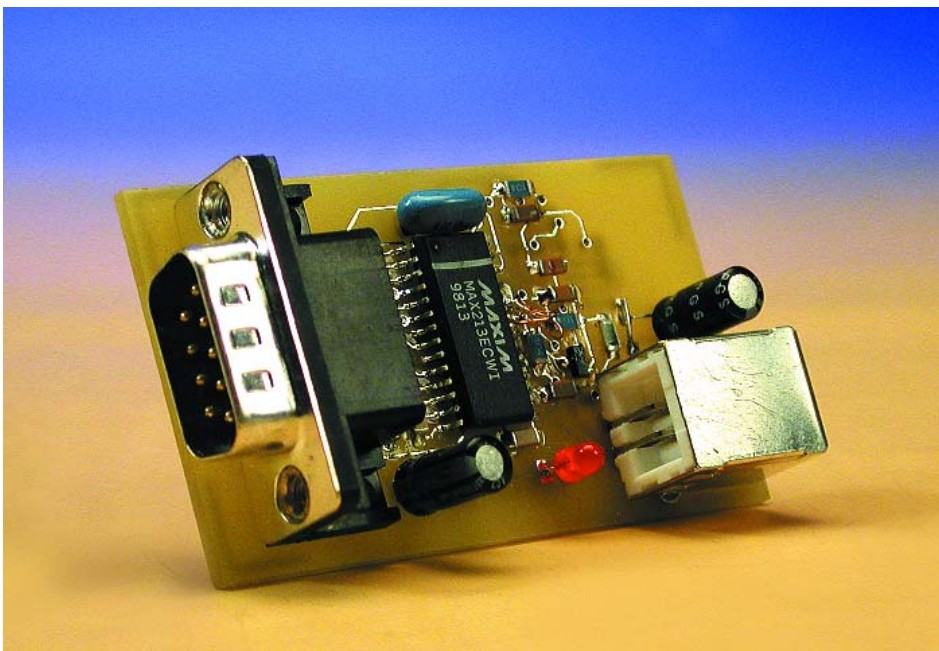


USB/RS232-interface

Compacte oplossing voor poortgebrek

Dankzij een speciaal IC van FTDI kunnen apparaten met een RS232-interface probleemloos op een USB-poort van de PC aangesloten worden. Heel gemakkelijk wanneer een apparaat geen USB-aansluiting heeft, of als op PC of notebook om wat voor reden dan ook geen seriële poort meer beschikbaar is.



Het heeft relatief lang geduurd, maar de laatste jaren is de USB-aansluiting toch echt doorgebroken. De opmars is zelfs zo sterk dat er tegenwoordig vaak nog maar één of soms zelfs geen enkele gewone seriële poort meer beschikbaar is. Met de hier beschreven compacte USB/RS232-omzetter kunnen RS232-apparaten ook op een USB-poort worden aangesloten. De bijbehorende (gratis) drivers voor Win98/ME/2000/XP, Linux en Macintosh zorgen voor een praktisch geheel transparante interface, zodat de combinatie USB-poort en omzetter zich in feite als een normale COM-poort gedraagt. De drivers en het

converter-IC zijn afkomstig van FTDI (Future Technology Devices International, <http://www.ftdichip.com/>) en maken een volledige seriële dataverbinding mogelijk, inclusief alle handshake-signalen van de 9-polige RS232-bus.

Werking en het inwendige

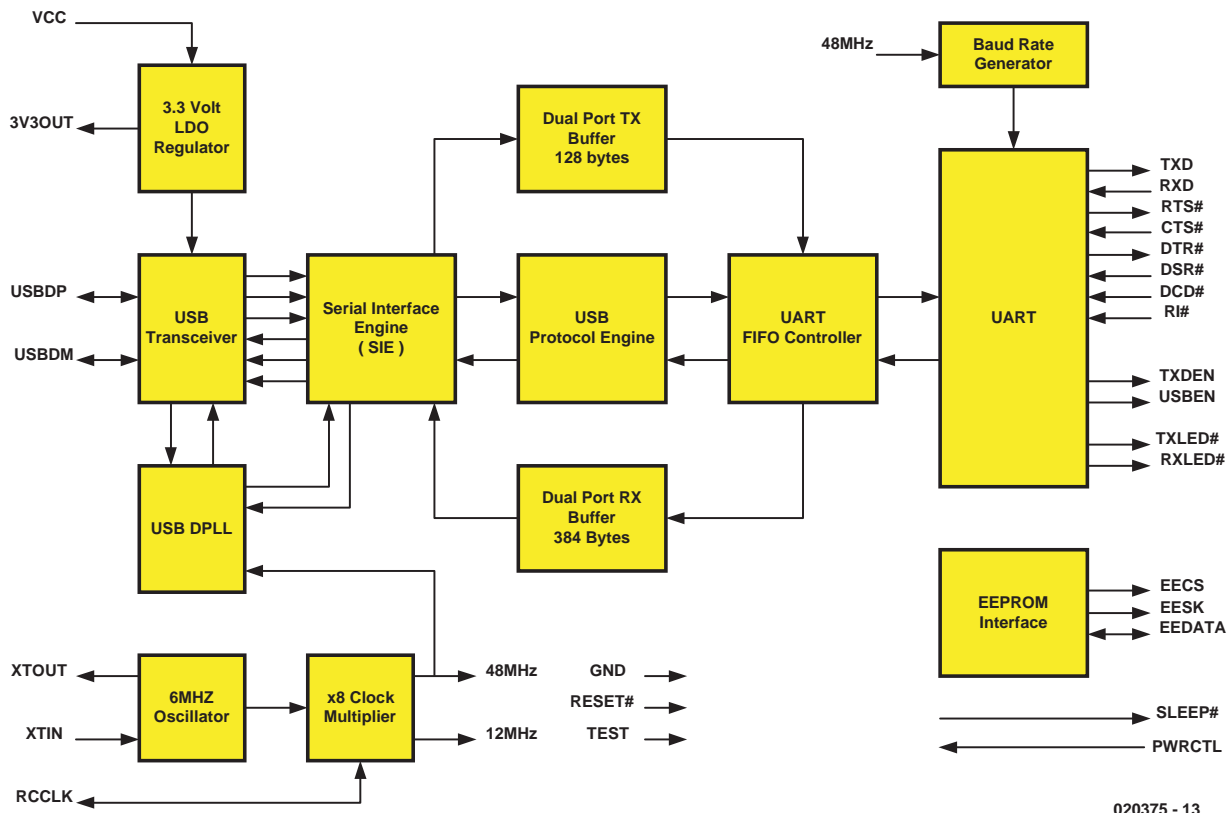
In principe is het bij deze toepassing niet direct noodzakelijk alles over het inwendige functioneren van de con-

verter te weten. Toch kan het geen kwaad om een idee te hebben hoe een en ander in het IC in zijn werk gaat en hoe het geheel uiteindelijk functioneert.

Het vereenvoudigde blokschema (figuur 1) geeft meer inzicht in de interne structuur van de hier toegepaste FT232AM. De kern van dit IC is, net als bij de FT245AM van FTDI, een seriële USB-FIFO die door een computer via een virtuele COM-poort aangestuurd wordt.

Het verschil tussen beide componenten is overigens dat de FT232AM in tegenstelling tot de FT245AM een interne UART heeft, waardoor een RS232-interface (TTL-niveau) beschikbaar is. De FT245AM heeft in plaats hiervan een 8-bits interface met handshake-lijnen, waardoor er direct met de FIFO gewerkt kan worden. Dit laatste IC is daarom interessant wanneer een microcontroller-systeem zonder seriële poort van een seriële interface moet worden voorzien. Hoe het IC dan aan het systeem gekoppeld wordt, moet dan wel zelf uitgezocht worden.

Aan de USB-kant zijn beide IC's hetzelfde en daarom zijn de drivers voor de twee versies identiek. Een *USB-Transceiver* aan de ingang zorgt voor de interface met een USB-kabel met de twee signaallijnen D+ en D- en wel in USB 1.1-full-

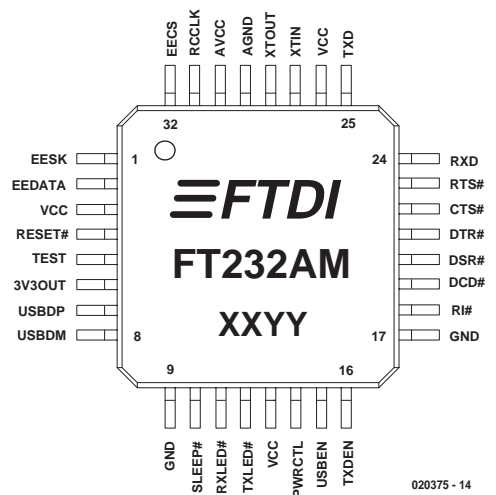


Figuur 1. Vereenvoudigd blokschema van de USB/RS232-converter FT232AM van FTDI.

speed-mode. Een low-drop spanningsregelaar zorgt voor de 3,3-V-referentiespanning die nodig is voor de USB-transceiver. Deze spanning wordt via pen 6 naar buiten gevoerd, omdat deze door een externe condensator ontkoppeld moet worden en bovendien nodig is voor het instellen van de full-speed-mode. In de schakeling (figuur 3) is te zien dat dit via weerstand R6 gebeurt. Hiermee wordt de lijn D+ namelijk op +3,3 V gezet. Een USB-host (USB-controller van de PC) zal hieraan herkennen dat deze interface als full-speed-device aangesproken kan worden. Bij een low-speed apparaat wordt de lijn D- via een weerstand op +3,3 V gezet.

De *Serial Interface Engine* zal de USB-data van de USB-transceiver overnemen en ze converteren van serieel naar parallel en omgekeerd. De *USB Control Engine* evalueert de USB-stuurinformatie en zorgt voor communicatie met de USB-host-controller volgens het low-level-USB-protocol. Ook worden hierdoor de commando's voor het instellen van de parameters van de UART geëvalueerd. Het doorgeven van gegevens tussen Serial Interface Engine en de registers van de UART gaat voor beide richtingen telkens via een zend- en ontvangbuffer (*dual port TX buffer*, 128 bytes en *dual port RX buffer*, 384 bytes). De *UART*

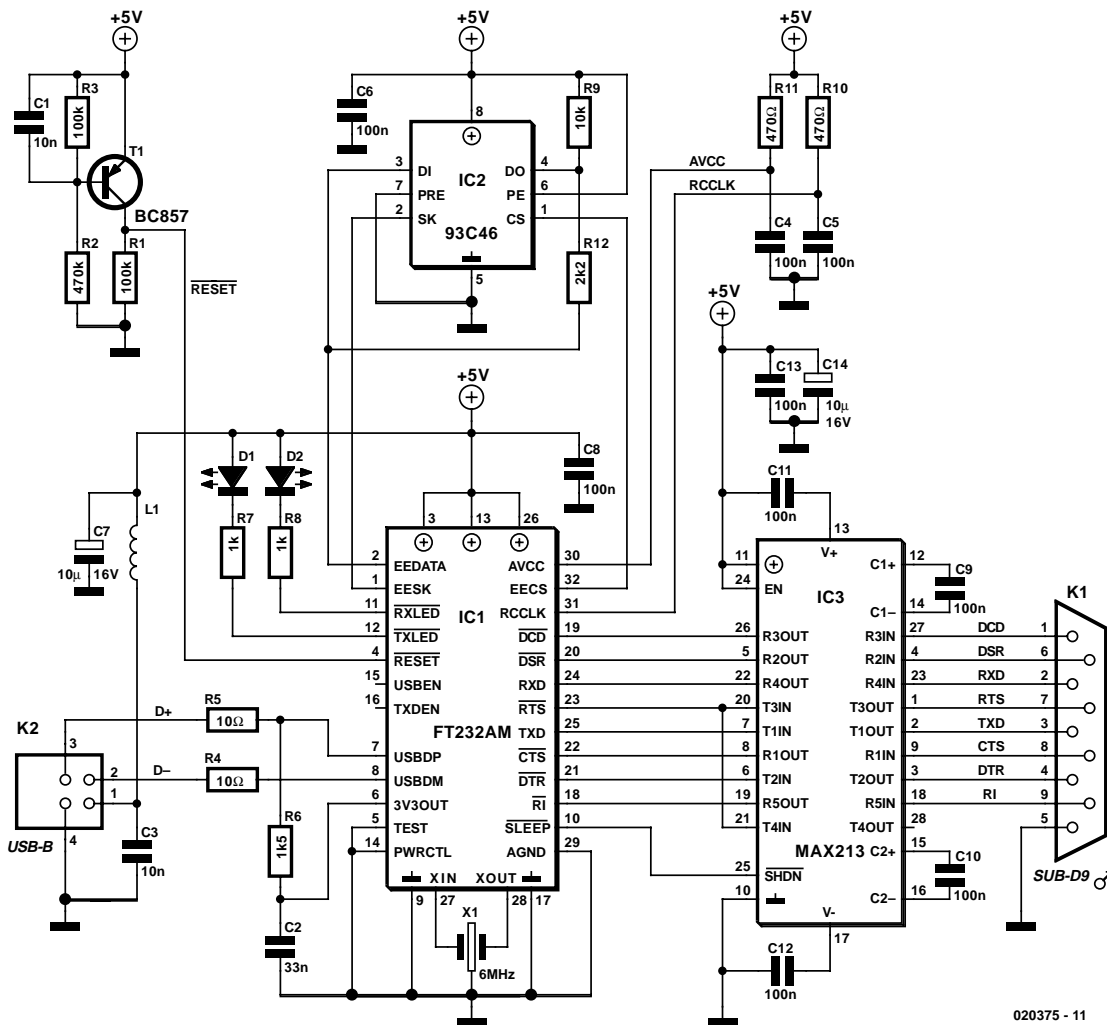
FIFO Controller zorgt voor de besturing van het verkeer tussen beide buffers en het zend- en ontvangregister van de UART. De *UART* zelf verschilt niet wezenlijk van soortgelijke types die in PC's worden gebruikt. De UART zorgt voor het gehele arsenaal van RS232-signalen en stelt bovendien nog RS422- en RS485-signalen ter beschik-



Figuur 2. Pen-layout van de FT232AM in QFP-behuizing (7 x 7 mm).

Literatuur:

- 'Schakelingen voor de buitenwereld' door Burkhard Kainka
- 'Aan de slag met USB' door Markus Müller en Christian Ehmer, Elektuur 10 en 11 2002
- 'Universele USB-I/O-module' door Burkhard Kainka, Elektuur 01 2002
- 'USB-Interface' door Burkhard Kainka, Elektuur 09 2000



020375 - 11

Figuur 3. Schema van de USB/RS232-interface.

king. De *Baud Rate Generator* zorgt er voor dat de baudrate tussen 300 Baud en 2 Mbaud ingesteld kan worden (tot 920 Kbaud bij RS232, 2 Mbaud bij RS422/485).

Verder mogen we niet vergeten te vermelden dat er een seriële *EEPROM Interface* beschikbaar is om een 93C46 op aan te sluiten. De FT232AM werkt weliswaar ook zonder dit niet-vluchtige geheugen, maar zo zal de interface zich telkens als standaard serieel apparaat aanmelden. Met het EEPROM is het mogelijk specifieke gegevens zoals fabrikant- en productidentificatie (VID en PID) of serienummers en dergelijke op te slaan en door te geven. Een EEPROM wordt eigenlijk zelfs onmisbaar als er meerdere USB/RS232-converters met een FTDI-chip op dezelfde PC aangesloten worden. De drivers kunnen namelijk alleen aparte virtuele COM-poorten installeren als de converters verschillende serienummers hebben. Zonder deze serienummers is er dus maar één virtuele COM-poort te installeren.

Schema en print

Het schema in **figuur 3** is behoorlijk overzichtelijk: power-up-reset T1 en RC-netwerkje links boven, direct hiernaast de EEPROM en in het onderste gedeelte, van links naar rechts: de USB-B-aansluiting, de FT232AM, een MAX213 en tenslotte de RS232-connector. De +5-V-voeding komt binnen via pen 1 van de USB-aansluiting (K2) en is afkomstig van de USB-poort van de PC. Deze spanning is tamelijk uitvoerig ontkoppeld, behalve C3 bij de USB-aansluiting is ook een kleine spoel (L1) met elco (C7) opgenomen. Ook de afzonderlijke IC's zijn nog eens apart ontkoppeld. Zoals eerder beschreven, trekt pulup-weerstand R6 de USB-lijn D+ naar +3,3 V, zodat de USB-host een 'full-speed'-apparaat zal signaleren.

Verder zorgt deze weerstand er voor dat gedetecteerd wordt dat er een nieuw apparaat op de PC wordt aangesloten. Omdat het oog ook wat wil, beschikt de FT232AM over twee LED-uitgangen waarmee het zenden (D1) en ontvangen (D2) van data zichtbaar kan worden gemaakt. Ofschoon de twee RC-netwerkjes R11/C4 en R10/C5 identiek zijn gedimensioneerd, hebben ze verschillende functionaliteit. R10/C5 op RCCLK is een vertragsnetwerk dat voor een betrouwbaar kloksignaal zorgt als het IC uit de sleepmode ontwaakt. De combinatie R11/C4 is bedoeld om de spanning op AVCC (analog-VCC) te ontkoppelen - dit is de voedingsspanning voor de interne 8-voudige klokvermenigvuldiger. De MAX213 heeft zoals gewoonlijk hier slechts de taak het 5-V-niveau

Onderdelenlijst

Alle weerstanden en condensatoren SMD-formaat 1206

Weerstanden:

R1,R3,R10 = 100 k
R2 = 470 k
R4,R5 = 10 Ω
R6 = 1 k5
R7,R8 = 1 k
R9 = 10 k
R11 = 470 Ω
R12 = 2 k2

Condensatoren:

C1,C3 = 10 n
C2 = 33 n
C4...C6,C8...C13 = 100 n
C7,C14 = 10 μ /16 V radiaal

Inducties:

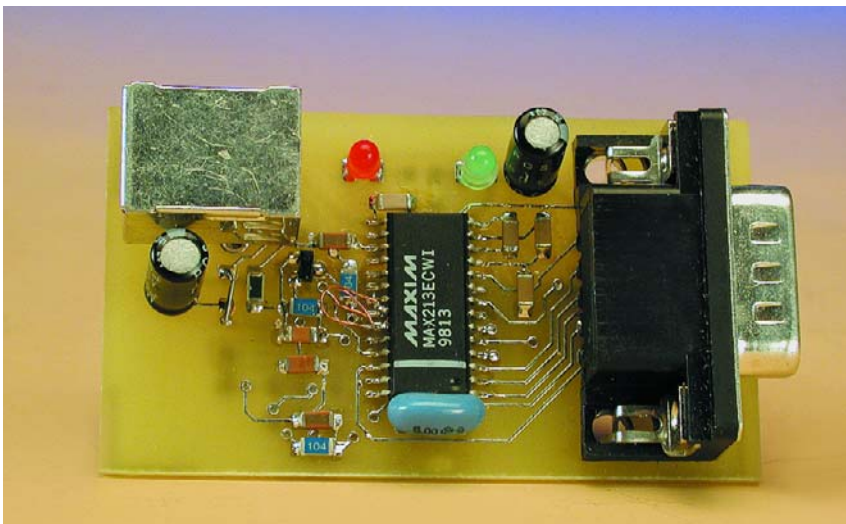
L1 = BLM31A601S Murata (bijv. Farnell 581-094)

Halfgeleiders:

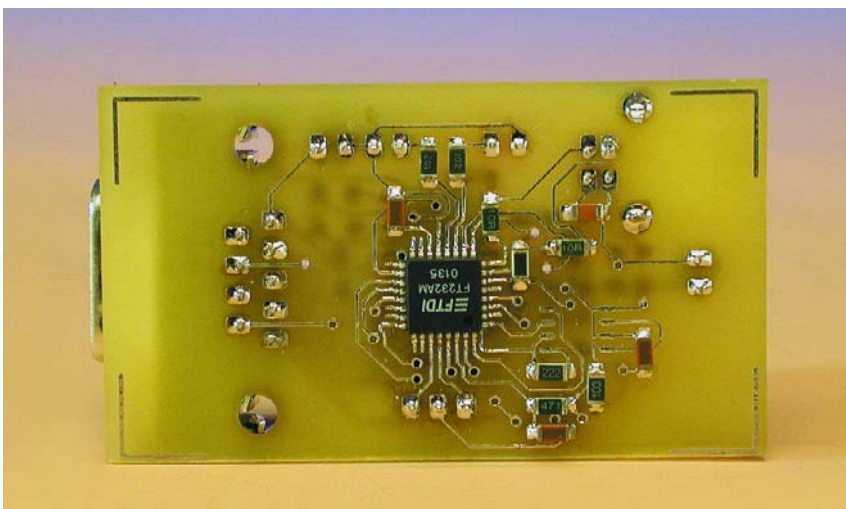
D1,D2 = LED 3 mm
T1 = BC857
IC1 = FT232AM (FTDI-bestelnummer FT8U232AM)
IC2 = 93C46 (optioneel)
IC3 = MAX213ECWI

Diversen:

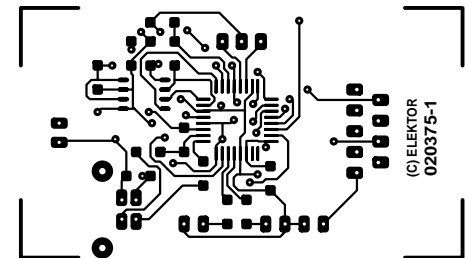
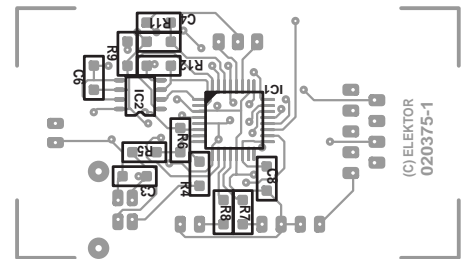
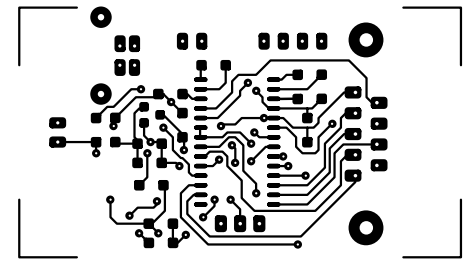
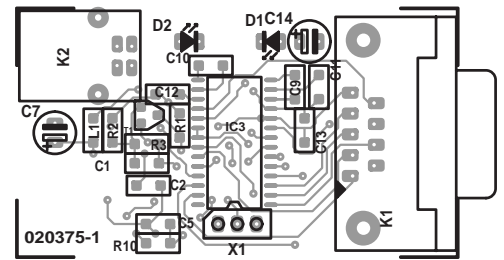
K1 = 9-polige haakse sub-D-connector, male, voor printmontage
K2 = USB-connector voor printmontage (type B)
X1 = keramische resonator 6 MHz
Print leverbaar via ThePCBShop (zie www.elektuur.nl)



Figuur 5. Bovenaanzicht van een opgebouwd prototype.



Figuur 6. En dit is het onderaanzicht.



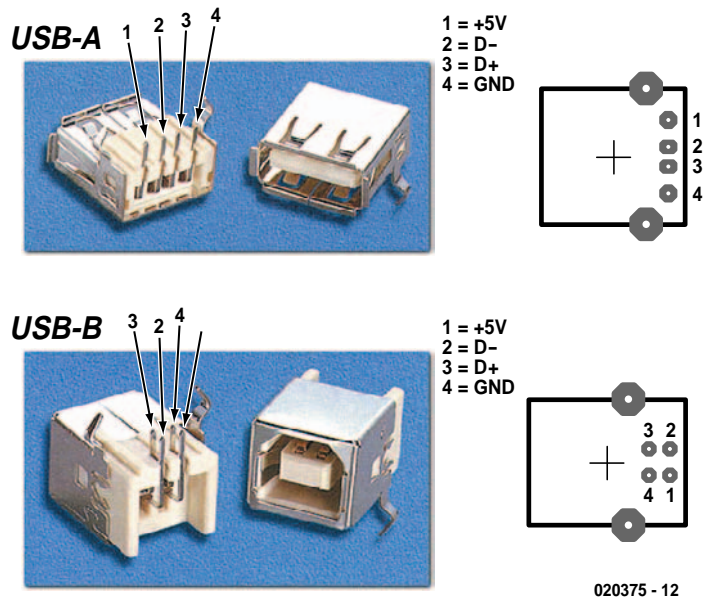
Figuur 4. Print-layout en componentenopstelling van de overwegend uit SMD's bestaande schakeling.

van de RS232-signalen afkomstig van de FT232AM door middel van ladingspompen met externe condensatoren naar het standaard RS232-niveau te converteren. Normaal gesproken is dat ± 12 V, maar in de praktijk wordt dat met dit IC ongeveer ± 8 V (maximaal ± 10 V).

Hoewel het schema erg overzichtelijk is, geldt dit 'dankzij' de SMD-componenten helaas niet voor de print-layout (figuur 4). De print is namelijk dubbelzijdig en doorgemetalliseerd uitgevoerd en heeft op beide zijden componenten. Als u al wat ervaring heeft met SMD-componenten, hoeft u zich hierdoor overigens niet te laten afschrikken. Is dit niet het geval, dan komt het goed uit dat er onlangs twee uitvoerige artikelen over dit onderwerp

in Elektuur zijn gepubliceerd (Werken met SMD's, jan./feb. 2003). We raden SMD-beginners aan zich met deze literatuur en voldoende oefenmateriaal goed voor te bereiden, zodat het eerste 'echte' SMD-project niet bij voorbaat al een teleurstelling wordt.

Monteer eerst de SMD's op de print en daarna pas de normale componenten en connectoren. De USB-connector op de print is van het type B (pinconfiguratie in **figuur 7**). De andere variant van de connector, type A, zit altijd aan de PC- of hub-kant. Type B zit dus altijd in een apparaat dat op de PC wordt aangesloten. De type-A-connector zorgt via de USB-kabel en de type-B-connector van het aangesloten apparaat voor de energievoorziening. Hier is deze voedingsspanning dus bedoeld voor de USB/RS232-converterprint. USB-kabels zijn altijd 1:1 bedraad.



Figuur 7. Pen-layout van de beide varianten van de USB-interface.

Software en gebruik

Voordat de print met de USB-poort van de PC verbonden wordt, dienen eerst alle componenten en soldeerverbindingen nog eens grondig gecontroleerd te worden. Een goede loep is hierbij eigenlijk onontbeerlijk.

Hierna moet de juiste driver van de website van FTDI gedownload worden. Er zijn gratis drivers beschikbaar voor alle gangbare Windows-versies, evenals voor Macintosh en Linux. Voor de Windows-drivers zijn er versies te downloaden met PNP-ondersteuning (PNP = Plug&Play) en zonder PNP, zogenaamde non-PNP-drivers. Dit verschil is niet onbelangrijk. De drivers mét PNP-ondersteuning kunnen alleen gebruikt worden als de drivers van het apparaat dat via de USB/RS232-converter is aangesloten, ook PNP ondersteunen. Om problemen te voorkomen kunnen in twijfelgevallen gewoon de non-PNP-drivers gebruikt worden. Typische problemen die kunnen optreden met de driver met PNP-support zijn bijvoorbeeld dat het booten langer duurt, of dat het aangesloten apparaat als 'pointing device' wordt herkend en vervolgens de muis niet meer werkt. Voor Windows XP is overigens het tooltje XPNPNP beschikbaar, waarmee de Plug&Play-functie voor seriële FTDI-interfaces uitgeschakeld kan worden.

Als de juiste drivers gedownload zijn, kan met de eigenlijke installatie worden begonnen door de USB/RS232-converter op een USB-poort van de PC aan te sluiten. Windows zal na korte tijd melden dat er een USB-apparaat is gedetecteerd. Ontbreekt deze melding, dan is er iets mis met ons USB-printje (het wil dan nog wel eens helpen de USB-stekker eruit en er weer in te steken). Als alles goed is gegaan, moet nu nog even FTDIBUS.INF geselecteerd te worden, om de installatie ver-

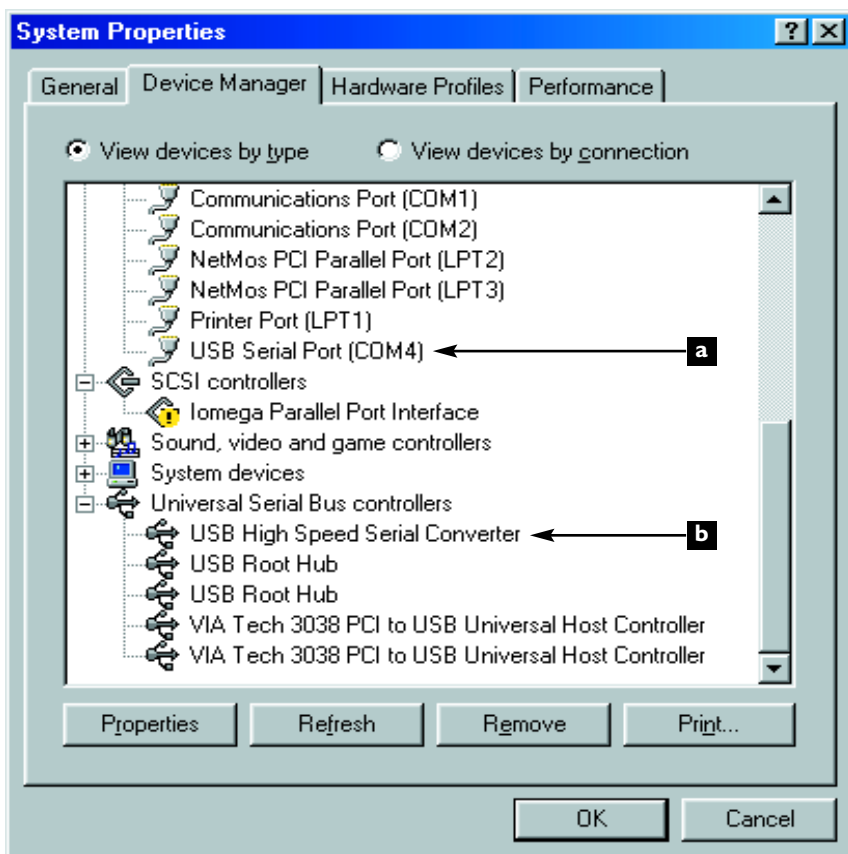
Installatie

Zoals bekend, kunnen USB-apparaten erg eenvoudig aan de PC gekoppeld worden. Het besturingssysteem herkent de interface en zal om de juiste drivers vragen. De juiste drivers zijn op internet op de FTDI-site onder *Drivers and Utilities* te vinden. De zogenaamde *Virtual COM Port (VCP)* drivers zorgen er voor dat de interface zich als een gewone seriële poort zal gedragen. Er zijn drivers beschikbaar voor Windows, MacOS en Linux. Wij beschrijven hier alleen de Windows-versie.

Na het installeren van de driver is de nieuwe COM-poort door programma's op exact dezelfde manier te gebruiken als iedere andere seriële poort in de PC. Ook kan in programmeertalen zoals Delphi en C++ gewoon gebruik worden gemaakt van COM-poort-componenten zoals Tcomport, om communicatie met de seriële interface mogelijk te maken. Als er toch al zelf geprogrammeerd wordt, kunnen overigens beter de **D2XX 'Direct' Drivers** voor Windows van FTDI gebruikt worden, in plaats van de VCP-drivers. Om de optionele EEPROM te programmeren móét zelfs een direct-driver gebruikt worden!

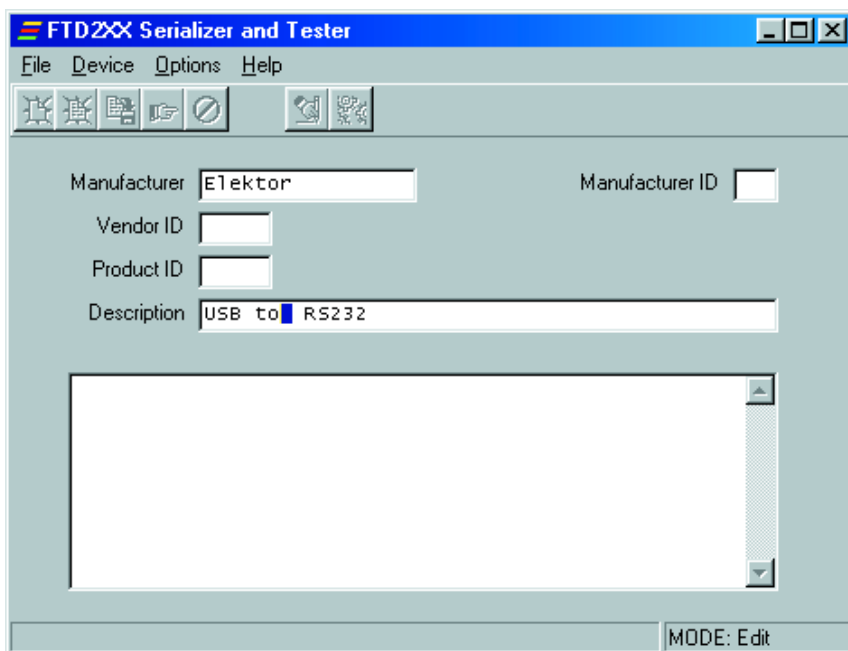
De Windows-VCP-drivers op de FTDI-website zijn in twee versies beschikbaar. De ene versie ondersteunt automatische detectie (PnP), de andere niet. Dit heeft verder niets met de interface zelf te maken (deze wordt immers automatisch door Windows herkend), maar uitsluitend met de hardware die op de interface is aangesloten (zie de paragraaf 'Software en gebruik' in het artikel). Het VCP-driver-pakket bestaat uit een ZIP-bestand met drivers voor Windows98, ME, 2000 en XP. Het ZIP-archief moet eerst naar de harde schijf of een diskette worden uitgepakt. Op de website is verder uitvoerige informatie beschikbaar met het laatste nieuws over de software en de installatieprocedure (in het Engels).

Windows zal automatisch de nieuwe-hardware wizard starten als de USB-kabel van de interface met de PC wordt verbonden. Vervolgens zal de gebruiker worden gevraagd waar de driver te vinden is. Hier moet dus de locatie opgegeven worden waar zojuist het pakket met drivers is uitgepakt. Even later zal het systeem FTDIBUS.INF gevonden hebben en de driver met bijbehorende software voor de interface installeren.



Figuur 8. Na de installatie is in 'Device Manager' onder 'Ports' een nieuwe 'USB Serial COM Port' (8a) en onder 'Universal Serial Bus controllers' een nieuwe 'USB High Speed Serial Converter' (8b) te vinden.

Opmerking: FTDI heeft inmiddels al een opvolger voor de FT232AM geïntroduceerd, de FT232 BM. De AM-versie is echter nog gewoon leverbaar.



Figuur 9. Utility om (optioneel) een EEPROM te programmeren met PID en VID.

der te voltooien. Hierna is meteen een nieuwe seriële poort op de PC beschikbaar. Kijk bijvoorbeeld onder Start - Settings - Configuration Panel - System - Device Manager (Start - Instellingen - Configuratiescherm - Systeem - Apparaatbeheer). Hier moet nu onder 'Ports (COM & LPT)' een nieuwe 'USB Serial Port (COMx)' te zien zijn. Zie **figuur 8a**.

In feite zijn bij de installatie twee drivers geïnstalleerd, die onderling contact hebben. De ene driver stelt de virtuele COM-poort ter beschikking (dit is dus de poort die we zojuist in Device Manager gezien hebben). De andere driver is er voor verantwoordelijk dat de USB-kant van de FT232AM als USB-apparaat onder 'Universal Serial Bus controllers' verschijnt, zie **figuur 8b**.

In **figuur 9** zien we tenslotte het programma waarmee een op de FT232AM aangesloten EEPROM geprogrammeerd kan worden; dit is ook van de FTDI-site te downloaden. Op deze manier kunnen fabrikanten die de FTDI-chip toepassen in een apparaat het VID en PID programmeren. Degene die niet over een eigen VID en PID beschikt, kan het programmeren natuurlijk achterwegen laten, maar ook kunnen PID's en VID's van FTDI gebruikt worden. Voor de FT232AM kan dan VID = 0403 en PID = 6001 genomen worden. Het toepassen van deze laatste optie wordt nog veel uitvoeriger beschreven in de programmeerhandleiding van FTDI (zie website).

Tot slot willen we nog opmerken dat een dergelijke converter toch nog beperkingen kent. Om een soepele conversie van USB naar RS232 te garanderen, is het sturen van de datastroom erg belangrijk. Er moet namelijk voorkomen worden dat de buffer van de FT232AM (128 resp. 384 bytes) vol raakt en er op deze manier bytes verloren gaan. Dit probleem treedt op als bij hogere bitrates geen handshaking wordt toegepast.

(020375)

Downloads

Bij dit project is beschikbaar:

- Print-layout in PDF-formaat op www.elektuur.nl
- FT232AM-datasheet, documentatie en driver-pakket op www.ftdichip.com