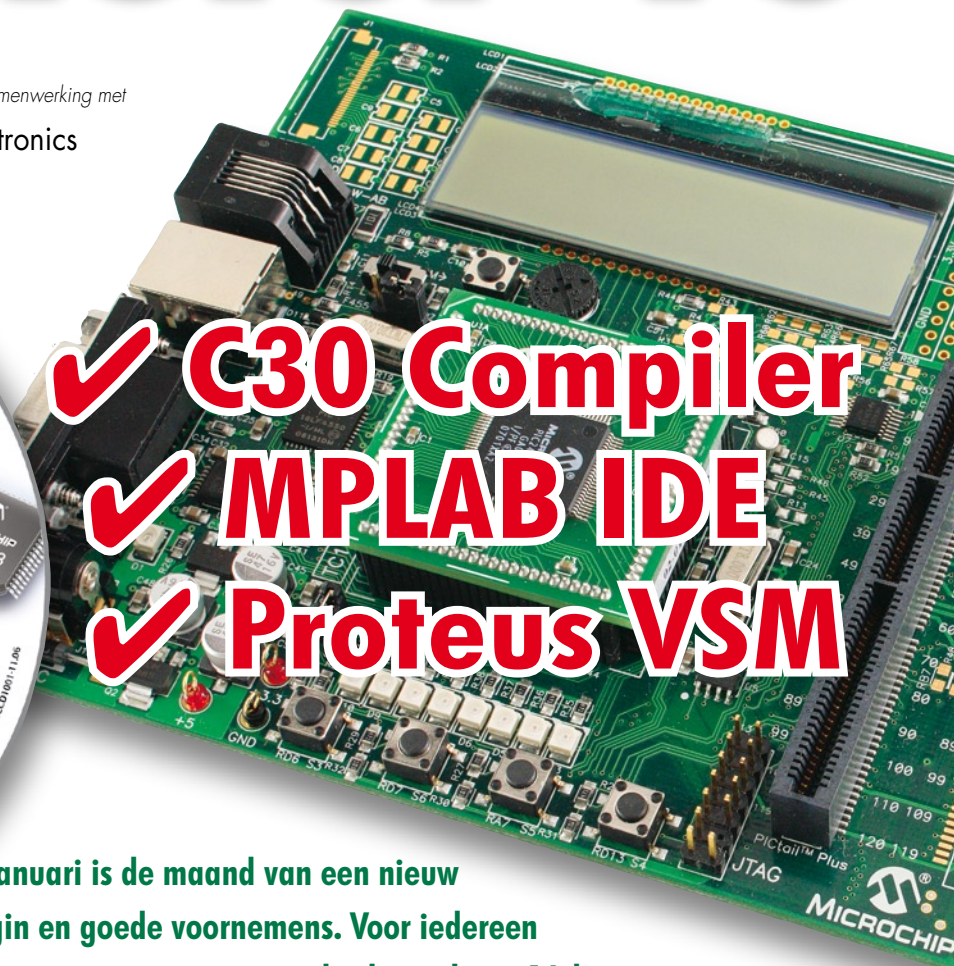
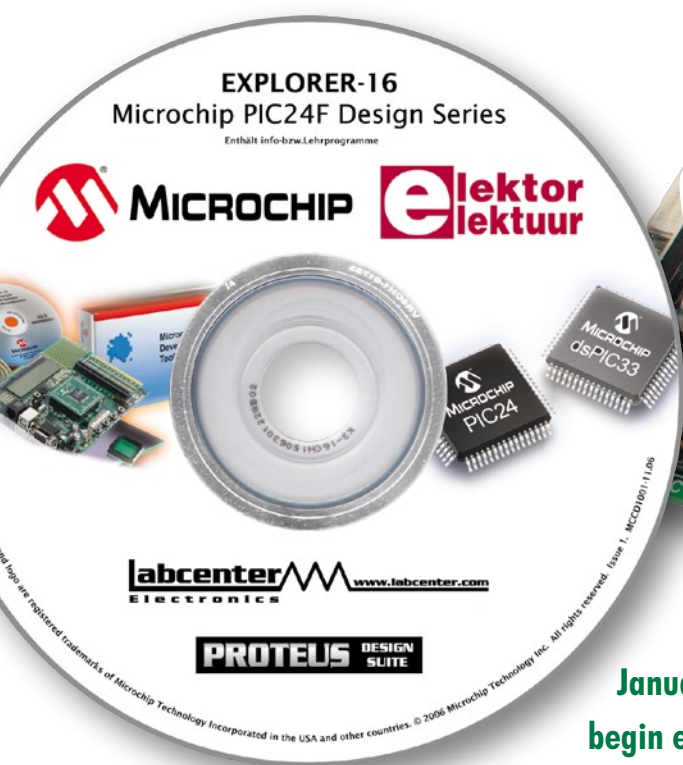


# Explorer-16

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



✓ **C30 Compiler**  
 ✓ **MPLAB IDE**  
 ✓ **Proteus VSM**

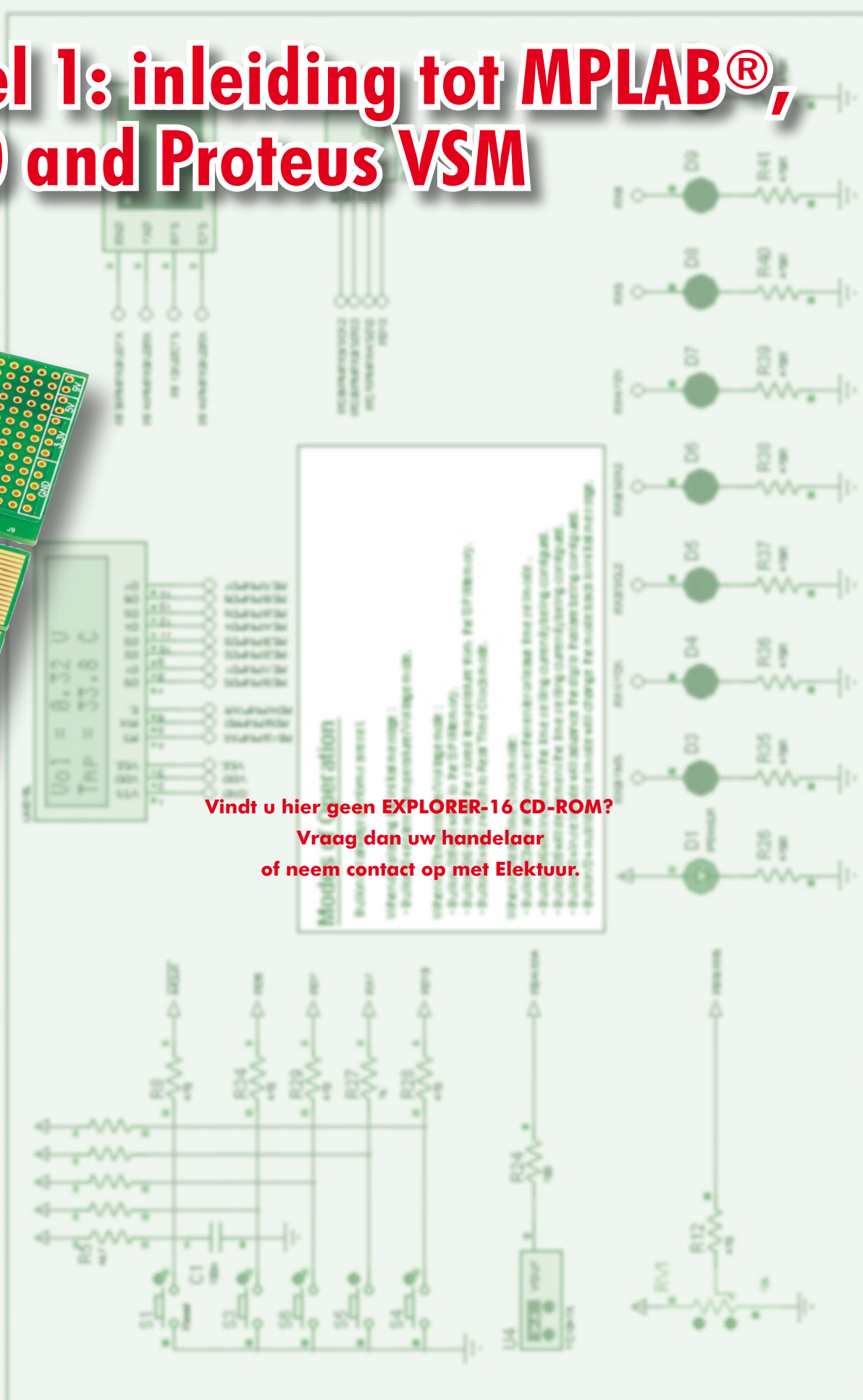
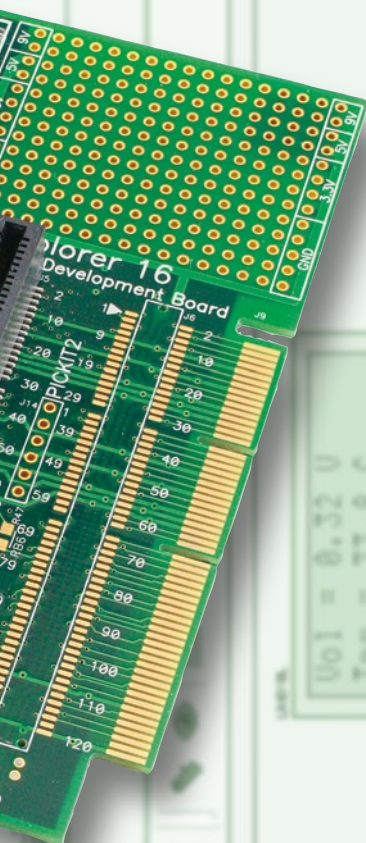
**Januari is de maand van een nieuw begin en goede voornemens. Voor iedereen die op een serieuze manier aan de slag wil met 16-bits**

**microcontrollers ligt hier een gouden kans. Dus doe mee met Microchip, Labcenter en Elektuur met hun innovatieve Explorer-16 project. Volgende maand komen we met een fantastisch hardware-aanbod. En er komt nog meer aan, als u het leuk vindt om op de pc te simuleren. Maar in eerste instantie is er helemaal geen hardware nodig. Met de gratis CD-ROM bij deze uitgave kunt u meteen aan de slag met het installeren van MPLAB en C30 van Microchip en vervolgens Proteus VSM.**

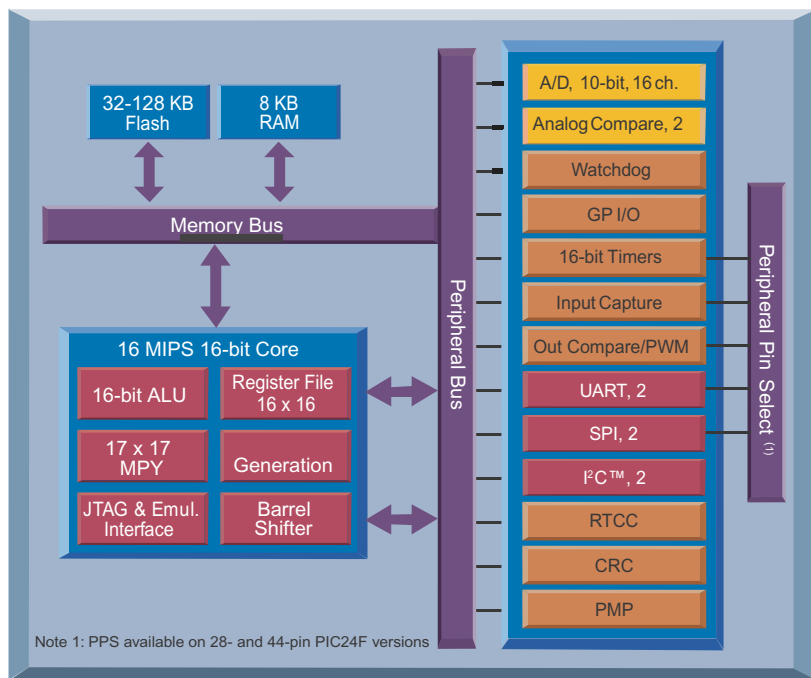
Als we stellen dat 'Explorer-16' de volgende logische stap is na 8-bit micro's, dan moeten we daar meteen bij aantekenen dat dit project ook prima geschikt is voor relatieve nieuwkomers. Er is niets op tegen om meteen met 16-bits microcontrollers te beginnen omdat de hulpmiddelen daarvoor, om het voorzichtig uit te drukken, heel krachtig en toch overzichtelijk zijn. Maar we moeten wel opmerken dat 'Explorer-16' op een behoorlijk hoog niveau begint. Alle informatie om te leren programmeren met een 16-bits microcontroller is als onderdeel van het project beschikbaar.

Wat betreft de keuze voor een 16-bits PIC: We hebben ons als onafhankelijk tijdschrift nooit beperkt tot slechts een enkele processorfamilie tot in lengte van dagen. We willen onze lezers laten kennismaken met de grote diversiteit van microcontrollers die er tegenwoordig op de markt zijn en elke gebruiker in zijn waarde laten voor zijn of haar keuze voor een PIC, AVR, ARM, 8051 of MC9. In het geval van Explorer-16 bood de weg van de PIC goede opties en hulpmiddelen voor een serie instructieve en tot interactie uitnodigende artikelen in combinatie met betaalbare

# Deel 1: inleiding tot MPLAB<sup>®</sup>, C30 and Proteus VSM



Vindt u hier geen EXPLORER-16 CD-ROM?  
Vraag dan uw handelaar  
of neem contact op met Elektuur.



Figuur 1. Blokschema van de PIC24F, een krachtige 16-bits microcontroller.

hardware van een hoge kwaliteit samen met (voor het grootste deel) gratis software.

**Vooruitblik op de volgende delen**

Deze serie artikelen bestaat uit drie belangrijke ingrediënten die we meteen bij het begin willen vermelden.

**1. Software**

De gratis CD-ROM die bij deze januari-uitgave zit, bevat drie belangrijke stukken software die bij elkaar horen. Ze werken samen in een platform dat ontworpen is om u te helpen vertrouwd te raken met niet alleen de 16-bits PIC24F van Microchip, maar ook met het algemene concept van de simulatie van microcontrollers. Alle drie de onderdelen zijn buitengewoon gebruiksvriendelijke programma's die geschikt zijn voor een redelijk snelle PC onder Windows:

- MPLAB IDE, versie 7.50 van dit wereldberoemde platform voor PIC software-ontwikkeling.
- MPLAB C30, versie 2.05 (studentenversie) van de C-compiler voor PIC's, compleet met een heleboel hulpprogramma's.
- Proteus VSM v. 7.00, een speciale uitgave van de simulatiesoftware van Labcenter die zo snel is dat een complete microcontrollerprint op de PC gesimuleerd kan worden. Ja, ook een Explorer-16 board, en er is ook (voor de eerste maal) een gratis PIC24F simulatie-plugin bij voor het Explorer-16 board!

De software alleen al is de moeite waard, omdat die volledig gebruikt kan worden zonder enige andere hardware dan natuurlijk uw PC!

**2. Hardware**

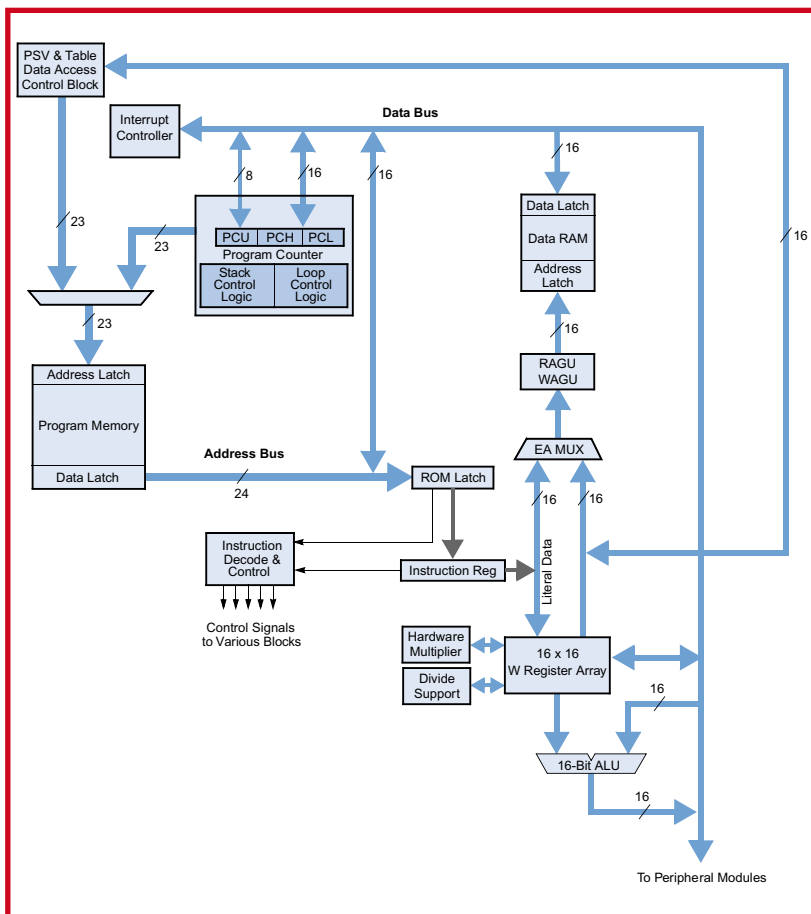
Samen met het verschijnen van het februari-nummer 2007 biedt Elektuur het **Explorer-16 Development Board** aan met een speciale uitgebreide configuratie tegen een niet te evenaren prijs. Een eerste foto van het board is bij de kop van het artikel te zien. Dit ontwikkelboard is in de configuratie zoals in deel 2 beschreven nergens anders verkrijgbaar.

**3. Website-support**

Ondersteuning met bestanden voor het project doen wij op een aparte 'Explorer-16' pagina op onze website [www.Elektuur.nl](http://www.Elektuur.nl). Experts van Labcenter, Microchip en Elektuur dragen hun steentje bij en zullen helpen waar dat nodig is. Vanaf deel 1 van de serie zal er een Explorer-16 forumgroep beschikbaar zijn voor iedereen. Maar alleen geregistreerde gebruikers kunnen nieuwe onderwerpen starten en antwoord geven op bestaande onderwerpen; registratie is gratis. Er zijn drie (mogelijkerwijs vier) opeenvolgende afleveringen gepland. Daarin zullen we demonstraties beschrijven en behoorlijk geavanceerde oefeningen doen om de werking van de Proteus VSM software te verkennen.

**PIC24F-architectuur**

U had het natuurlijk al verwacht, we beginnen met een blokschema van de PIC24F (figuur 1) en het blokschema van de CPU-kern (figuur 2). Deze artikelreeks (en het Explorer-16 board) zijn gebaseerd op het topmodel van de processorfamilie, de **PIC24FJ128GA010** met 128 KB flash in een behuizing met 100 pinnen. Een samenvatting is te zien in het kader **PIC24F128 specificaties**. Dit monster is voorzien van A/D, UART, SPI, I2C, RTCC,



Figuur 2. Blokschema van de PIC24F CPU-kern.

WDT ICE, ISP en POR, en niet te vergeten geavanceerde technologie om zuinig met energie om te gaan en een parallelle-poort master- en slave-functionaliteit. Er zijn twee pdf-bestanden, [1] en [2], die u meteen maar moet downloaden en in een folder met de naam 'Explorer-16' plaatsen: de datasheet van de PIC24F bestaat uit het onwaarschijnlijke aantal van 230 pagina's, maar gelukkig zijn er tabs om gemakkelijk de verschillende hoofdstukken terug te vinden. Voor degenen die migreren van de populaire PIC18F naar de 24F is het document in [3] van belang.

## Software-installatie

De CD-ROM van de Explorer-16 die u bij deze uitgave aantreft, heeft een welkomstschermb (figuur 3) dat met-

een verschijnt zodra de CD-ROM wordt gestart. Als dat niet vanzelf gaat, kunt u door te klikken op *Start* → *Run...* en dan *Browse* het bestand *index.htm* op de CD-ROM openen.

Het software-installatieschermb dat na het welkomstschermb verschijnt, is in **figuur 4** te zien. Er worden eenvoudige installatieprogramma's gebruikt voor de onderdelen van

**EXPLORER-16 is een gezamenlijk en exclusief project van Microchip Technology, Labcenter Electronics en Elektuur. Als onderdeel van het project wordt er gratis een CD-ROM geleverd bij Elektuur januari 2007. Het Explorer-16 ontwikkel-board en een plug-in accessoire-board zullen bij het verschijnen van het februari-nummer voor een speciale prijs door Elektuur worden aangeboden.**

## PIC24FJ128 specificaties

### CPU

- Gemodificeerde Harvard architectuur
- Kan tot 16 MIPS aan bij 32 MHz
- 8 MHz interne oscillator:
  - 4x PLL-optie
  - verschillende deeltal-opties
- 17-bit x 17-bit single-cycle hardware
- Fractional/integer vermenigvuldiger
- 32-bit bij 16-bit hardware-deler
- 16 x 16 bit werkregister-array
- C-compiler geoptimaliseerde instructieset-architectuur:
  - 76 basisinstructies
  - Flexibele adresseermodes
- Lineaire adressering van het programmeergeuegen tot 12 Mbyte
- Lineaire adressering van het data geheugen tot 64 Kbyte
- Twee adresgenerators voor aparte lees- en schrijfadressering van het datageuegen

### Speciale microcontroller-eigenschappen

- Voedingsspanning van 2,0 V tot 3,6 V
- Flash-programmeergeuegen:
  - 1000 wis/schrijfcycli
  - Flash-bewaartijd van 20 jaar
- zelf-herprogrammeerbaar onder besturing van software
- Selecteerbare power-management-modes:
  - Sleep, idle en alternate clock-modes
- Fail-safe clock-monitor-operatie:
  - Detecteert klokfouten en schakelt over naar de on-chip, low-power RC-oscillator
- On-chip LDO-regelaar
- ondersteuning voor JTAG boundary scan en programmeren
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT) en Oscillator Start-up Timer (OST)
- Flexibele Watchdog Timer (WDT) met on-chip low-power RC-oscillator voor betrouwbare werking
- In-Circuit Serial Programming (ICSP) en In-Circuit Emulation (ICE) via 2 pennen

### Analoge eigenschappen

- 10-bits analoog/-digitaal converter (A/D), max. 16 kanalen
  - 500 ksamples/s conversiesnelheid
  - Conversie beschikbaar tijdens sleep en idle
- Dubbele analoge comparators met programmeerbare input/output-configuratie

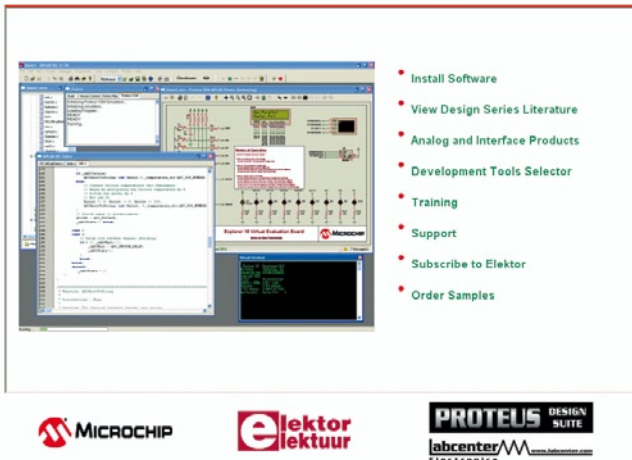


### Eigenschappen van de periferie

- Twee 3-draads/4-draads SPI-modules ondersteunen 4 frame-modes met 4-level FIFO-buffer
- Twee I<sup>2</sup>C-modules ondersteunen multi-master/slave-mode en 7-bits/10-bits adressering
- Twee UART-modules:
  - Ondersteuning van RS-232, RS-485 en LIN 1.2
  - Ondersteuning van IrDA met on-chip hardware-encoder/decoder
  - Auto-wake-up op het startbit
  - Auto-baud-detectie
  - 4-level FIFO-buffer
- Parallel Master Slave Port (PMP/PSP):
  - Ondersteuning van 8-bits of 16-bit data
  - Ondersteuning van 16 adreslijnen
- Hardware real-time clock/calendar (RTCC):
  - klok-, kalender- en alarmfuncties
- Vijf 16-bits timers/counters met programmeerbare voordeler
- Vijf 16-bits capture-ingangen
- Vijf 16-bits compare/PWM-uitgangen
- High-current sink/source op geselecteerde I/O-pennen: 18 mA/18 mA
- Configureerbare open-drain output op digitale I/O-pennen
- Maximaal 5 externe interrupt-bronnen

## Explorer-16

Microchip PIC24F Design Series



**Figuur 3.** Behalve dat u rechtstreeks kunt doorklikken naar de drie hoofdonderwerpen van dit project bevat het welkomsscherm ook verwijzingen naar know-how en documentatie die speciaal voor het Explorer-16 project zijn verzameld.

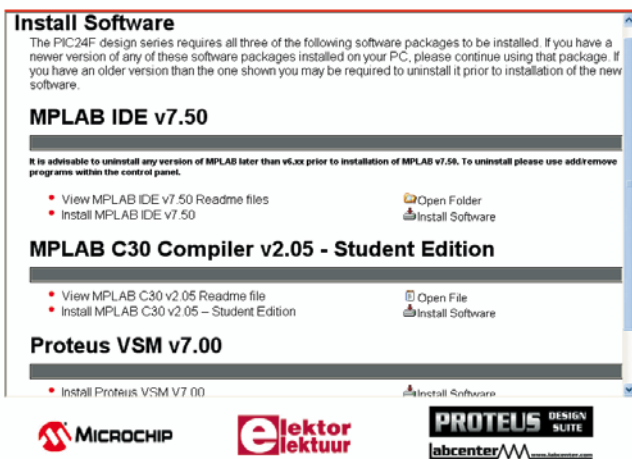
dit project. Het is aanbevolen alle drie de onderdelen te installeren. We merken nog op dat het installatieprogramma de *standaard webbrowser* van uw PC benut. Met Internet Explorer build 6.0.2900 ging dat bij ons goed.

**MPLAB IDE V7.50** installeert helemaal volgens het vertrouwde Windows-boekje. Op een zeker ogenblik komt de boodschap: *The publisher could not be verified. Are you sure you want to run this software?* Klik op **R**un om door te gaan.

**MPLAB C30 Compiler V2.05 Student Edition** gaat op dezelfde wijze. De *Release Notes* die aan het einde van de installatie beschikbaar is, is zeker de moeite van het lezen (en printen) waard.

## Explorer-16

Microchip PIC24F Design Series



**Figuur 4.** Het installatiescherm van de gratis CD-ROM die bij deze Elektuur is gevoegd.

**Proteus VSM 7.00 Demo** is ook gemakkelijk te installeren door simpelweg alle defaults te accepteren. De Guided Tour van de MPLAB-viewer tegen het eind van de installatie is heel interessant en laat goed zien hoeveel werk Labcenter en Microchip gestoken hebben in hun samenwerking voor het Explorer-16 project.

## MPLAB IDE

Paradoxaal genoeg – de grootte en de mogelijkheden in aanmerking genomen – hoeft er niet veel verteld te worden over dit vermaarde PIC-ontwikkelpatform van Microchip. De reden is eenvoudig: MPLAB bestaat inmiddels al vele jaren en is uitgegroeid tot het *de facto* ontwikkelplatform voor PIC's. Het programma (of beter gezegd de verzameling utilities) is veelomvattend, gebruiksvriendelijk en er is veel ondersteuning, niet alleen via de help-bestanden maar ook middels Microchip's online-forum en support. De MPLAB Integrated Development Environment (IDE) is een ontwikkelplatform voor de PIC- en dsPIC-microcontrollerfamilies.

De MPLAB IDE bestaat uit de volgende onderdelen: MPASM assembler; MPSIM software-simulator; MPLINK linker; Source Level Debugger; On-line Help; Project en set-up wizards; Project Manager; Visual Device Initializer; Programmer's Editor; drivers voor verschillende hardware-gereedschappen. Speciale versies van een aantal utilities, zoals de assembler en linker, worden voor de dsPIC30-componenten meegeleverd.

Met MPLAB IDE kunt u:

- source-code schrijven, samenstellen en debuggen;
- automatisch fouten vinden in source-bestanden voor het editen;
- debuggen met breakpoints;
- het program stapsgewijs doorlopen (single-stepping) met de software-simulator, in-circuit debugger of in-circuit emulator;
- variabelen controleren in watch-windows;
- code branden met bepaalde programmers;
- snel antwoorden vinden op vragen met behulp van de MPLAB IDE on-line helpfunctie.

Er is niet veel te zien na het starten van MPLAB. Klik om wat actie op het scherm te krijgen **File** → **Open Workspace** en ga dan naar de directory 'examples'. Hier kunnen verscheidene projecten geopend worden. Ook al zegt dat allemaal op dit moment nog niet veel, toch kunnen nieuwkomers een groot aantal functies onderzoeken zonder verdragende gevolgen.

Belangrijk is dat release-notes voor alle utilities in MPLAB gevonden kunnen worden via **Start** → **All Programs** → **Microchip** → **MPLAB IDE v. 7.50** → **Documentation**. In dat menu zijn ook de 'install and repair' utilities te vinden. Zelfs een heel globale bespreking van de mogelijkheden die in MPLAB zitten gepropt zou gemakkelijk een hele Elektuur beslaan en dat doen we hier dus niet. Maar geen nood, de hele *MPLAB Users Guide* en verschillende andere pdf-bestanden zijn via het installatiemenu op de CD-ROM te vinden onder 'View Design Series Literature'. Daarnaast is er ook nog 'MPLAB Getting Started'.

## MPLAB C30

De gratis Explorer-16 CD-ROM bevat de studentenversie van de Microchip C30-compiler, versie 2.05. Dit is een volledige werkende C-compiler voor de eerste 60 dagen. Daarna werken een aantal van de slimste optimalisaties niet meer. Als u nu aan de slag gaat met de C30-compi-

ler, dan heeft u tot aan de derde aflevering de beschikking over de volledige versie.

De functies die het na 60 dagen niet meer doen, worden door Microchip omschreven als: 'procedural abstraction' en 'optimisation options -02, -03 and -0s'. Dat is niet zo dramatisch. Al het andere werkt op dezelfde wijze als de volledige versie en met de enorme geheugencapaciteit van de PIC24F128 zal het niet optimaliseren van het geheugengebruik niet snel problemen geven. Natuurlijk kunt u C30 ook gebruiken voor iedere andere kleinere 16-bits PIC of dsPIC, probeer het gewoon.

De studenterversie van C30 kan omgezet worden naar de volledige versie door bij Microchip een licence-key te kopen. Kopers van het Explorer-16 ontwikkelsysteem kunnen bovendien de volledige versie van C30 tegen een lagere prijs aanschaffen door een bon op te sturen die wordt bijgesloten. MPLAB C30 is een volledige ANSI-compiler met standaard bibliotheken voor alle populaire PIC's inclusief de nieuwste dsPIC-componenten. Hij is volledig geïntegreerd in de MPLAB IDE voor debugging op source-niveau. Bij deze compiler hoort zijn eigen assembler, linker en librarian om mixed-mode C en assembly-programma's te schrijven en het resulterende object-bestand te linken tot een executable.

De MPLAB C30 bibliotheek heeft functies voor stringmanipulatie, dynamische geheugentoe wijzing, dataconversie, timekeeping en mathematische functies (trigonometrisch, exponentieel en hyperbolisch).

Het 'small code model' van C30 maakt gebruik van een efficiëntere wijze van call-instructies, terwijl het 'small data model' het gebruik van compacte instructies voor het benaderen van data in SFR ondersteunt.

C30 is in de MPLAB-omgeving ingebed, maar het is wel via een command-line te bedienen. Ga via het menu-item 'Open Workspace' in MPLAB naar MPLAB C30 → Examples → MPLAB Link30. Het voorbeeld 'Locate\_access\_EEPROM' is in **figuur 5** te zien met de viewers voor Program Memory en File Registers geopend.

De hele C30 Users Guide is via het menu op de CD-ROM beschikbaar, zoals bij MPLAB al besproken is. Dat is ook mogelijk via de map 'Documentation' op de CD-ROM.

## Proteus VSM

De simulatie-omgeving voor schakelingen van het Explorer-16 project wordt verzorgd door Labcenter Electronics. VSM (virtual systems modelling) maakt deel uit van de Proteus Design Suite die ook nog bevat:

- ISIS schematekenen;
- ProSPICE mixed-mode simulatie;
- ARES printontwerpen.

Speciaal voor het Explorer-16 project levert Labcenter gratis een aantal voorbeeldontwerpen voor de PIC10, PIC12, PIC14, PIC16, PIC18 en PIC24F. Bij deze ontwerpen kunt u elke (zelfgeschreven) code laten lopen, maar voor eigen projecten is het volledige Proteus VSM-pakket nodig. Voor Elektuur-lezers heeft Labcenter een speciale aanbieding gemaakt, die u kunt bekijken op [www.labcenter.co.uk/products/elektoroffer.htm](http://www.labcenter.co.uk/products/elektoroffer.htm).

Om een idee te krijgen van de mogelijkheden kunt u na het starten van ISIS eens klikken op Start → Labcenter → Proteus 7 Demonstration → ISIS 7 Demo. Daar zijn een aantal voorbeelden beschikbaar. Er zitten ook een paar mooie voorbeelden in de Tutorials-map.

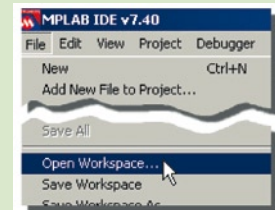
Net zoals C30 is VSM helemaal ingebouwd in MPLAB; het zit onder Debugger → Tool. Als u brandt van verlangen om het nu in actie te zien, volg dan de 8 stappen aftrap voor

## Van start met Proteus VSM

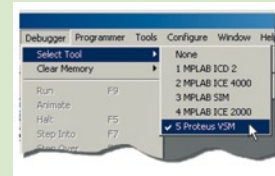
Deze korte demonstratie laat zien hoe u een Proteus VSM simulatie kunt draaien onder de MPLAB IDE.

1. Download het bestand Demo1.zip van de Explorer-16 pagina die via [www.Elektuur.nl](http://www.Elektuur.nl) te bereiken is. Sla de uitgepakte map Demo1 in de directory: c:\program files\microchip\mplab c30\examples op.

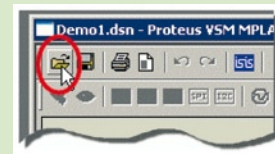
2. Start de MPLAB IDE-toepassing, ga naar het File-menu, selecteer Open Workspace, navigeer naar de map Demo1 en open de Demo1.mcw workspace.



3. Ga naar het Debugger-menu in de MPLAB IDE, selecteer de opdracht Select Tool en vervolgens Proteus VSM. Vanaf nu gaat MPLAB Proteus gebruiken voor het debuggen.

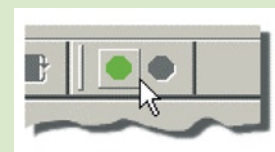


4. Binnen MPLAB moet nu de Proteus VSM Viewer geopend staan. Gebruik het Open-icoontje van de viewer en selecteer het Demo1-schema vanuit het bestandskeuze-menu dat nu zichtbaar is.

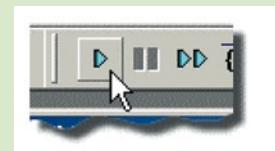


5. Kies nu 'Build All' in het Debugger-menu.

6. Nu we het schema en het project hebben geopend, kunnen we de simulatie starten. Gebruik de groene knop bovenaan de MPLAB IDE om de Proteus-simulatie aan MPLAB te koppelen.

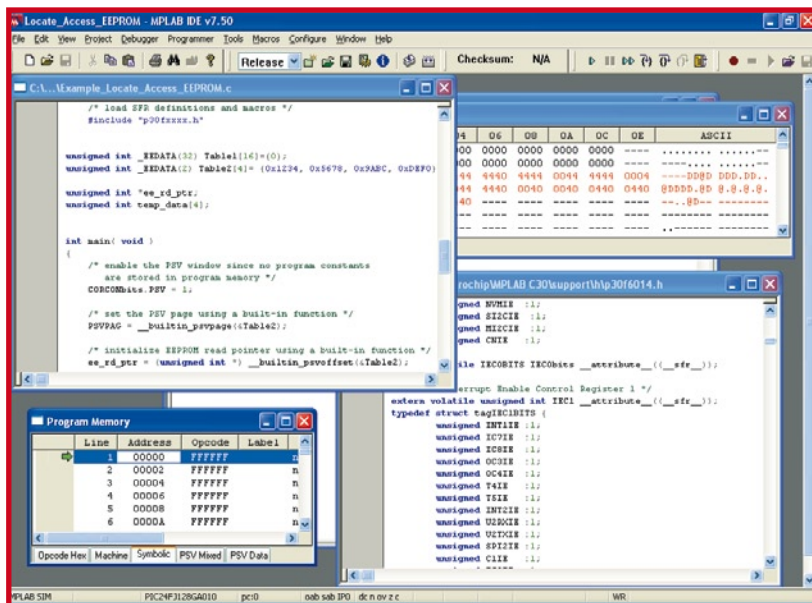


7. Op dit punt staat de simulatie in de pauzestand op het tijdstip nul. Start de simulatie door op de Play knop rechtsboven in de MPLAB IDE te klikken. Nu loopt de programmacode en de VSM-viewer laat zien wat het programma doet.



8. Gebruik de rode knop bovenaan de MPLAB IDE om de VSM-viewer weer los te koppelen van MPLAB en de simulatie te stoppen. Een uitgebreidere demo van een debugsessie volgt later in deze serie.





**Figuur 5.** De compiler-30 (C30) in actie. Er kunnen verschillende vensters geopend worden om in het geheugen en de registers te kijken wat het programma doet.

VSM/MPLAB zoals te zien in het kader **Van start met Proteus VSM**. Voor deze indrukwekkende demonstratie is een archiefbestand nodig met de naam **Demo1.zip**. Dit kan gedownload worden van de Explorer-16 pagina

van onze website. De beschreven procedure geldt overigens ook voor alle andere voorgeïnstalleerde Virtual Evaluation Boards. Meer over VSM vindt u bij [4].

## Volgende maand

We nemen aan dat de hoeveelheid software die in deze aflevering besproken is u ongeveer een maand van de straat zal houden. In de uitgave van februari 2007 zullen we de Explorer-16 hardware bespreken (die dan voor een speciale prijs zal worden aangeboden) en laten we een eerste toepassing zien die te maken heeft met geluidsreproductie. Daarmee laten we zien hoe je met C30 en MPLAB programma's kunt maken. We gaan ook dieper in op Proteus VSM om te laten zien dat simulatie tegenwoordig een vaste - zeer belangrijke - plaats heeft verworven bij het ontwerpen van prototypen van microcontroller-schakelingen.

(060280-1)

## Weblinks

- [1] Microchip PIC24FJ128GA Family Data Sheet: [ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39747C.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39747C.pdf)
- [2] Microchip High-Performance PIC24 Microcontroller Family overview: [ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39754b.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39754b.pdf)
- [3] PIC18F to PIC24F Migration, an Overview: [ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39764a.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39764a.pdf)
- [4] Proteus VSM: [www.labcenter.co.uk/products/vsm\\_overview.htm](http://www.labcenter.co.uk/products/vsm_overview.htm)