



UNIVERSELE UAR/T- SCHAKELING

H. J. C. OTTEN

De meeste single board computers zijn naast een hexadecimaal toetsenbord en LED-display ook voorzien van een teletype in- en uitgang. Deze teletype aansluiting is een zogenoemde seriële transmissie aansluiting, terwijl veel randapparatuur zoals ASCII-toetsenborden en ASCII-printers parallel in- en uitgangen hebben. De benodigde parallel-serie en serie-parallel omzettingen worden door de hier beschreven UAR/T-schakeling uitgevoerd.

Asynchrone seriële overdracht

Bij de teletype aansluiting wordt gebruik gemaakt van asynchrone seriële overdracht, de gegevens worden in serie achter elkaar over één lijn verzonden.

Als we een blok digitale gegevens over één lijn gaan zenden, moeten er tussen zender en ontvanger duidelijke afspraken bestaan over de manier, waarop dit zal gebeuren. Zo moeten begin en einde van de uitzending bijvoorbeeld duidelijk zijn te onderscheiden. Bij seriële overdracht worden de volgende regels gevolgd:

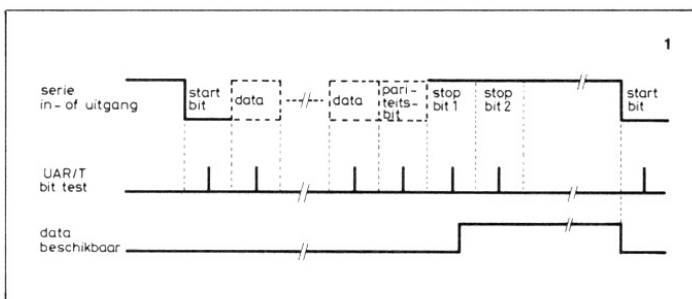
1. In rust is de uitgang van de zender hoog.
2. Het begin van de uitzending is een overgang van hoog naar laag. De zenderuitgang blijft een bepaalde tijd, de bittijd, laag.
3. Achtereenvolgens worden de over te brengen databits op de zender-

uitgang gezet, ieder bit gedurende één bittijd.

4. Om de ontvanger een controle op de ontvangen data te kunnen laten uitvoeren wordt de pariteit van de uitgezonden data bepaald (de binaire som, zonder carry, van de databits). Gedurende één bittijd wordt de pariteit op de zenderuitgang gezet.
5. De uitzending wordt besloten met een aantal (meestal twee) stopbits. Gedurende één bittijd is bij een stopbit de uitgang hoog.

overdracht worden getransporteerd kan men daarom uitdrukken in het aantal karakters per seconde dat maximaal kan worden verwerkt. Karakters per seconde wordt in de Engelse literatuur afgekort tot CPS. Men kan de snelheid ook uitdrukken in het aantal databits dat per seconde maximaal kan worden verwerkt, de eenheid hiervan is bits per seconde : BPS.

Een derde snelheidsmaat krijgt men door te kijken naar het totaal aantal bits dat per seconde kan worden verwerkt, dit noemt men baudsnelheid (Eng:



De gebeurtenissen op de uitgang van de zender zijn te zien in afb. 1.

Zender en ontvanger hoeven niet gesynchroniseerd te worden door bijvoorbeeld een gemeenschappelijk kloksignaal, ze moeten alleen dezelfde waarde voor de bittijd aanhouden. Dit wordt bepaald door de baudwaarde van de overdracht.

Baud

Uit het bovenstaande blijkt dat bij asynchrone seriële overdracht de gegevens als blok van een aantal bits worden uitgezonden, vergezeld van een aantal besturingsbits. Het datablok, meestal 7 of 8 bits, stelt samen een ASCII-karakter voor. De snelheid waarmee gegevens met asynchrone seriële

afb. 1 De vorm van asynchrone seriële overdracht van gegevens en de werking van de UAR/T.

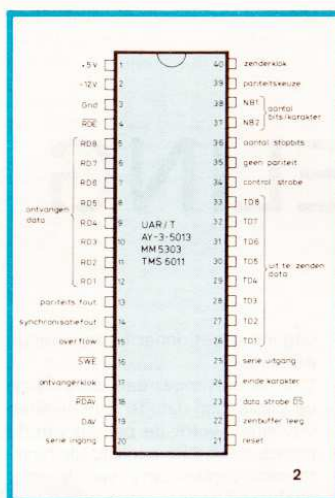
Baudrate), de eenheid heet baud.

Het verband tussen CPS, BPS en baud is afhankelijk van de afspraak tussen zender en ontvanger over besturingsbits en aantal databits. Voor een veel voorkomend voorbeeld willen we dit eens uitwerken.

Stel dat de data als volgt wordt verzonden. Eerst wordt het startbit verzonden, daarna volgen zeven databits (één ASCII-karakter), een pariteitsbit en twee stopbits. In totaal worden er dus 11 bits uitgezonden, waarvan zeven databits die één karakter voorstellen. Stel dat de karaktersnelheid 10 CPS is,



uar/t



2

er worden dus tien karakters per seconde overgebracht. De bitsnelheid is nu 70 BPS, want elk karakter bestaat uit zeven bits en er zijn totaal 10 karakters, zodat het aantal databits 70 per seconde bedraagt.

De baudsnelheid is nu 110 baud. Elk karakter bestaat uit zeven databits, één pariteitsbit en drie besturingsbits, in totaal 11, het totale aantal bits is dus 110 per seconde. In bittijd uitgedrukt is de baudsnelheid altijd gelijk aan één gedeelte door de bittijd.

UAR/T IC

Een schakeling die de hierboven beschreven functies van zender en ontvanger moet verrichten is in principe op te bouwen uit een serie naar parallel schuifregister, de ontvanger; en een parallel naar serie schuifregister, de zender. Daar moeten nog heel wat besturings- en beslissingsschakelingen aan worden toegevoegd, die zorgdragen voor startbit, stopbits, pariteitsbit opwekken en de controle daarvan. Het resultaat zou een zeer complexe schakeling worden. Gelukkig wordt door vele IC-fabrikanten een speciaal voor asynchrone zend en ontvang doeleinden bedoeld IC gemaakt. Deze UAR/T IC's (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) zijn zeer algemeen van opzet. Hier wordt gebruik gemaakt van de UAR/T AY-3-5013 van General Instruments of de equivalenten MM5303 van National en TMS 6011 van Texas Instruments. De UAR/T is te scheiden in twee onafhankelijke blokken, de zender en de ontvanger (er kan tegelijkertijd een karakter verzonden en ontvangen worden met verschillende baudrate). Gemeenschappelijk is alleen de keuze van de parameters die de opbouw van het karakter (aantal databits bijv.) bepalen. De aansluitingen van dit 40-pens IC zijn in afb. 2 te zien.

De zender

De timing van de zender wordt afgeleid van de zenderklok. Een bittijd duurt 16 perioden van de zenderklokfrequentie, op pen 40 aan te sluiten. Als de datastrobe, pen 23, laag is worden de databits, aanwezig op pen 26 tot en met 33, in een intern register opgeslagen. Als de datastrobe van laag naar hoog gaat worden de databits, voorzien van start-, pariteits- en stopbits op serie uitgang pen 25 gezet, ieder gedurende een bittijd.

De ontvanger

Als de serie ingang, pen 20, laag wordt, start de ontvanger. Als na 8 klokpulsen de ingang nog steeds laag is, is het een geldig startbit. Na 16 klokpulsen, de ontvangerklok moet op pen 17 worden aangesloten, wordt het eerste databit binnen gehaald, vervolgens het tweede etc. Na ontvangst van geldige stopbits worden de ontvangen databits op pen 5 tot en met 12 gezet. De timing van de ontvanger is in afb. 1 te zien.

Keuze parameters

Bij het bespreken van de asynchrone seriële overdracht is vermeld hoe de data worden overgebracht. Daar werd alleen vastgelegd dat de uitzending begint met een startbit, gevolgd door de databits, eventueel een pariteitsbit, en geëindigd met stopbits. Deze beschrijving is juist voor de ASCII-code, maar ook voor de Baudotcode die voor telex wordt gebruikt. De UAR/T kan beide

afb. 2 De functie van de aansluitpennen van de UAR/T.
afb. 3 De schakeling rond de UAR/T.

Tabel 1 Parameters voor het aantal databits.

Tabel 2 Pariteitsbit dat wordt verzonden.

opwekken en verwerken doordat met een aantal ingangen de vorm van de uitzending kan worden vastgelegd.

We kunnen bij de UAR/T kiezen uit 5, 6, 7 of 8 databits die worden verzonden. Bij minder dan 8 worden de databits op pen TD1, TD2 etc. verzonden en de ontvangen databits op pen RD1, RD2 etc. gezet. Het aantal databits per karakter wordt vastgelegd door de spanning op pen 37 (NB2) en op pen 38 (NB1), zoals te zien is in tabel 1. Ook het pariteitsbit kent een aantal mogelijkheden, het kan worden weggelaten en de soort pariteit (even of oneven) kan worden ingesteld door de spanning op ingang 35 en 39, zie tabel 2.

Het aantal stopbits wordt bepaald door de spanning op pen 36. Een 0 geeft twee stopbits. Als voor 5 databits is gekozen worden er echter 1½ databits verzonden en bij ontvangst gecontroleerd, hierdoor wordt de Baudotcode ook mogelijk.

Een 1 op pen 36 geeft één stopbit.

De parameters worden in een intern parameterregister opgeslagen als de

Tabel 1

NB1 pen 38	NB2 pen 37	Aantal databits
0	0	5
1	0	6
0	1	7
1	1	8

Tabel 2

Geen pariteit pen 35	Pariteitskeuze pen 39	Pariteit
0	0	oneven
0	1	even
1	X	geen



control strobe, pen 34, hoog is. In onze toepassing is dit opslaan van geen belang, maar het is mogelijk de UAR/T op de databus van een microprocessor-systeem aan te sluiten, waarbij een selectieersignaal, de control strobe, nodig is om het parameterregister te laden met gegevens op de databus. De parameters kunnen dus worden veranderd, bijvoorbeeld tussen zenden en ontvangen.

Het statuswoord

De UAR/T heeft een aantal uitgangen waarop het verloop van zenden en ontvangen is te volgen. De verzameling van deze uitgangen heet statuswoord. Pen 13 geeft aan of de pariteit van een ontvangen karakter in overeenstemming is met de gekozen parameters (even of oneven, wel of geen pariteit). Een fout wordt aangegeven door het hoog worden van de uitgang, dit geldt voor alle foutuitgangen. Een synchronisatiefout, optredend als er geen geldig stopbit wordt gevonden, is op pen 14 te zien.

Overflow treedt op als de op de data-uitgangen aangesloten apparatuur (printer, videodisplay) niet aan de UAR/T heeft laten weten dat het ontvangen karakter is verwerkt, dit signaal

wordt op RDAV aangesloten, een 0 is het teken dat het karakter is verwerkt. Overflow is te vinden op pen 15.

DAV is de uitgang waarop de UAR/T met een 1 kenbaar maakt dat een volledig karakter is ontvangen en de databits op de data-uitgangen beschikbaar zijn. RDAV (pen 18) 'reset' DAV (pen 19). Nadat RDAV laag is geworden, wordt DAV ook weer laag. Als RDAV permanent laag is, zal DAV één klokperiode van de ontvangerklok hoog zijn na ontvangst van een karakter.

Een op de zender betrekking hebbende uitgang is pen 22, zendbuffer leeg. Deze pen is hoog als er een nieuw karakter in de zendbuffer kan worden geladen. Het zenden hoeft dan nog niet klaar te zijn (pariteitsbit en stopbits nog).

Pen 24, einde karakter geeft aan dat de zender klaar is en dat een nieuwe data-strobe op pen 23 mag worden gegeven. Het statuswoord zoals hierboven besproken is een verzameling uitgangen die (behalve pen 24 – einde karakter) tri-state uitgangen hebben. Een nul op pen 16, SWE, activeert de statuswoord uitgangen. Het is mogelijk ook de statuswoorduitgangen op de databus van een micro-processor aan te sluiten, waarbij het selectiesignaal

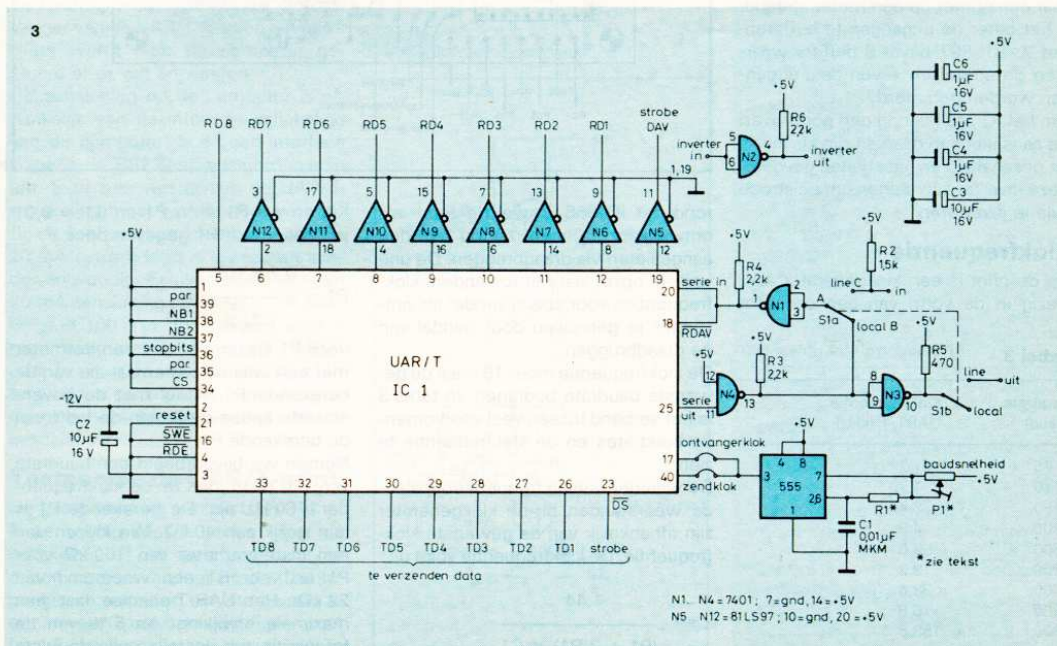
SWE is.

Ook de data-uitgangen, pen 5 tot en met 12, zijn tri-state uitgangen, het selectiesignaal is RDE, pen 4. Een nul op RDE activeert de data-uitgangen. Als de UAR/T in een microprocessorsysteem wordt opgenomen, kunnen data-ingangen, data-uitgangen, statuswoord en parameterkeuze-ingangen alle op de databus worden aangesloten. In onze toepassing is de UAR/T zelfstandig en worden de tri-state ingangen altijd geactiveerd, de parameterkeuze ligt ook vast door controle-strobe hoog te laten zijn.

Pen 21, reset, is een ingang waarmee na het inschakelen diverse registers in de beginstaat worden gebracht. Gewoonlijk wordt reset permanent aan de nul gelegd.

De schakeling

In afb. 3 is het prinsipschema te zien van de UAR/T-schakeling. Voor de UAR/T-schakeling is een print ontworpen, het printontwerp is in afb. 4 gegeven, de componentenopstelling in afb. 5. Centraal staat natuurlijk het UAR/T-IC, aangevuld met een klokgenerator en een interface in de vorm van een 7401 IC en een databuffer-IC 81LS97. De parameterkeuze zoals die in het





uar/t

afb. 4 De UART/T-print.

afb. 5 De componenten opstelling van de UART/T-print.

Tabel 3 Baudrate en de daarvoor nodige klokfrequentie van de UART/T.

principeschema is aangegeven is vastgelegd op 8 databits, geen pariteitsbit en twee stopbits. Deze parameterkeuze is vastgelegd door draadbruggen op de print zodat met behulp van tabel 1 en 2 en de gegeven beschrijving elk gewenst formaat kan worden ingesteld. De aangegeven parameterkeuze zal bij de meeste singleboard computers zoals KIM, SYM, AIM-65 etc. voldoen.

Uitgangsbuffer

Het UART-T-IC is TTL-verenigbaar, dat wil zeggen dat op de uitgangen van het IC een maximale belasting van 1 TTL ingang mag worden aangesloten. Als op de data-uitgangen een lange kabel mag worden aangesloten, bijvoorbeeld naar een printer op één meter afstand, is het beter de uitgangen te bufferen. Het IC 81LS97 bevat 8 buffers waarmee de strobe en zeven data-uitgangen worden gebufferd.

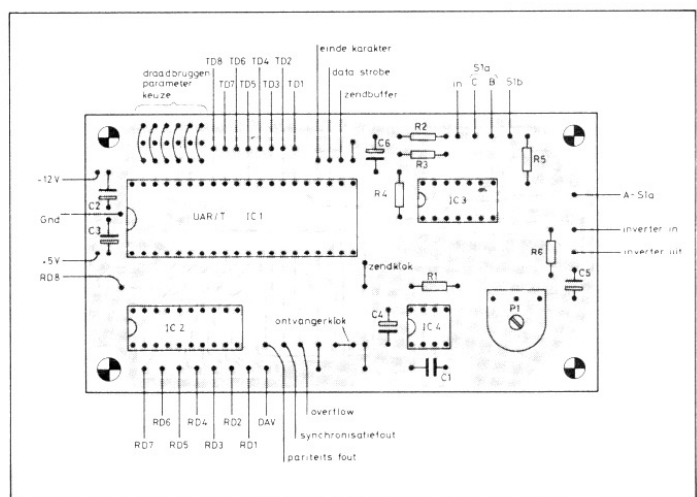
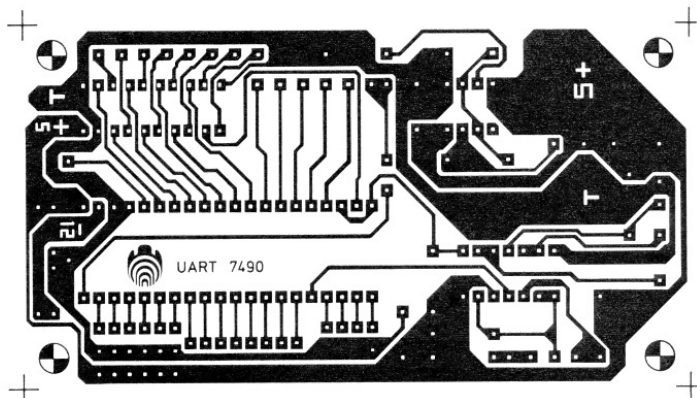
Van het IC 7401 is nog een poort over. De aansluitingen daarvan zijn als inverter geschakeld en naar buiten gevoerd. Deze inverter kan dienen om de strobe puls te inverteren.

Klokfrequentie

Op de print is een klokgenerator aanwezig in de vorm van een oscillator

Tabel 3

Baudrate (baud)	Klokfrequentie UART/T (kHz)
75	1,2
110	1,76
150	2,4
300	4,8
600	9,6
1200	19,2
2400	38,4
4800	76,8
9600	153,6



rond het IC 555. Zowel de zend- als ontvangklok kunnen hierop worden aangesloten via draadbruggen. De universele opzet laat het toe andere klokfrequenties voor zowel zender als ontvanger te gebruiken door middel van de draadbruggen.

De klokfrequentie moet 16 maal de gewenste baudrate bedragen. In tabel 3 is het verband tussen veel voorkomende baudrates en de klokfrequentie te zien.

De waarden van de frequentiebepalende weerstanden bij de klokgenerator zijn afhankelijk van de gewenste klokfrequentie. De klokfrequentie volgt uit:

$$f = \frac{1,44}{(P1 + 2 R1) \times C1}$$

Kiezen we $R1 = \frac{1}{2} P1$ en $C1 = 0,01 \mu F$, dan wordt P1 gegeven door:

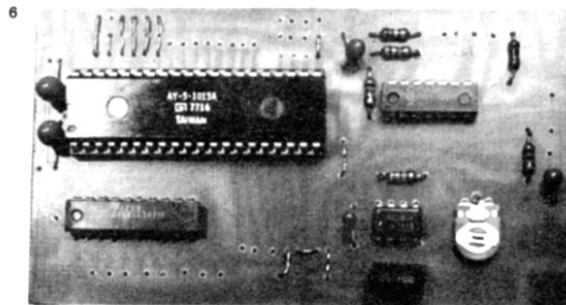
$$P1 = \frac{0,7 \times 10^8}{f}$$

Voor P1 kiezen we dan een potmeter met een waarde tweemaal die van de berekende P1. R1 is met de bovenstaande keuze gelijk aan de helft van de berekende P1.

Nemen we bijvoorbeeld een baudrate van 110 baud, dan zal de klokfrequentie 1760 Hz zijn. De berekende P1 is dan gelijk aan 40 kΩ. We kiezen dan een instelpotmeter van 100 kΩ voor P1 en voor R1 een weerstand van 22 kΩ. Het UART/T-principe laat een maximale afwijking van 5 % van de frequentie toe. Instellen van de juiste



afb. 6 de UAR/T-print met onderdelen.
afb. 7 Aansluiten op de KIM-1.
afb. 8 RS232 interface voor de UAR/T-print.



frequentie is het eenvoudigst met een frequentiemeter, maar een experimenteel vastgestelde frequentie in samenwerking met de computer voldoet ook. De exacte frequentie is niet belangrijk zolang zender en ontvanger elkaar verstaan.

Computer interface

De UAR/T-schakeling is geschikt voor full duplex, dat wil zeggen dat de UAR/T data naar de computer verzendt en de computer deze data weer naar de UAR/T terugzendt. Met de schakelaar S1 kan worden gekozen uit 'line', waarbij de data naar de computer wordt verstuurd en data van de computer kan worden ontvangen, en 'local', waarbij de data, door de UAR/T verzonden, rechtstreeks naar de ontvanger van de UAR/T worden gevoerd. Niets wordt naar de computer gestuurd of er van ontvangen.

De aansluiting op de computer is afhankelijk van de interface schakeling van de computer. Is dit een interface volgens de RS232 standaard dan is in afb. 8 te zien wat er aan de UAR/T-schakeling moet worden toegevoegd. Bij de veel voorkomende zogenoemde 20 mA current loop is aansluiten minder eenvoudig. Een voorbeeld van een 20 mA aansluiting op de KIM-1 of AIM-65 of PC100 is in afb. 7 te zien. Vaak is het handig de computer en UAR/T-print te voorzien van een RS232 interface, voor de meeste computers is daarvoor wel een eenvoudig schema beschikbaar.

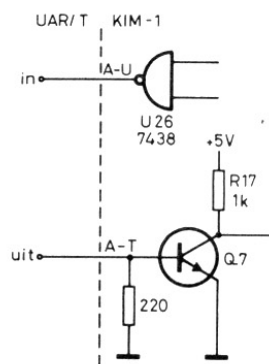
Testen van de UAR/T-print

De juiste werking van de UAR/T-print is eenvoudig vast te stellen door de schakelaar S1 op de stand 'local' te zetten en een karakter op de data-ingangen te zetten en een strobepuls te genereren. Op de data-uitgangen moet het verzonden karakter terug zijn te

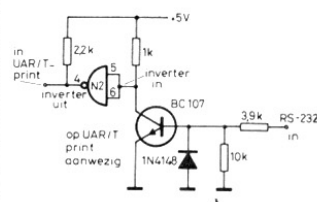
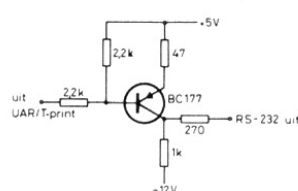
vinden en een strobepuls op de strobepuls uitgang verschijnen.

Voeding

Een voedingsspanning van +5 V, 100 mA en -12 V, 5 mA is voldoende. Voor RS232C is 12 V, 25 mA nodig.



7



8