelijkbaar met de modulaire opzet van bv. Matlab-Simulink. Bij het opstarten van de proefopstelling worden de DSP-programma's geladen via RS232: de programma's bevatten net zoals bij Matlab-Simulink mdl-files alleen informatie over de gebruikte modules en de interconnecties daartussen.

De PC bemonstert continu al zijn aangesloten USB-kanalen en slaat de beschikbare data op in files. Het gaat hierbij om meetdata, die later verwerkt wordt. Op het beeldscherm van de PC draait een grafische User-Interface (bv. Labview of Matlab-GUI), die alle commando's in RS232 vorm naar de DSP's stuurt. On-line besturingsinformatie van DSP's naar PC kan ook via RS232 ge-echoed worden, zolang dit maar voldoende langzaam is voor RS232.

De software is in staat om alle hardware-mogelijkheden van de DSP te benutten: snelle A/D-conversies, digitale I/O, pulsen tellen, transitie-tijdstippen van digitale signalen (capturing), enzovoort. De architectuur is met opzet eenvoudig gehouden: bij voorkeur worden alle besturingsacties met een constante, vrij hoge bemonsterfrequentie op interrupt-basis uitgevoerd. Indien een lagere frequentie wenselijk is, kan er ook gewerkt worden met een geheel veelvoud van die korte periodetijd, zodat er toch sprake is van een DSP-programma bestaande uit een timer-gestuurde interrupt procedure die alle besturingsacties doet en een hoofdprogramma dat de communicatie met de host-PC verzorgt.

Indien een toepassing erom vraagt, kan er van deze structuur afgeweken worden. In kleurenprinters is bv. een "lijnimpuls-generator" geïmplementeerd, die gebaseerd is op "event-triggered control": iedere keer als een referentie-encoder een puls afgeeft, wordt er een regelactie ondernomen, die op 10 ns nauwkeurig leidt tot de juiste timing om een lijn van een bitmap op een continu draaiende band of drum te printen.

## Veiligheid

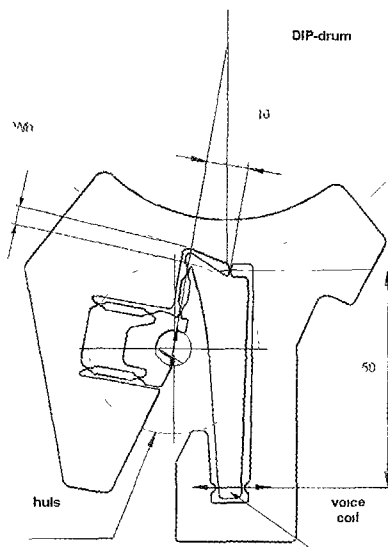
Veiligheid wordt zo goed mogelijk bewaakt door softwarematige beveiligingen in iedere DSP, specifiek voor zijn taken. Om te beveiligen tegen 'vastlopen' van een DSP is er de bekende watchdog-architectuur: een apart stukje hardware in de DSP bewaakt of de processor nog wel draait en reset

de DSP als dat gedurende een bepaalde tijd niet meer het geval is. Deze beveiligingsacties worden softwarematig gecommuniceerd naar de hoofdbesturing, zodat de operator op de hoogte blijft. Verder zijn allerlei voedingen voor bijvoorbeeld motoren en verwarmingen via relais softwarematig schakelbaar gemaakt en indien nodig zijn beveiligingssensoren opgenomen.

**Voorbeeld**

We beschouwen een systeem met twee roterende walsen die op een regelbare afstand van elkaar ingesteld moeten kunnen worden. Er moeten twee positie-motorregelingen geïmplementeerd worden en twee positioneermechanismen via voice-coilactuatoren, die de linker- en rechterkant van de walsen op gewenste afstand houden (twee vrijheidsgraden). Zie afbeelding 2 voor een mechanisch overzicht en afbeelding 3 voor een modelmatig overzicht van het systeem. De voice-coilactuatoren zijn voorzien van een analoge positie-sensor ten behoeve van positie-regeling, zie afbeelding 4. De bewegende wals is 300 mm lang en weegt circa 1,5 kg.

Er moeten dus vier simultaan werkende servo-regelingen geïmplementeerd worden. De eis voor de voice-coilactuatoren luidt: een positioneer nauwkeurigheid van 1 µm, bandbreedte voor stoorkrachtonderdrukking 100 Hz. We kiezen voor alle vier regelingen dezelfde basisfrequentie: 2000 Hz. De twee motorregelingen stellen echter niet zulke hoge eisen, we regelen dus om de 0.5 ms eerst de ene, daarna de andere motor op 1000 Hz. Per regelactie worden de gemeten sensor/encoderposities, de setpointposities en de



Afbeelding 2. Mechanisch zijzicht drum en huls met elastische rechtgeleiding

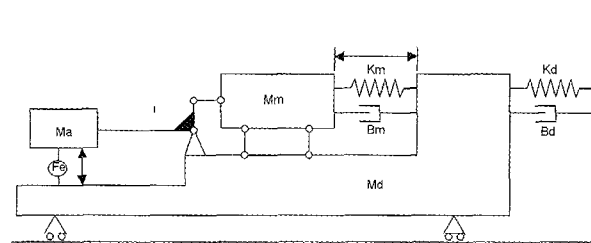
actuatorstuursignalen naar de DSP-FIFO geschreven als responsiemeting. De totale datastroom bedraagt daarmee circa 32 kByte per seconde.

Alle actuatoren en motoren worden pulsbreedte-gemoduleerd (20kHz PWM) aangestuurd. Om geen interferentie te krijgen tussen het meten van de analoge voice-coilpositiesensoren en het aan- of uitschakelen van de actuatoren kiezen we ervoor om de dutycycle van de actuatoren te begrenzen tot 80%. Dan is er dus altijd een tijdsinterval van 20% waarin niets geschakeld wordt en er dus spike-vrije A/D-conversies kunnen worden gedaan met 8x oversampling om eventuele ruis nog verder te onderdrukken.

De regelalgoritme voor de voice-coils is een MIMO-algoritme met twee inputs en twee outputs, er is immers sprake van mechanische interactie tussen de posities van de uiteinden van de wals. Enkele specs van de hardware implementatie kloksnelheid 32-bit fixedpoint CPU in de DSP: 150 MHz, regelfrequentie 2000Hz (bemonstertijd 500 µs), on-line rekentijd voor alle vier regelacties samen acht µs, A/D-conversiesnelheid 50 ns/12 bit, 8xoversampling. Van de motorencoders worden niet alleen de pulsen geteld, maar ook worden de flanktijdstippen van de meest recente acht encoderpulsen 'gecaptured' door hardware in de DSP. Dit maakt het mogelijk om een regelalgoritme te gebruiken met een bijzonder nauwkeurige snelheidsschatter en interpolatie tussen encoderpulsen. Omdat het positiepointsignaal lineair in de tijd oploopt, is het hierdoor mogelijk met een goedkope, lage resolutie encoder toch een hoge performance te halen. De totale kostprijs van een voice-coil inclusief aansturing, exclusief regeling ligt op circa €17, die van een motor inclusief encoder en aansturing (20W) op circa €20.

**Conclusies**

De hier voorgestelde architectuur is aanmerkelijk goedkoper dan de gebruikelijke hardware voor proefopstellingen (data-acquisitiekaarten binnen in de PC met software) Het gaat hier al gauw om duizenden Euro's per proefopstelling. Ook dure softwaremodules als D-space, Matlab-XPCTarget



Afbeelding 3. Mechanisch model proefopstelling per actuator

# Newport

Eén bedrijf, meer dan 10000 producten en oplossingen

Newport heeft meer dan 35 jaar ervaring en expertise op het gebied van hoge precisie technologie en is uw leverancier van:

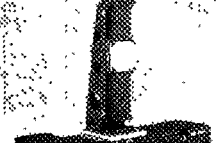
- Positioneren met hoge precisie
- Trillingsdemping
- Optiek
- Photonics
- Opto-mechanische componenten

Producten:

- Standaard catalogus componenten
- OEM producten
- Systemen op maat

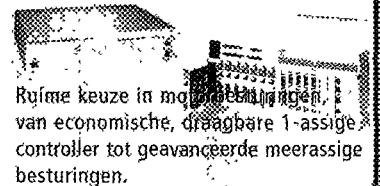
Bezoek onze catalogus online via [www.newport.com](http://www.newport.com) en registreer online of bel ons om de Newport Resource 2004 catalogus te ontvangen! (beschikbaar vanaf april)

## Positionering



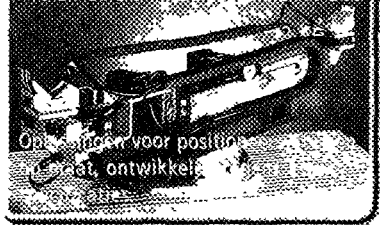
Handmatige of gemotoriseerde translatie- en rotatieactuatoren.

## Motorbesturing



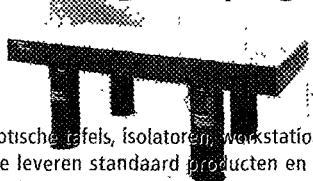
Rijke keuze in mogelijkheden, van economische, draagbare 1-assige controller tot geavanceerde meerassige besturingen.

## Positionersystemen



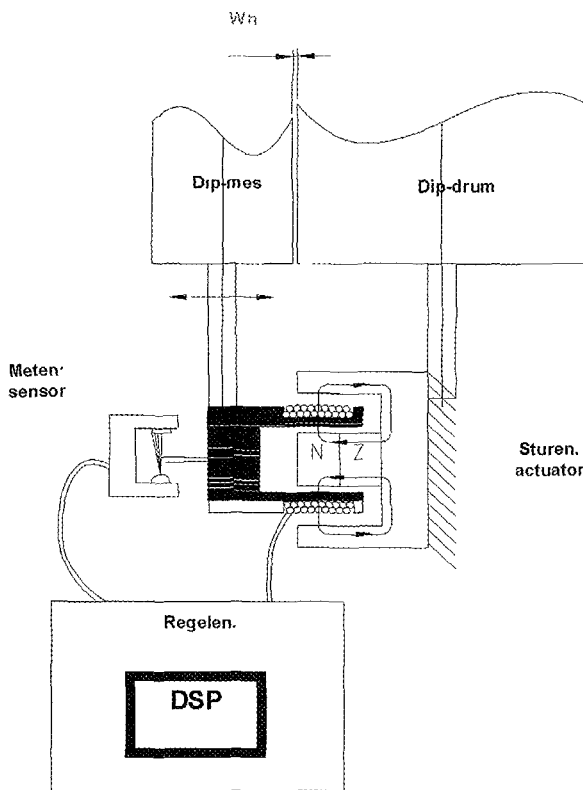
Ontwikkelen voor positie op maat, ontwikkeling

## Trillingsdemping



Optische tafels, isolatoren, werkstations. We leveren standaard producten en producten op maat.

Vraag online uw gratis Newport Resource 2004 Catalogus aan!



Afbeelding 4 Overzicht sensor (lichtslot) en actuator (voice coil)

of RealTime Workshop zijn niet nodig. Bij complexe proefopstellingen levert de besparing aan veel lange kabels tijd-winst op met bouwen, en robuustheidswinst: zoeken naar losse contacten en dergelijke.

De gebruikersvriendelijkheid moet bekeken worden vanuit besturingprogrammearniveau en vanuit gebruikerniveau. De gebruiker merkt in principe niets van de alternatieve architectuur als de programmeur zijn werk goed doet. De programmeur kan binnen deze architectuur voor standaardproblemen op soortgelijke wijze te werk gaan als bijvoorbeeld bij Matlab-simulink: grafisch programmeren. Maar bij complexere problemen (die ook niet met automatische codegenererende tools afgehandeld kunnen worden) kan er ook altijd teruggevallen worden op C-code

Eén stuk hardware handelt hier taken af waar een PC-gebaseerde besturing verschillende insteekkaarten (met ieder een aparte serie manuals en driver-software) voor nodig heeft: AD-conversie, motorregeling, camera-frame grabbing.

Op grond van het bovenstaande kan gesteld worden dat de 'standaard' soft- en hardware voor proefopstellingen behoorlijk overgeprijsd is en qua flexibiliteit nogal te wensen overlaat.

**België**  
Newport BV  
Tel +32-16.402 927

**Duitsland**  
Newport GmbH  
Tel +49-6151 3621 0

**Frankrijk**  
MICRO-CONTROLE  
Tel +33-1.60.91 68 68

**Groot Brittanië**  
Newport Ltd  
Tel. +44-1 635 521 757

**Italië**  
Newport/Micro-Controle Italia  
Tel +39-2 92 90.921

**Nederland**  
Newport BV  
Tel +31-30.659 2111

**Zweden/Denemarken**  
NPT Instruments AB  
Tel +46-859118844