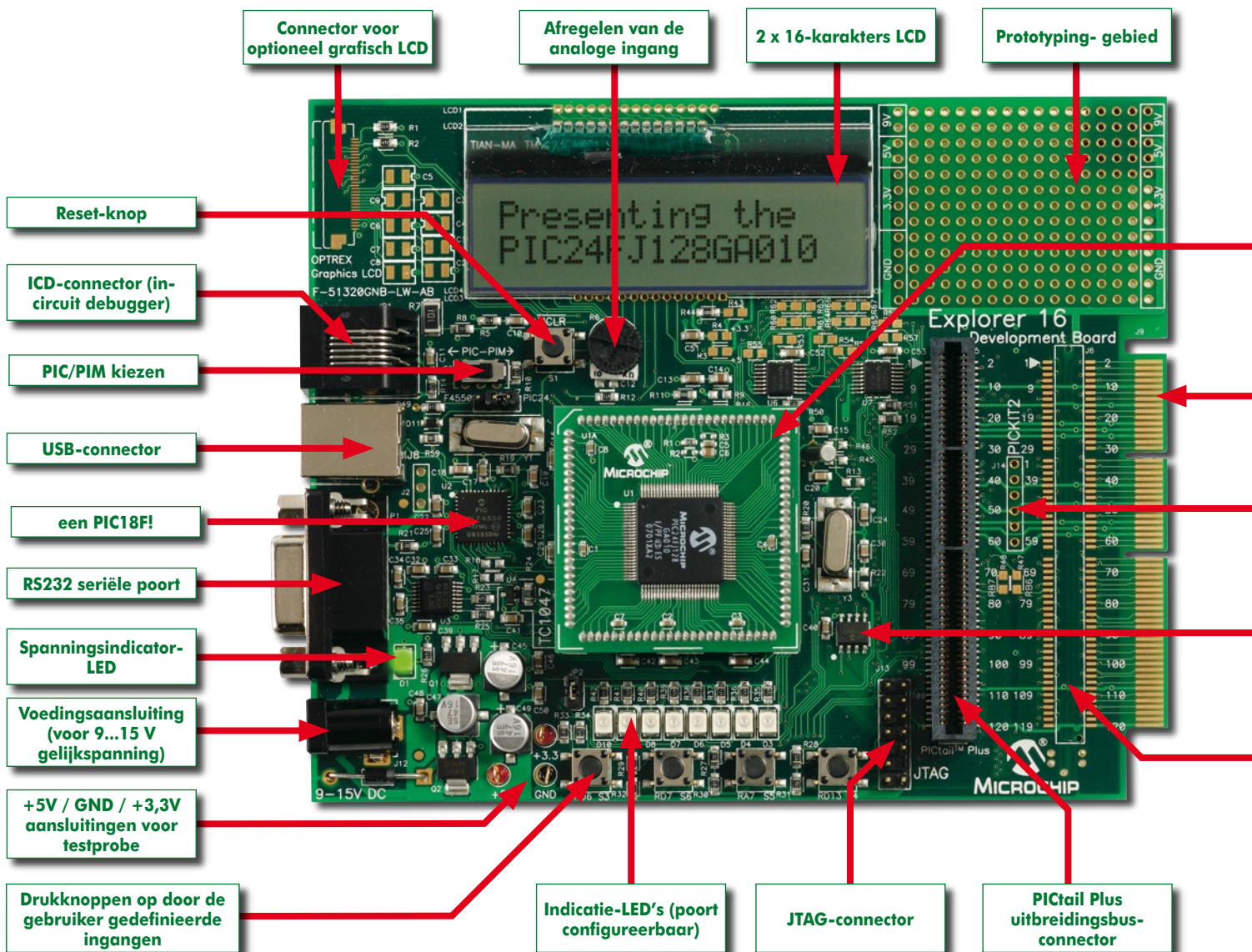


# Explorer-16

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

We gaan er van uit dat de gratis Explorer-16 CD-ROM die in de vorige Elektuur zat niet is misbruikt als onderzetter, verhandeld op Ebay of als frisbee het raam is uitgewerkt, zodat we nu een blik op de hardware kunnen werpen. Software wordt in dit tweede deel ook behandeld in de vorm van een Proteus VSM simulatie van audio-signaalbewerking. En tenslotte hebben we nog een speciale aanbieding met een megakorting.



Figuur 1. Het Explorer-16 board van bovenaf gezien. De PIC24FJ zit in het midden.

# Deel 2: Het Explorer-16-pakket audio signaalbewerking

We kregen veel positieve reacties op de gratis CD-ROM die was meegeleverd met de hele Europese uitgave van *Elektuur* van januari 2007. De reacties varieerden van "leuk om eens een simulatie van een complete microcontroller te draaien, en nog gratis ook" en "hé, een gratis C-compiler voor high-end PICs" tot "ik ga meteen de Explorer-16 hardware aanschaffen".

Voordat we de Explorer-16 aanbieding bespreken, zijn er nog wat toevoegingen en extra's die net na de publicatie in januari 2007 kwamen.

## Meer dan een paar pagina's

Een enorme hoeveelheid gratis documentatie, inclusief een inleiding tot het programmeren van een PIC24F, tutorials, datasheets, application notes, Power Point presentaties en nog veel meer is verzameld en beschikbaar gesteld op de Explorer-16 pagina van onze website. Die is te vinden op [www.elektuur.nl/explorer-16](http://www.elektuur.nl/explorer-16). Deze webpagina is alleen toegankelijk voor geregistreerde gebruikers – u komt daar een login-scherm tegen.

Ten tijde van dit schrijven zijn er een stuk of tien downloads beschikbaar die meer informatie bevatten over de Explorer-16 en de PIC24F dan in deze hele *Elektuur* kan worden afgedrukt. De videopresentatie van Don Schneider is zeer de moeite van het bekijken waard. De presentatie komt in de vorm van een Windows Media File (wmf) met een bestandsgrootte van ongeveer 40 MB. Er is ook een 'niet bewegende' versie in de vorm van een pdf-bestand, die uiteraard veel minder ruimte in beslag neemt.

Naast al deze gratis software en documentatie voor PIC-enthousiastelingen (in het bijzonder de 24F-chips) hebben we ook een speciaal **Explorer-16 onderwerp** op ons online-forum. Vragen die de auteurs niet kunnen beantwoorden worden doorgestuurd naar experts bij Microchip en Labcenter.

## Explorer-16 aanbieding

Voordat we overgaan tot de hardware die we deze maand bij dit project aanbieden, willen we nog even duidelijk stellen dat de Explorer-16 CD-ROM die gratis bij de *Elektuur* van vorige maand zat helemaal stand-alone gebruikt kan worden. U kunt de Proteus VSM simulatie doen, ervaring opdoen met de taal C en het programmeren van een PIC, en dat allemaal zonder hardware te hoeven kopen. In antwoord op de

reacties op de gratis CD-ROM van januari willen we benadrukken dat in het bijzonder de Proteus-simulatieprogramma's een relatief snelle PC vereisen. Het is dus niet zo handig om het te draaien op een 486 onder Windows 98 – dat is alleen maar frustrerend.

Achter het ogenschijnlijk eenvoudige welkomstmenu op de CD schuilt een enorme hoeveelheid bruikbare informatie – dat bespaart een hoop zoekwerk op de websites van Microchip en Labcenter. De speciale uitgave van Proteus VSM met de PIC24F simulatiemodule is in deze vorm nergens te vinden, want het werd door Labcenter Electronics speciaal voor *Elektuur* gemaakt.

De Explorer-16 aanbieding is echt iets bijzonders en alleen verkrijgbaar via *Elektuur* tegen een speciale prijs. Bestelgegevens vindt u op de shop-pagina's van de *Elektuur*-website. Oké, wat zit er allemaal in dit pakket?

## Explorer-16 demo-board

Dit is het hoofdonderdeel van het Explorer-16 pakket (**figuur 1**). Het demo-board is 140 x 115 mm groot en er worden twee MPU-modules bij geleverd: een PIC24FJ en een dsPIC33F. Microchip noemt deze 'PIM's' (Plug-In Module). Het zijn beide opsteekprints met 100 pennen in een vierkant. Hoewel we de PIC24FJ PIM gaan gebruiken in dit project, is de dsPIC33F PIM een goede start voor degenen die met digitale signaalbewerking aan de gang willen. Er is heel veel informatie over de dsPIC-familie te vinden op de website van Microchip. De PIC24FJ en de dsPIC33F PIM's kunnen ook los besteld worden bij Microchip-Direct om stand-alone toepassingen te kunnen ontwikkelen met het Explorer-16 moederbord en PICkit 2.

De opsteekprintjes zijn niet zo duur, wanneer je in aanmerking neemt dat de PIC's al gemonteerd zijn op het printje van 40 x 40 mm met een 100-pens connector aan de onderzijde, opgebouwd uit vier SIL-headers gerangschikt in een vierkant.

De Development Board User's Guide die op de CD-ROM te vinden is die met

PIC24FJ128 100-pens  
plug-in module (PIM)

PICtail Plus  
uitbreidingsbusprint-  
connector

PICkit 2 Programmer-  
connector

Seriële EEPROM

PICtail Plus  
uitbreidingsbus-  
connector (optioneel)



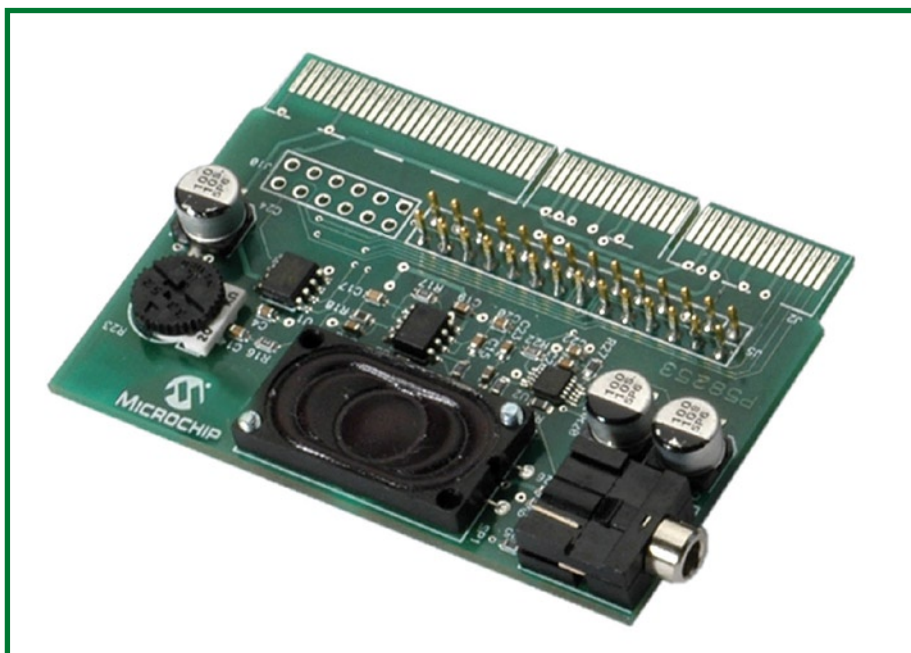
Figuur 2. PICkit 2 is een 'kit-in-een-kit' met uitgebreide mogelijkheden voor alle PIC-gebruikers, want er zit zowel een debugger als een programmer in.

deze kit wordt meegeleverd, geeft u alle informatie die nodig is om het Explorer-16 board de eerste keer vlot aan de praat te brengen. Het demo-board kan als ontwikkelsysteem gebruikt worden, maar ook rechtstreeks ingezet worden voor echte toepassingen met een PIC24F of dsPIC33.

Zoals we gewend zijn van Microchip zijn er tutorial-programma's beschikbaar om heel snel aan de slag te kunnen. En deze programma's zijn al voor

u in de twee PIM's gezet.

Het Explorer-16 board wordt gevoed vanuit een netstekervoeding met een capaciteit van ongeveer 250 mA bij 9...15 V gelijkspanning. Gebruikersprogramma's worden in niet-vluchtig geheugen opgeslagen. Indien gewenst kunnen ze automatisch worden uitgevoerd bij inschakeling van de voedingspanning. Het is dus heel gemakkelijk om de software ontwikkeld met de Explorer-16 over te zet-



Figuur 3. Het Audio PICtail Plus board dat eveneens in het speciale Explorer-16 pakket zit.

ten naar een toepassingschakeling: gewoon de PIM omsteken. De toepassingschakeling moet voorzien zijn van vier 0,05 inch headers van 25 pennen, net zoals op het demoboard. Om kostbare vergissingen te voorkomen is het aan te raden om **altijd goed het afgeschuinde merkteken van de PIM in de gaten te houden.**

### PICkit 2 starter-kit

Het tweede hoofdbestanddeel van de aanbieding is de PICkit 2 die u misschien al kent van zijn immens populaire voorganger, de PICkit 1. De PICkit 2 bevat het 'Low Pin Count Demo Board' dat ondersteuning geeft aan 8-, 14- en 20-pens PIC's. We hoeven u waarschijnlijk niet te vertellen hoe nuttig dit onderdeel is, zelfs als u het Explorer-16 board niet vaak gebruikt.

De PICkit 2 communicatiemodule wordt in de 6-voudige pinheader van het Explorer-16 board geprikt en *klaar is Kees*, u kunt gaan programmeren en debuggen. Let er wel op dat de modulekant met de LED's naar de PICtail-connector op het Explorer-16 board wijst. De PICkit 2 heeft zijn eigen documentatie, gebruikersgids en software, allemaal op weer een CD-ROM. De PICkit 2 is te zien in **figuur 2**.

### Audio PICtail Plus

Het Audio PICtail Plus daughter-board dat ook deel uitmaakt van het pakket en in **figuur 3** te zien is, kan op het Explorer-16 ontwikkel-board geprikt worden. Het wordt gebruikt om analoge signalen vanuit een PWM-sigitaal te genereren. Daarvoor wordt een laagdoorlaatfilter (LPF) gebruikt met een potmeter aan de ingangszijde, waarmee het volume kan worden geregeld. Het signaal van het LPF gaat dan naar een eindversterkertje. Deze versterker kan gebruik maken van het luidsprekertje op de print of een externe luidspreker via een connector. Men kan op deze connector ook een luidsprekerset met geïntegreerde versterker aansluiten om het geluidsvolume op te te krikken voor grotere ruimtes. De versterker zal de print-luidspreker automatisch uitschakelen als er een plug in de aansluiting wordt gestoken. Het ontwerp is ook voorzien van een seriële EEPROM waarin gecomprimeerde spraak kan worden opgeslagen.

Een paar pennetjes van de haakse pinheader moeten geïsoleerd worden omdat ze gevaarlijk dicht bij de aansluitingen van de JTAG connector van het Explorer-16 board zitten.

## We gaan weer simuleren: Audio PICtail Plus in VSM

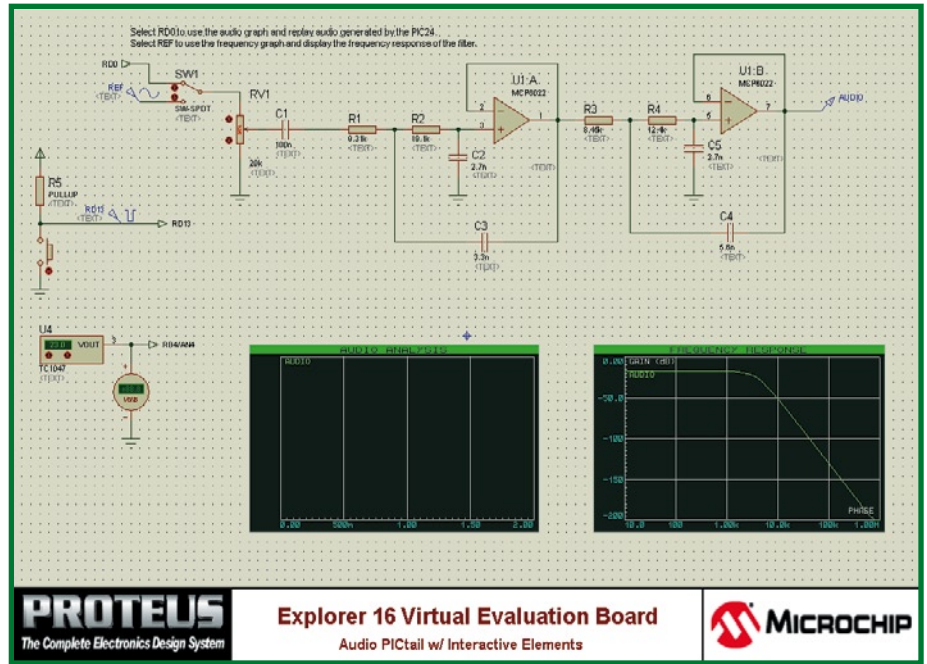
Deze maand gaan wij weer simuleren met Proteus VSM dat op de gratis Explorer-16 CD-ROM (januari 2007) te vinden is. Download het bestand Demo2.zip van de Explorer-16 pagina van [www.Elektuur.nl/explorer-16](http://www.Elektuur.nl/explorer-16). Zet de uitgepakte Demo2-map in de directory: c:\program files\microchip\mplab c30\examples.

Het Audio PICtail virtuele demo-board voor VSM is een gestripte versie van de volledige hardware-variant, in zoverre dat een deel van het Explorer-16 demo-board en een aantal onderdelen van de Audio PICtail zijn verwijderd ter wille van de overzichtelijkheid en om de simulatietijd te verkorten. Hoewel het demonstratie-board in dit geval virtueel is, worden de mogelijkheden van Proteus VSM en de PIC24F ten volle getoond. Om de download-grootte beperkt te houden, bevat de Audio Analysis Graph geen gegevens, daarom is een simulatie nodig om het geluidssignaal te horen op de PC.

De Audio PICtail demo bestaat uit twee bladen. Een is te zien in **figuur 4** en bevat de audio-elementen van de PICtail en de interactieve elementen die nodig zijn om de VSM-simulatie uit te kunnen voeren. Het tweede blad bevat de PIC24F die nodig is om de source-code te draaien.

Er zijn een aantal elementen van de hardware verwijderd, omdat het hier gaat om een zuivere simulatie in plaats van een simulatie als onderdeel van een compleet ontwerp met een print. De demo is zo opgezet dat er geen componenten kunnen worden toegevoegd of verwijderd. De demo maakt het echter wel mogelijk om de waarde van de passieve onderdelen te veranderen, waarmee de karakteristiek van het filter kan worden aangepast. Het resultaat van deze veranderingen kan dan bekeken worden in het Frequency Response Window. De C-source-code kan ook aangepast worden, dus de spraak-output kan ook aan de hand van de source-code van de PIC24F worden geanalyseerd.

De mogelijkheid om zowel een Audio Analysis als een Frequency Response te draaien in een en dezelfde simulatie zou normaal gesproken een volledige versie van de software vereisen om de verbinding met de MCU te verwijderen en een sinusgenerator toe te voegen. De experts van Labcenter hebben echter een nieuwe **interactieve switch** (**figuur 5**) bedacht die er voor zorgt dat



Figuur 4. Het Audio PICtail Virtual Demo Board met alle belangrijke interactieve elementen.

de twee signaalbronnen geen last van elkaar hebben.

De stand van de schakelaar moet worden aangepast aan het type van de grafiek. Klik er maar eens op.

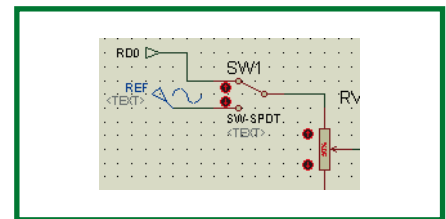
- Selecteer RD0 voor de audiografiek en het afspelen van het geluid dat door de PIC24 wordt gegenereerd.
- Selecteer REF voor de frequentiegrafiek en het tonen van de frequentieresponsie van het filter.

De Audio PICtail heeft ook interactieve elementen voor:

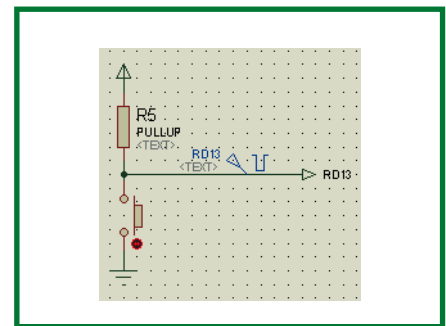
- een drukknop om code te starten in een real-time simulatie
- een temperatuursensor

De **drukknop** is nodig om het voor de source-code mogelijk te maken de ADC uit te lezen, vervolgens de relevante waarde te berekenen en dan de spraak naar de output te sturen. In de sectie van de drukknop zit ook een stimulus input, zie **figuur 6**. Dit is nodig voor een goede werking van de Audio Analysis Graph, omdat de interactieve onderdelen in batch-mode zijn uitgeschakeld. Zonder deze stimulus zou de batch-simulatie niet kunnen draaien.

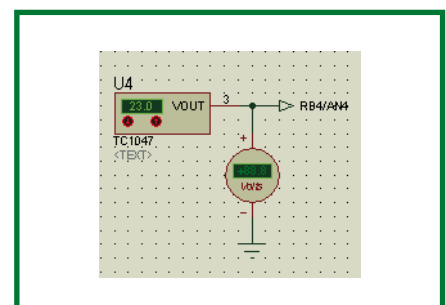
De **temperatuursensor** (**figuur 7**) is een volledig interactief onderdeel. Hiermee kan de ontwerper de temperatuur instellen met de ↑ en ↓ knoppen. Het outputsignaal van de temperatuursensor gedraagt zich dan exact volgens de specificaties van de



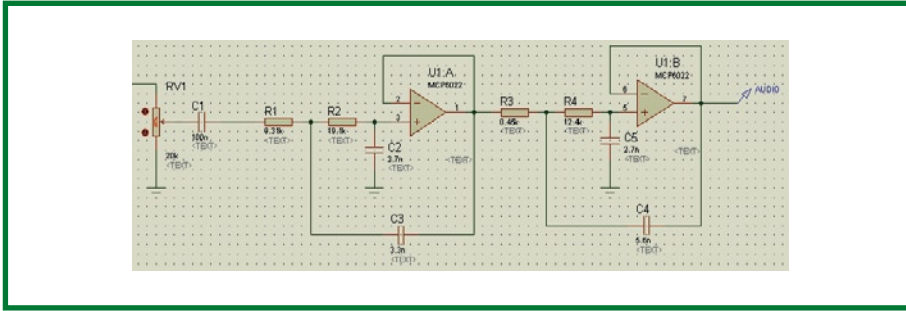
Figuur 5. Interactieve virtuele schakelaar.



Figuur 6. Interactieve drukknop en batch-mode-stimulus.



Figuur 7. Interactieve TC1047 temperatuursensor en DVM – alles virtueel!



Figuur 8. Virtuele uitgangsfilertrap met de MCP6022.

datasheet en kan vervolgens door de PIC24F ADC worden ingelezen. Hiermee kan de ontwerper bijvoorbeeld de code testen op grenswaarden, de response op verwachte ADC-waarden bepalen en vele andere handelingen. Dit

waarden in de code voor een bepaalde ADC-waarde zinvol zijn in relatie tot de ingestelde temperatuur en verwachte sensorwaarde.

De **output filter section** (figuur 8) heeft dezelfde schakeling en waarden zoals

## Het speciale Explorer-16 pakket is alleen via Elektuur te koop met een flinke korting

helpt natuurlijk om het aantal cycli van wijzigen en testen te verminderen en verkort daarmee de debug- en testtijd. Bovendien is er ook nog een virtuele voltmeter verbonden met de uitgang van de temperatuursensor. Deze geeft de mogelijkheid om te verifiëren of de

in de echte Audio PICtail hardware. De uitgangstrap is echter verwijderd en er zijn wat veranderingen aangebracht om de simulatie zoals hierboven geschetst te kunnen doen. Het leuke van de simulatie is dat het mogelijk is om snel en gemakkelijk de waarden van



Figuur 9. Audio Analysis venster gemaximaliseerd.

de passieve onderdelen te veranderen om de reponsie van het filter aan te passen. Deze responsie kan dan gecontroleerd worden door een simulatie te draaien met de Frequency Response grafiek. Een ander voordeel van de simulatie is de mogelijkheid om spraakuitvoer te analyseren en te bewaren in een .wav-bestand. Heel interessant voor microcontroller-enthousiastelingen die zich met digitale audio bezig houden.

Om de simulatie mogelijk te maken is er een Voltage Probe verbonden met de filteruitgang. In dit geval is deze met 'Audio' gelabeld. Die wordt hier gebruikt als een referentie voor de weergave in een grafisch analysevenster.

### Het draaien van de demo

De code moet meteen werken in ISIS, want het .cof-bestand in de ontwerpmap verwijst naar de PIC24F. Om het ontwerp met MPLAB te gebruiken moet waarschijnlijk eerst een build-opdracht gedaan worden. MPLAB vraagt daar om als dat nodig is.

Met de **Audio Analysis graph** kunt u het signaal aan de uitgang van het ontwerp opnemen en afspelen. De analyse wordt uitgevoerd als een batch-proces en de Spice-berekeningen zijn gebaseerd op de berekende uitvoer van de PIC24F. Hiermee kan de VSM simulatie-engine een mixed-signal-analyse uitvoeren, waardoor zaken als de audio-analyse mogelijk zijn.

De werking van de grafische simulatie is grotendeels hetzelfde, of het ontwerp nu binnen het Proteus ISIS schematekenpakket draait, of het Proteus VSM-venster binnen MPLAB.

De procedure is als volgt. Zorg dat de interactieve schakelaar in de juiste positie staat voor de gewenste signaalbron, plaats de cursor boven de Audio Analysis Graph in het schema en druk op de spatiebalk of klik op de rechter muisknop en selecteer Simulate Graph. De simulatie gaat nu van start. Als alles goed gaat, zal de gesproken uitvoer voor de ingestelde temperatuur (in graden) te zien zijn als een audio-golfvorm. Om nogmaals naar de uitvoer te luisteren kunt u op CTRL-space drukken of Play Audio selecteren.

De grafiek kan ook uitgerekt worden om andere operaties uit te voeren – dat wordt bereikt door te klikken in de titelbalk van de Audio Analysis grafiek die bij het schema staat. Dat moet dan een gemaximaliseerd window opleveren zoals in **figuur 9** is te zien. Het mechanisme voor de **Frequency Res-**

# Het speciale Explorer-16 pakket

Vanaf het verschijnen van dit nummer biedt Elektuur een **exclusief Explorer-16 pakket** aan. Het bestaat uit vier onderdelen:

## 1. Explorer-16 demo-board

Een modulaair ontwikkelsysteem voor de nieuwe 16-bits microcontrollers van Microchip. Er is ondersteuning voor chips van de families PIC24F, PIC24H en dsPIC33. Het is geschikt voor periferie op 5 V en heeft een brede functionaliteit. Via uitbreiding met modules kan het veel toepassingsgebieden aan. Het board is voorzien van een dsPIC33F256GP710 plug-in module, een PIC24FJ128GA010 module, een RS232-datakabel en een CD-ROM.

## 2. PICkit 2 Starter Kit

Een PICkit 2 Microcontroller Programmer en een PICkit 2 Low Pin Count Demo Board met een PIC16F690 PDIP om aan de slag te kunnen met het programmeren van eenvoudige en wat uitgebreide flash-microcontrollers. De PICkit 2 maakt gebruik van Microchip's Full-Speed USB-device. Het Low Pin Count Demo Board ondersteunt 8-, 14- en 20-pins PIC's. Naast de PIC16F690 zijn er ook nog 4 LED's, een drukknop en een potmeter. Ook zijn er 12 tutorials bij om ontwikkelaars snel op weg te helpen met het programmeren van PIC's.

**ponse graph** is hetzelfde als voor de audio-analyse, maar de interactieve schakelaar moet dan wel zo gezet worden dat de sinusgenerator wordt gebruikt.

## Debuggen met MPLAB en Proteus VSM

Het echte werk van een debug-operatie op systeemniveau wordt bereikt als MPLAB en de Proteus VSM plug-in samenwerken. Deze combinatie maakt VSM tot een ontwikkeltool binnen MPLAB en werkt op dezelfde wijze als met MPLAB-SIM of MPLAB ICD2. Het grote verschil is echter *dat er geen hardware nodig is* en de mogelijkheden van VSM laten een veel interactievere codesimulatie toe. Daarmee kunnen met het grootste gemak seriële poorten, A/D-converters en andere asynchrone operaties worden gedraaid in een code-simulator. De voordelen van mixed-mode-simulatie worden heel duidelijk als er een debug-operatie wordt uitgevoerd. Houd er echter wel rekening mee dat Proteus een venster is binnen MPLAB – zie **figuur 10**. Alhoewel de functionaliteit hetzelfde is als in de schema-omgeving, kunnen sommige functies zoals het plaatsen van onderdelen niet werken; hiervoor is het schematekenprogramma nodig. Het is echter nog steeds mogelijk om eigenschappen van onder-

## 3. Audio PICTail Plus daughter-board

Dit plug-in board voor de PICTail-bus op het Explorer-16 demo-board zet digitale audio om in een hoorbaar signaal dat via de mini-luidspreker op de print of via een externe versterker met luidsprekers beluisterd kan worden.

## 4. MPLAB C30 kortingsbon

Door de bon in te vullen en op te sturen naar Microchip kunt u de studentenversie van C30 opwaarderen tot een volledige versie voor £xx.xx minder dan de catalogusprijs van het volledige pakket.



# Pakketkorting

Dankzij een exclusieve overeenkomst met Microchip is het Explorer-16 pakket niet alleen uniek van samenstelling (het is nergens anders te koop in deze configuratie), maar het is ook nog eens een stuk goedkoper dan de afzonderlijke onderdelen.

### Onderdeel

Explorer-16 demo-board (DM240001)

PICkit 2 Starter Kit (DV164120)

Audio PICTail Plus (AC164125)

Subtotaal

BTW

**Totaal**

### Microchip-Direct prijs (€)

101,57

39,06

circa 45,00

circa 185,00

circa 35,00

circa **220,00**

+ verzendkosten

### Onderdeel

Explorer-16 pakket, inclusief DM240001, DV164120, AC164125, C30 kortingsbon

### Elektuur-prijs

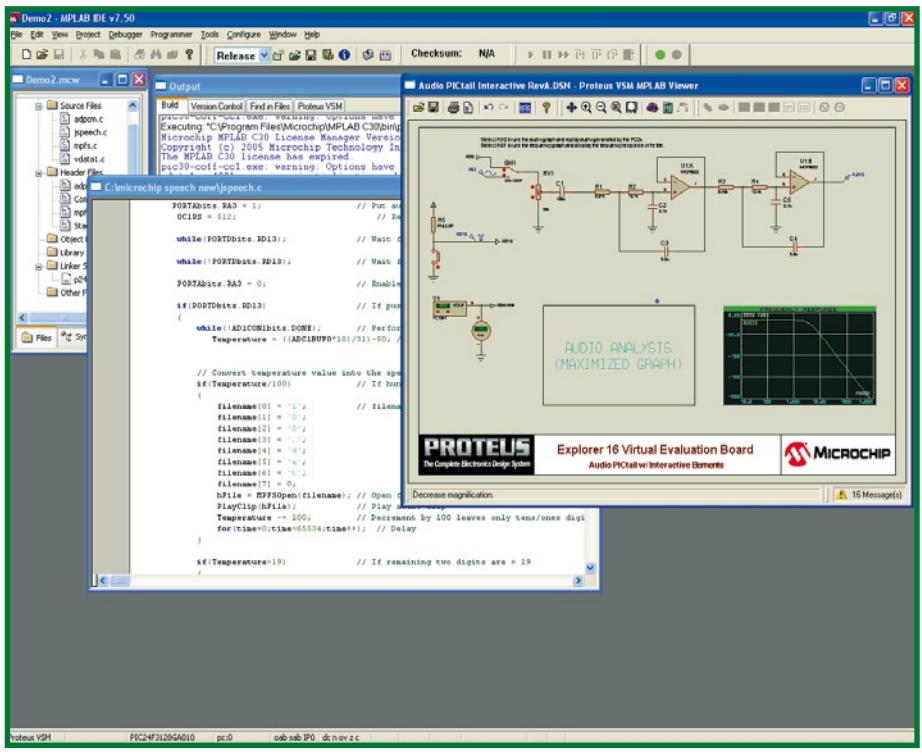
**€ 179,-** (incl. BTW)

+ verzendkosten

Als u gebruik maakt van de C30-kortingsbon (20% korting op de prijs van € 699,33) kan de totale korting oplopen tot € 190.

### Labcenter VSM plug-in modules

Er is ook nog een bijzondere aanbieding voor Elektuur-lezers op [www.labcenter.co.uk/products/elektoroffer.htm](http://www.labcenter.co.uk/products/elektoroffer.htm). Simulatie van microcontrollers in real-life schakelingen heeft de toekomst en Proteus VSM is marktleider op dit gebied.



**Figuur 10.** MPLAB en het Proteus VSM viewer venster.

delen te wijzigen en zaken zoals virtuele instrumenten toe te voegen en aan te sluiten vanuit het view-venster. Batch-simulaties kunnen ook worden uitgevoerd, dus het is gemakkelijk om de code aan te passen, de source-code tree te bouwen en dan naar de viewer gaan en een audio-analyse uit te voeren met dezelfde handelingen als in de schemateken-omgeving. De viewer kan in twee modes werken. Om een batch-operatie uit te voeren moet de viewer geopend worden. Doe dat als volgt: Debugger → Select Tools → Proteus VSM. Zoals in **figuur 11** is te zien, wordt dan het viewer-window geopend en is de status van de verbinding met de VSM simulatie-engine in de balk zichtbaar. In dit geval geeft de **groene knop** aan dat de verbinding nog gemaakt moet worden. In deze mode moeten de batch-simulaties voor Audio Analysis en Frequency Response gedaan worden. Als de groene knop wordt aangeklikt, wordt er een link met VSM gelegd waarmee de real-time simulatie van code en systeem gedaan kan worden. Daardoor worden de standaard simulatieknoppen in MPLAB actief, waardoor het proces van simu-

latie en debuggen naadloos verloopt met alle debug-gereedschappen, zowel hardware als software.

Nu is het mogelijk om:

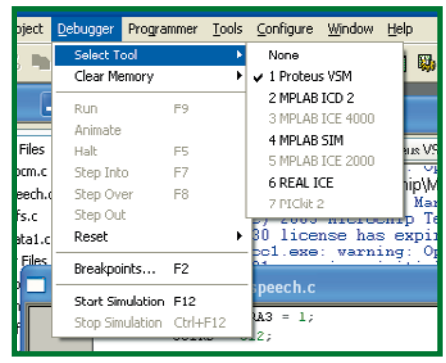
- een breakpoint op een ADC-event te zetten;
- een Watch-window toe te voegen om de waarde in het ADC-result-register te kunnen zien;
- de ingestelde temperatuur op de

## De video presentatie van Don Schneider is echt de moeite waard

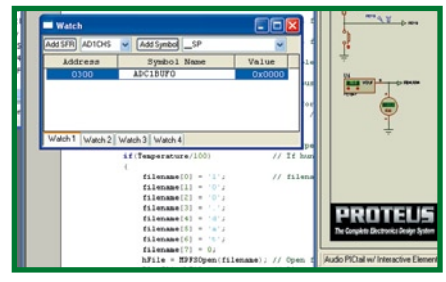
temp sensor te zien;

- de uitgangsspanning van de temp sensor te bekijken.

Met andere woorden, bekijk al de elementen en functies in hun verband, zoals in **figuur 12** is weergegeven. Hoe maakt dit sneller werken mogelijk? Welnu, zoals we hebben gezien kunnen we nu heel snel bepalen dat 20 graden Celsius een uitgangsspanning geeft van 0,7 V, wat weer resulteert in een ADC-waarde van 0x00D9. We kunnen ook snel bepalen of de waarden voor de sensor en de ADC in orde zijn



**Figuur 11.** Hier wordt Proteus VSM geselecteerd als debugging-tool.



**Figuur 12.** Het verband tussen een Read-ADC-breakpoint, Set Temperature, Sensor Output Voltage en de resulterende ADC-uitlezing.

en noodzakelijke stappen ondernemen. Dat is heel wat gemakkelijker dan te proberen heel precies externe apparatuur te timen met debug-gereedschap om hetzelfde resultaat te verkrijgen.

### Conclusies en vooruitblik

De beschrijving hierboven heeft als doel inzicht te geven in de Audio PICtail en de MPLAB en VSM Viewer programma's. Alhoewel misschien een beetje kort en heel basaal was het de bedoeling om zo een paar basisconcepten en -handelingen te introduceren in plaats van gewoonweg uitproberen.

In deel 3 van de serie gaan we een CompactFlash-kaart (CF) aansluiten en werken we nogmaals met onze sprekende thermometer, deze keer in hardware.

Doe mee in ons online-forum over de Explorer-16 serie en laat ons weten hoe het allemaal gaat.

(060280-2)

**Updates, uitbreidingen en downloads voor deze serie artikelen zijn te vinden op [www.Elektuur.nl/explorer-16](http://www.Elektuur.nl/explorer-16).**