

De Leuvense hogeschool Groep T en specialist in vermogenslektronica Triphase nemen met een pc op wielen deel aan het eerste internationale kampioenschap voor racewagens op waterstof.



# Waterstofkart rijdt rondjes op hedendaagse pc-technologie

**KU Leuven-spin-off Triphase bouwde in samenwerking met de Leuvense hogeschool Groep T een door waterstof aangedreven kart waarbij één centrale pc alle taken op zich neemt. De computer stuurt realtime de motoren, verzorgt de energiestromen tussen de brandstofcel, de batterij en de supercapacitoren en communiceert daarenboven draadloos en via een touchscreen met de buitenwereld. Pieter Coppens en Piet Vanassche van Triphase over de ontwikkeling van deze pc op wielen.**

**Pieter Coppens  
Piet Vanassche**

Zonder twijfel gaat de vraag naar elektrische voertuigen en andere groene technologie op korte termijn toenemen. Bedrijven in deze sector zoeken naar de best mogelijke configuratie van energiebronnen en motoren. Ze willen zo een volwaardig alternatief bieden voor huidige wagens zonder hierbij in te boeten aan comfort en reikwijdte. Efficiënt en intelligent energiemangement is de sleutel tot succes. In combinatie met hedendaagse veiligheidssystemen zullen voertuigen steeds slimmer worden. De uitdagingen liggen in het be-

heersen van de complexiteit en het garanderen van de betrouwbaarheid van de wagens van de toekomst.

Hoogstwaarschijnlijk zal een combinatie van nieuwe energiebronnen zoals batterijsystemen, brandstofcellen, vliegwiel en supercapacitoren binnen vijf jaar haar intrede doen in commercieel beschikbare voertuigen. Verschillende autoconstructeurs kijken ook serieus naar nieuwe aandrijvingen zoals wielmotoren, liefst aanstuurbaar met zo weinig mogelijk sensoren. Deze ontwikkelingen verhogen de complexiteit dras-

tisch en verzwaren de eisen aan beschikbare rekenkracht voor het draaien van complexe stuuralgoritmes.

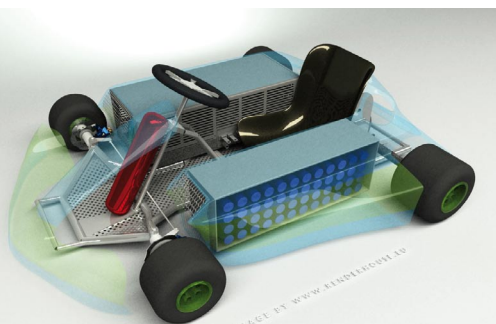
Met gedecentraliseerde intelligentie, waarbij de stuurlogica wordt verspreid over een groot aantal verschillende processoren, zullen de nu al overvolle Can-bussen tekortschieten om alle informatie tijdig getransporteerd te krijgen. De complexiteit stijgt bovendien verder door integratie van slimme plug-insystemen die het toelaten met de in het voertuig aanwezige opslagcapaciteit het publieke elektriciteitsnet te ondersteunen. Ook het streven van autoconstructeurs naar personalisatie en actieve veiligheidssystemen zoals ABS, Advanced Driver Assistance Systems (Adas) en Electronic Stability Program (ESP) maken van een voertuig meer en meer een (gecentraliseerde) pc op wielen.

### Racemonster

KU Leuven-spin-off en specialist in vermogenslektronica Triphase vereenvoudigt en versnelt de ontwikkeling en implementatie van deze complexe systemen met een realtime embedded hardwareplatform waarop alle benodigde software is bijeen te brengen, zelfs

die voor het aansturen van de in elektrische voertuigen onmisbare vermogenssecties. Ingenieurs programmeren het platform vanuit grafische, gebruiksvriendelijke omgevingen zoals Matlab/Simulink. Om de technologie te testen en te optimaliseren, nemen we samen met het Zero Emission Racing Team van de Leuvense hogeschool Groep T deel aan het Formula Zero Championship 2008, het eerste internationale kampioenschap voor racewagens op waterstof.

Twee krachtige DC-motoren, met een vermogen tot 60 kW, maken de kart van het Zero Emission Racing Team tot een echt racemonster. Een brandstofcel levert het basisvermogen van 8 kW. Bij plankgas springen



**De kart haalt 100 km per uur in 5 seconden en een topsnelheid van 120 km/uur.**

supercapacitoren bij om voor een forse versnelling te zorgen. Deze supercaps recuperen eveneens alle remenergie, waardoor het nettoverbruik drastisch daalt. Dat het een racepaard is, vertellen de cijfers. Zo haalt de kart 100 km per uur in 5 seconden, wat vergelijkbaar is met een Ferrari. De topsnelheid bedraagt 120 km/uur.

Alle algoritmes nodig om deze kart aan te drijven, draaien op één enkele, Linux-gestuurde pc. Deze computer stuurt het schakelen van de vermogenconverters rechtstreeks aan. Daarnaast heeft de brandstofcel, als enige systeem aan boord, nog een eigen microprocessor voor wat interne huishouding. Een FPGA zorgt voor de data-acquisitie en veiligheid op het allerlaagste niveau. Algoritmes op de pc omvatten het aansturen van de twee DC-motoren, de energie-uitwisseling met de brandstofcel en de supercaps en het energiemangement dat vraag en aanbod van energie in het systeem op elkaar afstemt. Alle algoritmes lopen op 8 kHz.

Boven op deze basislaag van snelle realtime processen draait de gebruikersinterface en de draadloze verbinding met de pits. De piloot interageert met de wagen via een aanraakscherm op het stuur. Dit stelt hem in staat om de beste koersstrategie te bepalen en gegevens op te slaan voor analyse na de race.

## Kous

Traditioneel wordt een elektrische aandrijflijn eerst gemodelleerd en gesimuleerd in softwareomgevingen zoals Matlab/Simulink, MatrixX/Systembuilder of Spice. Het vergt daarna vaak maanden om dit alles om te zetten in werkende hardware. Om dit probleem aan te pakken, integreerden we onze ontwikkelomgeving nauw met gebruiksvriendelijke en populaire pakketten zoals Matlab/Simulink.

Deze aanpak sloopt de muur tussen simulatie en werkende hardware. Een code-generator zoals Real-Time Workshop zet de in Matlab/Simulink uitgewerkte en gesimuleerde stuuralgoritmes om in C. Een compiler werkt de code vervolgens om tot een uitvoerbaar bestand dat vanaf onze realtime Linux-pc de hardware van de kart aanstuurt. Deze Triphase-hardware omvat onder meer vermogenconverters, spannings- en stroommetingen en allerhande analoge en digitale in- en uitgangen.

Dit alles reduceert de weg van simulatie tot hardwaretest tot een proces van enkele minuten. De cijfers spreken weer voor zich: in drie weken was de aansturing van de motoren, de coördinatie van de energietransfers van en naar de waterstofcel en de pilootinterface voor elkaar. Met traditionele technieken vergt zo iets meerdere maanden.

Traditionele systeemarchitecturen zetten een pc typisch in als gebruikersinterface. Die geeft instructies aan microprocessoren en PLC's, die op hun beurt elk een aantal DSP's onder controle hebben. Een aantal spelers heeft intussen PLC-software op de pc geïntegreerd (lees: geëmuleerd). Een dergelijke softwaregeëmuleerde PLC heet een soft-PLC. In de kart heeft Triphase ook de DSP-logica naar de centrale computer gebracht. Bij de kart doet deze 'soft-DSP' zowel de motorcontrole als de aansturing van de DC-DC-converter die energie uitwisselt met de brandstofcel. Softwaremotor van de centrale - en embedded - Triphase-pc is het Linux/Xenomai-OS. Dit laat toe niet-tijdkritische functionaliteit zoals data-analyse, gebruikersinterfaces en monitoring te combineren met de realtime algoritmes die de motoren en het energiemangement aansturen.

Deze verregaande concentratie van functionaliteit op een centrale pc biedt verschillende voordelen. Ten eerste sparen we zo heel wat hardware uit, wat de prijs drukt, de bedrading vereenvoudigt en ook voorraadbeheer versimpelt. Ten tweede draagt de aanpak bij tot een snellere ontwikkeling en tot een bijzonder onderhoudsvriendelijk systeem, aangezien het niet langer nodig is om bij wijzigingen alle verschillende PLC's, DSP's en verder aanwezige microprocessoren apart

te herprogrammeren. Als we de klus op de pc eenmaal hebben geklaard, is de kous af.

We hebben bewust gekozen voor realtime Linux om het systeem een open architectuur te geven. Het mooie van Linux is dat er heel veel software voor beschikbaar is. Hierdoor kunnen klanten specifiek eigen programmatuur gaan schrijven en implementeren. Het gebruik van een pc met plug-and-play functionaliteit laat toe additionele hardware zoals een touchscreen of draadloze communicatie eenvoudig te integreren.

## CO<sub>2</sub>-proper

Wij geloven in het *one-stop shop*-principe om te komen van prototype naar eindproduct. Afhankelijk van productoplages en complexiteit is een embedded pc prima te verantwoorden in een voertuig en biedt deze duidelijke voordelen. Zo is een enkel centraal platform makkelijker te onderhouden en te updaten. Vereenvoudiging van softwareontwikkeling en onderhoud opent perspectieven voor het personaliseren van voertuigen die reeds in gebruik zijn. We zien ook mogelijke kostenreducties door de integratie van een veelheid aan stuurdozen op één enkel centraal punt. Mogelijke toepassingen zijn bussen, landbouwvoertuigen en vuilniswagens. Bij massaproductie heeft de ontwikkeling van productspecifieke hardware natuurlijk nog steeds een voordeel. Dan biedt ons concept een snelle manier om eerste testvoertuigen op de markt te brengen.

Zeker in de automobielenijverheid zijn betrouwbaarheid en veiligheid cruciaal. Daarom zijn er redundante systemen om storingen op te vangen of, in het ergste geval, de bestuurder de kans te geven om veilig te stoppen. Daarnaast is er de inbraakveiligheid. Op de processor die de motoren onder controle heeft, zijn virussen uit den boze. Wij zijn er echter van overtuigd dat ons platform op deze uitdagingen een passend antwoord biedt.

In een volgende stap gaan we samen met de Londense motorspecialist Evo Electric een hybride taxi ontwikkelen. Economische stimulans voor dit project zijn de steeds hogere accijnzen die de Britse hoofdstad oplegt aan vervuulende voertuigen. Voor de Londense taxi's, die de betaalzones voortdurend doorkruisen, lopen de kosten al snel op. Aangezien CO<sub>2</sub>-propere wagens zijn vrijgesteld van de taks, loont het de moeite om te investeren in groene technologie. Begin 2009 testen we het eerste prototype in Londen.

*Pieter Coppens is accountmanager bij Triphase. Piet Vanassche is COO van de spin-off.*

**Redactie Nieke Roos**