

De XYLCD

deel I

door Wim Kruyf PAoWV

Ontwerp, werking en bouw van een 128 maal 256 punts grafische LCD display worden besproken. Hard logic sturing van de display en DMA toegang door een processor, die het apparaat universeel toepasbaar maakt. Als voorbeeld wordt een Hell ontvanger gegeven.

De schrijver heeft een alfanumerieke display, een XY scope functie voor een wobulator, een vectorscope en een vector network analyser met een directional coupler op een Smith chart display, in samenwerking met zijn wobulator ermee gerealiseerd.

Acht pagina's uit een 32 k RAM geheugen kunnen processorgestuurd onafhankelijk van elkaar op de display worden uitgelezen en door de processor worden gelezen en beschreven.



Inleiding

Nee, geen CD van de XYL.

Voor een ontwikkelde wobulator, de Smeerpip 11, had ik een XY-display nodig. Daarvoor wordt normaal de scope gebruikt in XY-mode, doe ik ook. Horizontaal wordt aangestuurd met een 50 Hz zaagtand uit de wobulator en vertikaal met de amplitude die de wobulator afgeeft vanuit een herhaald afgespeeld 256 byte geheugen, in 256 mogelijke amplitudewaarden met een 8 bits DAC.

De frequentie-eisen die aan de versterkers van de scope gesteld worden zijn gering, met een paar kilohertz bandbreedte heb je ruim voldoende om zonder beeldvervalsing ten gevolge van bandbreedtebeperking van de scope een betrouwbaar beeld te krijgen.

Het kwalijke addertje dat onder het gras zit is, dat als je wobulator er een keer mee ophoudt, er een dikke vette punt op je scope-scherm staat, die je scherm kan vernielen. Dat eist weer sturing van de wehnelt en daar moet een connector voor aanwezig zijn aan de achterzijde van de scope, en hardware moet er voor worden gemaakt, zodat als er geen XY signaal is het negatief wordt opgevoerd. Zoiets wordt dan uitgesteld tot het te laat is, vrees ik. En wat dan, als die beveiliging ook uitvalt als de wobulatorfunctie uitvalt.

Op een radiomarkt in 't Harde vond ik een displayverkoper die niet alleen de overbekende HP44780 compatible displays verkoopt voor alfanumerieke gegevens (tekst) maar ook grafische displays. De vraagprijs van deze obsoleete fabrikaten

type DMF6104NF-FW van Optrex was 10 euro en daar heb ik er een paar van aangeschaft, ik werd over de streep getrokken omdat de verkoper me vertelde dat je er gewoon in kon schrijven net als in een geheugen.

De bedoeling was om daar dan een XY zwart-wit LCD display mee te maken die de XY scope kan vervangen. Veel handzamer en je blokkeert geen duur veelzijdig meetinstrument. Ook buiten de markten om kan de ondernemer R.K. Pentinga PAo RKP ze aan nabouwers leveren, heeft hij me op voorhand desgevraagd verzekerd. Zijn email adres is rkpentinganot@home.nl; humoristisch adres voor een uithuizig man. Op de Dag van de Amateur 2008 stond hij ook weer met die displays, dus ze zijn nog steeds leverbaar. Als je uit twee diktes kunt kiezen, neem dan de dunste.

De aansturing

De aansturing viel zwaar tegen. Op internet datasheet-gegevens gevonden, die bij de fabrikant Optrex niet boven water te krijgen zijn omdat de display (1996 geproduceerd) verouderd is.

Mijn hoop en geloof dat je alleen maar moet schrijven en dat de display de gegevens zelf onthoudt was bij nadere bestudering snel vervlogen.

Zo'n display bestaat horizontaal uit 256 en vertikaal uit 128 punten. Puntgrootte 0,43 mm vierkantzijde. Het is een back-light geval (verlichting aan de achterzijde) en de verlichting is een cold cathode fluorescentie buisje, die je via een apart kabeltje kunt voeden. Omdat in de specs over RMS wordt gesproken neem ik aan dat wisselspanning getolereerd is. Als dat zo is lijkt het me beter om wissel- in plaats van gelijkspanning te gebruiken, omdat eventueel metaaldepot dat stroomdoorgang na enkele duizenden uren verhindert, zoals we van de bekende nixiebuisjes in kloktoepassingen gewend zijn, er dan weer net zo hard afgetrokken wordt. Je hebt trouwens kans bij gelijkstroomsturing dat de verlichting niet egaal is, omdat de elektronen dan een min of meer voorspelbare hordeloop afleggen. Hij start bij maximaal 600 volt en de brandspanning is dan 200 volt RMS bij ongeveer 5 mA. Een watt dus. Je kunt hem dan voeden uit een trafo of een soort zaagtandgenerator die 600 volt als terugslagimpuls afgeeft met een serie-weerstand samen met de Ri van 80 kΩ die dan 2 watt dissipeert. Er zullen wel betere methoden voor zijn, zoals een seriespoel die minder dissipeert bijvoorbeeld, maar dit even om te beginnen.

In specs wordt gesproken over een inverter, en het blijkt als je op Internet gaat zoeken dat men er een ferriettrafoetje voor gebruikt, van een type waarvan er 4 in een lucifersdoosje passen, dat met een of twee torretjes push pull op pakweg 30 à 50 kHz de hoogspanning opwekt. Conrad

verkoopt een losse op een printje zonder omhulsel, die geschikt is voor 12 V onder bestelnummer 183571, die kost 16 euro, ze verkopen ook cold cathode buislampjes, en daar zit dan een inverter voor 12 volt bij voor totaal 6,65, Conrad bestelnummer 581770. Die goedkope zit in een openwipbaar kunststof huisje, de trafo is even groot, de print is groter, dat komt omdat hij beter is want hij is beveiligd met een glaszekering en ontstoord met een elco, twee ferrietkralen en een C'tje. Bovendien zit het omhulsel er dus bij alsmede aansluitdraden en stekkers. Duurkoop is hier dus goedkoop.

De werking van de display

Het licht komt door een polarisatiefilter, gaat door de vloeibare kristallen en treft dan als gepolariseerd licht je oog. Wordt zo'n vloeibaar kristal echter onder spanning gezet van een tiental volt, dan draait zijn polarisatierichting 90 graden, en wordt het gepolariseerde licht van het backlite tegengehouden.

Dan zie je dus een zwarte punt.

Het principe werkt ook als er opvallend licht is dat al of niet gereflecteerd wordt, dus die backlite kun je eventueel uit laten als er voldoende omgevingslicht is.

Er zijn een paar eisen: er mag nooit gelijkspanning op het kristal staan, dan polariseert het definitief en laat het nooit meer licht van het backlite door. Verder moet de spanning steeds verversed worden, want de polarisatie duurt niet lang als het veld weg is. Het beeld moet dus steeds verversed worden.

Bij polshorloges in de vrieskou heb ik wel geconstateerd dat de geheugenwerking toeneemt als de temperatuur daalt, want die kristallen worden dan nogal stroperig. Voorts mag de displayspanning Vee, die tevens het contrast regelt en ongeveer 12 V negatief is t.o.v. Vcc (5V) pas ingeschakeld, als de 5 V voeding en de stuursignalen aanwezig zijn en de betreffende stuurdraad op 'display_off' staat. Bovendien is

'uitgeschakeld' niet 0, maar + 5V, anders zou er toch nog Vee spanning van 5 Volt zijn, want de display gebruikt Vee gerefereerd aan Vcc.

Om gelijkspanning op de kristallen te vermijden wordt per verversed beeld de aangelegde spanning op het kristal van een beeldpunt omgekeerd in polariteit.

Er zitten al 8 grote plakken SMD LSI IC's op de display gemonteerd, die het leven wat veraangenamen maar beslist niet tot een niveau zoals je gewend bent van de bekende tweeregelige karakterdisplaytjes van 16 of 20 karakters breed.

Je moet namelijk de datapunten georganiseerd in lijnen aanbieden van links naar rechts op de display, met elk bit van de data een punt op de lijn. Die worden in de LSI plakken op de LCD een schuifregister in geklokt en op het juiste moment tijdens een lijnsynchronisatiepuls of latch puls LP in de display als lijn gezet. Bij 256 punten per lijn vergt dat bij 128 lijnen en 50 beelden per seconde een dot klok van ruim anderhalf MHz.

Nu is daar wat aan gedaan, want je kunt per dot klokpuls namelijk 4 bits (dots) gelijktijdig parallel aanbieden, zodat de dotklok dan bij 50 Hz beeldfrequentie ruim 400 kHz wordt. Het wordt dan een segmentklok CP, waarbij een segment (mijn definitie) 4 punten horizontaal naast elkaar op de display is, het meest significante links.

Om flikker te verminderen en de dutycycle van de aansturing per lijn te verdubbelen bestaat het beeld uit twee helften, namelijk de eerste 64 horizontale lijnen in het bovenste halve beeld en de tweede 64 lijnen die het onderste halve beeld vormen.

Er worden twee lijnen gelijktijdig op de display verversed, namelijk een lijn uit het bovendeel en een 64 hoger genummerde lijn die dus in de onderste helft van de display zit, 64 lijnen lager dan die andere.

Die twee lijnen worden achterelkaar ingeklokt door CP als ware het een lijn met de dubbele lengte. Dat vergt natuurlijk in

de geheugenorganisatie waar je steeds uit moet verversen, extra aandacht. De lijnsyncpuls, of latchpuls LP liggen dus $512/4=128$ segmentklokpuls CP uit elkaar.

Die LP zet de ingeschoven lijninhoud uit het schuifregister dat in de LSI plakken zit, over in de beeldpuntcellen van de twee horizontale lijnen op de display.

Er zijn buiten de dotklok en de line sync nog een paar pulsen nodig; een om de eerste lijn van het beeld aan te geven. Dat is een frame syncpuls FLM oftewel First Line Marker, per 64 lijnsyncpuls is er een nodig, voorts een inganglijn display_off die de displaykristalspanningen uitschakelt, nodig als je je niet aan de timing gegevens houdt om het veld van de display kristallen weg te halen, en dan nog een puls M ter lengte van de frametijd, die bij de even frames hoog en bij de oneven frames laag is. Die zorgt ervoor dat de polariteit op de beeldpuntcellen per beeldverversing bij gelijke spanningsverschillen net andersom is, zodat er geen gelijkspanningscomponent op de kristallen aanwezig is over een meettijd van 2 identiek gevulde frames.

Wat er dan kan gebeuren als je per frame een geïnverteerd beeld inklokt, laat zich dus raden.

Figuur 1 verduidelijkt een en ander met een schetsje dat nog verdere toelichting behoeft.

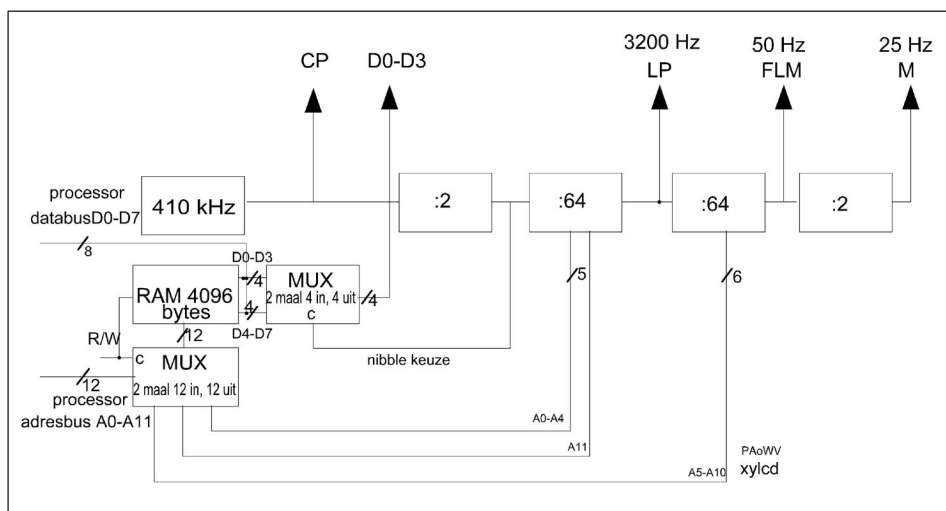
Het vereiste RAM-geheugen waaruit de display verversed moet worden is 256 bits bij 128 bits en dus 4096 bytes groot, dat vergt 12 adreslijnen A0 t/m A11 voor byte-gewijze adressering.

Het moet uitgelezen worden 32 bytes per regel (line) dus de 5 minst significante adresbits A0..A4 worden gebruikt voor de adressering van bytes van een displaylijn. Vervolgens direct daarop moeten 32 bytes op een 2048 bytes hoger beginadres voor de lijn 64 lijnen verder in het onderste deel van de display gelezen worden. Dat kan, als je de adresdraad A_11 bij het tweede deel van elke dubbellijnuitlesing hoog hebt en in het linkerdeel laag.

A_11 van het RAM wordt bij uitlezen dus bediend alsof hij op de plaats van A5 zit tussengeschoven op de adresbus van het uit te lezen geheugen.

Bij het vullen (schrijven) in het geheugen moeten de adresdraden wel op hun plaats blijven. Dan kun je dus op de normale manier een beeld schrijven; en het uitlezen lijkt normaal te gaan maar door de dradenwissel gaat het zoals het moet gaan in twee halfbeelden.

Die adresdraadwissel geldt alleen bij lezen ten behoeve van de display. De processor mag alleen lezen en schrijven in het geheugen met de normaal geordende adresbus, de adresbus uit de delers moet dus via een 12 bit brede multiplexer naar



Figuur 1: Het hardware concept.

het RAM, de andere 12 bits zijn de externe adresbus van de processor, die het RAM kan beschrijven.

Verkennde experimenten

Als je zoiets gaat maken dan is het het handigste, denk ik, om eerst zonder processor uit een 4096 byte 2732 EPROM te lezen. Dat EPROM (uit de junk box) moet je dan tevoren programmeren met een op de LCD te verschijnen plaat. Die plaat maken, dat is het makkelijkste met een BMP file (bit map) te doen, die kun je met Paint van Windows aanmaken zwart/wit mode, 128 hoog en 256 pixels breed, zo'n bestand is 4158 byte groot. Daarna de header van 62 bytes aan het begin van de file eraf strippen met een zelf te schrijven C programmaatje, Basic of Java natuurlijk; wat je gewend bent te gebruiken. De kale 4096 byte file die dan overblijft, heeft een onderstebovenbeeld, dus daarvan nog de eerste regel van 32 bytes de laatste maken, de tweede regel de een na laatste etc.

Als je dat allemaal te lastig vindt of bang bent daar fouten mee te maken bij het programmeren, dan kun je een programma van mijn website halen dat dat allemaal doet. Het is te vinden als <http://pa0wv.fol.nl/XYLCD/XYLCD.EXE> Het is een dos box programma zonder toeters en bellen, ook geen foutmeldingen dus. Je moet het vanuit een dos box draaien en in dezelfde directory als het staat moet je zwart-wit bmp file van 256 breed en 128 hoog klaarstaan met de naam pa0wv.bmp.

Als je aan die voorwaarden voldoet maakt hij pa0wv.bin, die is dan 4096 bytes en die is zo geschikt om in een 2732 EEPROM te branden.

Als je zeker wilt zijn dan kun je mijn gebruikte binaire testfile nemen die je daar ook kunt vinden, met mijn zogemaakte plaat erin. Die heb ik in mijn EEPROM

gebruikt. Het URL is <http://pa0wv.fol.nl/XYLCD/PA0WV.BIN>; URL is case sensitive dus goed overnemen: de hoofdletters handhaven.

Nu zijn bij bmp files bij witte pixels de bits 1 en bij zwarte dus 0. Ik had alleen maar 2764 liggen (8K EPROM) in de junkbox en daarom heb ik nog zo'n file alle bits geïnverteerd en in de tweede helft van de 2764 gezet. Met de A12 adresdraad hoog of laag, te schakelen met een schakelaar, kun je dan kiezen welk beeld je wilt hebben op de display. Dan vind je dus proefondervindelijk of een pixel zwart wordt bij data=1 of 0. Het blijkt dan dat een 0 een zwart pixel is, net zoals bij een bmp file dus. Wil je je display echt goed testen dan is het aan te bevelen als tweede beeld in de 2764 een dambord te zetten. Dus elk wit pixel heeft 4 zwarte burens en elk zwart pixel heeft 4 witte burens. Dan weet je vast wat je te wachten staat. Dan komen alle ongerechtigheden haarfijn tevoorschijn. Die direct in EPROM te branden file van 4 kbyte kun je ook op mijn website vinden: <http://pa0wv.fol.nl/XYLCD/DAMBORD.BIN>.

Als je A12 van het EPROM aan de M puls koppelt inverteert het beeld per frame en kun je testen of de display daarvan stuk gaat, wat ik vermoed en daarom niet geprobeerd heb. Je kunt slechts een pixel in een hoek van het scherm inverteren van twee beelden, die verder gelijk zijn, dan blijft de eventuele schade beperkt.

Alles valt altijd tegen, alle EPROMS uit de junk box waren geprogrammeerd en moesten dus eerst gewist worden. Ze een tijdje onder een hoogtezonzonlamp leggen die vroeger gebruikt werd om printmateriaal te belichten werkt niet. De ROMS worden heet en blijven ongewist. Als je ze bij een normale TL lamp laat liggen duurt het 3

jaar voor ze gewist zijn en in fel zonlicht een week.

Fel zonlicht heb ik nog nooit op mijn QTH waargenomen, dus op zoek naar een lichtbron van 237 nm zijnde voldoende hard UV, waarmee het in een half uur moet lukken om te wissen. Bij Conrad gekeken op UV, allerlei troep wordt verkocht als UV. Lampen die hun spectrum rond 400 nm hebben liggen, gewoon paars dus, worden als UV verkocht, maar ze verkopen ook een EPROM wissel en daar leveren ze reserve lampen voor. Zo'n buisje kost bijna 16 euro, maar het heeft wel het juiste spectrum van hard UV 237 nm, zal wel van kwikdamp zijn, dat volgens de spec sheets van de fabrikant bij die golflengte een half uur 12 mW belichting per cm² eist om de PROMs te wissen. Los reservebuisje dus aangeschaft om in een proefopstelling inmiddels antieke EPROMS van dumpprinten gesloopt, te wissen. Bestelnummer buisje: 982270.

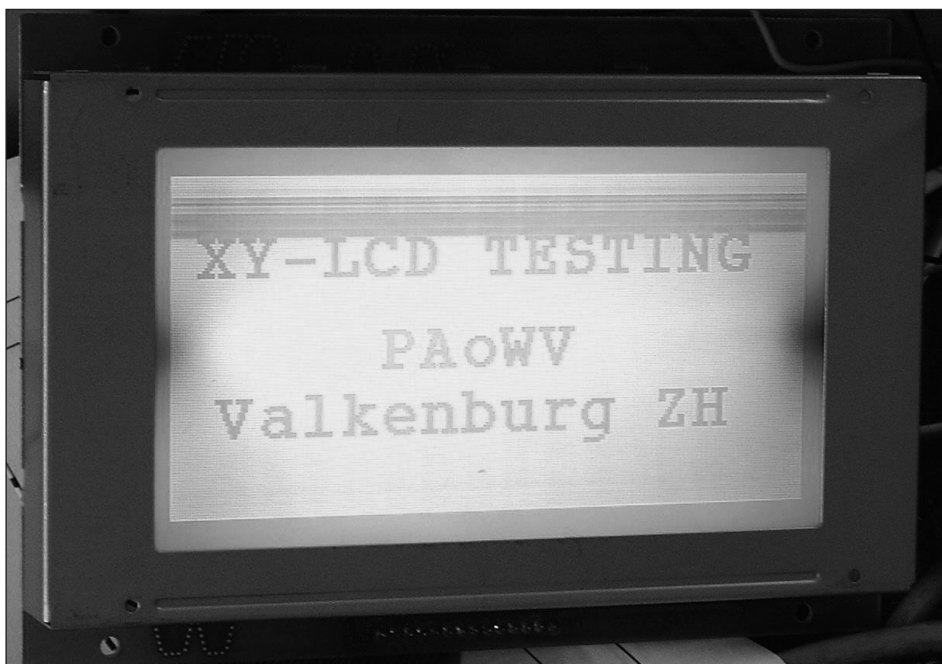
Dat buisje is merk Philips, gemaakt in Polen, en is 4 watt. De gloeidraden gaan proberen, het blijkt als je de spanning opschroeft tot 8 volt die net gaan gloeien donker oranje, en dan trekken ze 100 mA. Zet je er echter in een keer ineens 8 volt op dan krijg je een felle punt op einde gloeidraad, ze moeten dus uit een stroombron worden gevoed. De primaire zijde van een trafootje van een paar watt in serie op het lichtnet. Even een kortsluiting aanbrengen over de buis, en hij brandt, zonder gloeidraadgebruik, maar niet voluit. PAoHPZ heeft me toelichting gegeven over dit verschijnsel. Als je de gloeidraden gebruikt om voor te gloeien komt de buis wel gelijk op volle lichtsterkte, maar houd dan wel in de gaten dat je een trafo gebruikt die minder dan 100 mA ruststroom trekt, anders gaan je gloeidraden tijdens opstarten naar de Filistijnen.

In 20 minuten is je rom dat je er met zijn venstertje tegen aanlegt gegarandeerd blank. Overigens ook in de gloeidraadloze zwak brandende glow mode, heb ik vastgesteld.

Ruststroom van de trafoprimaire heb ik gemeten door een Graetzbrug (gelijkrichterbrug met 4 diodes) met de wisselstroompoten van die cel in serie op te nemen met de primaire van de trafo; en op de + en - aansluiting een AVO in het DC stroombereik te zetten.

Als de magnetiseringsstroom sinusvormig zou zijn, moet je de aanwijzing van de meter dan vermenigvuldigen met effectieve/gemiddelde waarde van wisselstroom, dus met $\pi/2 * 0,5 \text{ sqrt}(2) = 1,11$.

Dat UV buisje kun je ook laten branden op die inverter die bij het CFL buisje van Conrad hoort, zonder de gloeidraden te bedienen. Het gebruikt dan primair minder dan 1 watt uit de voeding als je de spanning op 6 volt zet en brandt gelijk op



De eerste testen met de display.

volle sterkte. Maar na een ROM wissen was een uiteinde met een metaalspiegel zwart geblakerd. Kan ik niet verklaren, want er liep geen gelijkstroom door een seriecondensator van 4kV in de inverter. Het is kennelijk kwikspiegel, het verdwijnt weer goeddeels als ik de buis uitwendig verwarm op die plek.

Nu ik toch met die inverter bezig was naar de cold cathode verlichting gekeken.

De inverter met het bijgeleverde CFL buisje getest, en dan blijkt dat het brandt bij 7 volt op de inverter en dan boven 10 volt niet feller gaat branden. Ook de CFL van de displays getest. Er zitten bij beide LCD displays wel minder heldere hoeken links en rechts op halve schermhoogte. Vermoedelijk zijn er dus twee CFL buisjes horizontaal parallel geplaatst.

De plattere uitvoering van de displays, die PAORKP ook verkoopt voor dezelfde prijs zijn wel egaal, helderder en met beter contrast.

De optie van de microcontroller

Het uitleestempo van het geheugen is bij 50 Hz beeldverversing ruim 200000 bytes per seconde, dus 5 μ s per byte. Je kunt er een gangbare microcontroller voor gebruiken, dat wil voor mijzelf zeggen een die hier in mijn shack in een laatje ligt en waar ik vlot mee kan omgaan, die heeft dan niet voldoende reserve om, wat van een XY display vereist wordt, ook nog eens 50 keer per seconde 256 bytes in het geheugen te plaatsen, die de wobulator afgeeft, wat overeenkomt met 12800 bytes/seconde oftewel als het serieel zou gebeuren 115000 'baud' wel zou volstaan.

Enige hardwareondersteuning zal zeker vereist zijn, om van de uitgelezen bytes tweemaal een nibble (4 bits) aan te bieden.

Zoals gewoonlijk is dit denkproces deel van het ontwerpen volgens de breimethode, we weten ongeveer als een schaker waar we naar toe willen, en we gaan eens kijken of we al bouwend vastlopen op de post 'onvoorzien'.

Een microcontroller is wel prettig want die heeft een ingebouwde UART, eventueel zijn er typen die analoge X en Y signalen kunnen omzetten naar digitale met DAC's, en je kunt met een controller ook makkelijk gegevens op de display zetten, zoals de centraalfrequentie, de sweep en frequentiemarkers, wat alles een comfortabele verbetering vormt op de XY display met de scope. Een en ander kristalliseert dan uit tot een microcontroller met een extern aanstuurbaar geheugen van 4096 bytes, en dat geheugen wordt dan op adres en data bus ook aangestuurd met de schakeling die in concept in figuur 1 getekend staat.

Ook het idee om met een 8 k geheugen te werken (dat in tegenstelling tot de vereiste

4 k als EPROM in de junk box ligt) waarbij het afspiegeldeelte gewisseld kan worden met een voor de processor toegankelijk read/write gedeelte wordt 'meegenomen'.

Voor mijn eerder ontwikkelde wobulator, de Smeerpijp 11, was het voor gebruik met een analoge scope nodig de 8 bits brede digitale X en Y signalen om te zetten met DAC's naar analogoog, het is natuurlijk waanzin die dan met ADC's weer terug te zetten naar digitaal, die hele analogiseringsstap kan dan beter weggelaten worden, dat vereenvoudigt de schakeling en geeft een behoorlijke kostenreductie als er geen DAC's en ADC's in je junk box liggen te verkommeren. Bovendien hoeft je geen amplitudes in te stellen.

De microcontroller

Van de twee mogelijkheden waar ik vlot mee kan programmeren, die ik klaar heb liggen voor gebruik en waar mijn platform voor geschikt is neem ik de risc processor AT90S8515. Dat zelfde type zit ook al in de wobulator, die draait op 8 MHz klok maar heeft praktisch een instructiecycle per klokcycle, terwijl het alternatief de Atmel AT89S8252 of AT89S8253 standaard met 11,059 MHz kristal op 1 μ s per cycle uitkomt en de instructies vaak meerdere cycles kosten.

Voordat die keuze gemaakt wordt kan eens nagegaan worden welke frequentie in beide gevallen haalbaar is, om een byte uit het geheugen aan te bieden op een outputport, de nibbles (halve bytes) te verwisselen in de outputport en twee klokpulsen aan te bieden aan de display op een wijze die conform de specificaties van de display zijn. Een testprogramma dat alleen maar een bit in een outputpen invertteert en verder niks, laat die outputpen bij de Atmel 8252 op 340 kHz lopen en bij de 90S8515 op 2 MHz.

Dat is vermoedelijk te langzaam, om de LCD vanuit de processor direct te verversen zonder hardware ondersteuning.

Omdat de hele opzet uiteindelijk toch vrij eenvoudig is kan dus ook overwogen worden om een geheugen uit te lezen met hard wired logic, zoals figuur 1 in concept uitgewerkt is terwijl een processor toegang heeft om bytes in het geheugen te schrijven, dat op een gemeenschappelijke processor adres- en databus staat.

Principe, dat ik in 1975 bij de Ikunullius toepaste, komt hier weer boven water.

Het ontwerp is dan tijdrovender, er kan echter een hogere bandbreedte van de ingangssignalen worden bereikt voor het geval die bij andere toepassingen wel analogoog zijn, daar komt nog bij dat ik als dank voor het houden van een lezing in het oerwoud bij Markelo, een doos met LS TTL heb gekregen namens de afdeling van PAoBAT, en daar kan hier dan nuttig uit geput worden. Anders worden die ook niet meer gebruikt.

Al deze overwegingen spelen een rol. Ik ben begonnen het overzicht van figuur 1 verder uit te werken, omdat dat toch uiteindelijk het fraaiste concept oplevert en gebruik maakt van onderdelen die ik beschikbaar heb liggen in de shack. HET grote voordeel van zelf ontwerpen is dat je uitgaat van beschikbare onderdelen. De reden dat ik het ontwerpproces hier tracht te beschrijven is om amateurs die wel kunnen nabouwen, maar nog niet zelf ontwerpen met de hen ter beschikking staande onderdelen, een brug te bieden.

Voor de multiplexers van de adresbus is wel ruimte beschikbaar op een 10 bij 16 cm gaatjesprint. ik ben begonnen met een geprogrammeerd ROM om uit te lezen op de display, zodat dat eerst in orde gemaakt kan worden en gedebugged. Het ligt wel voor de hand om hetzelfde kristal te gebruiken als de processor heeft, dus we kunnen uitgaan van 8 MHz. Het probleem dat de directe uitlezing met LS-TTL en de processor uiteindelijk de gemeenschappelijke data- en adreswegen gelijktijdig willen gebruiken, schuiven we voorlopig voor ons uit. Dat zal gevoelsmatig wel tamelijk lastig oplosbaar zijn; de processor gebruikt overigens normaal niet de externe bussen voor al zijn op te dragen werk, alleen als in het externe (beeld) geheugen geschreven of gelezen moet worden is toegang vereist.

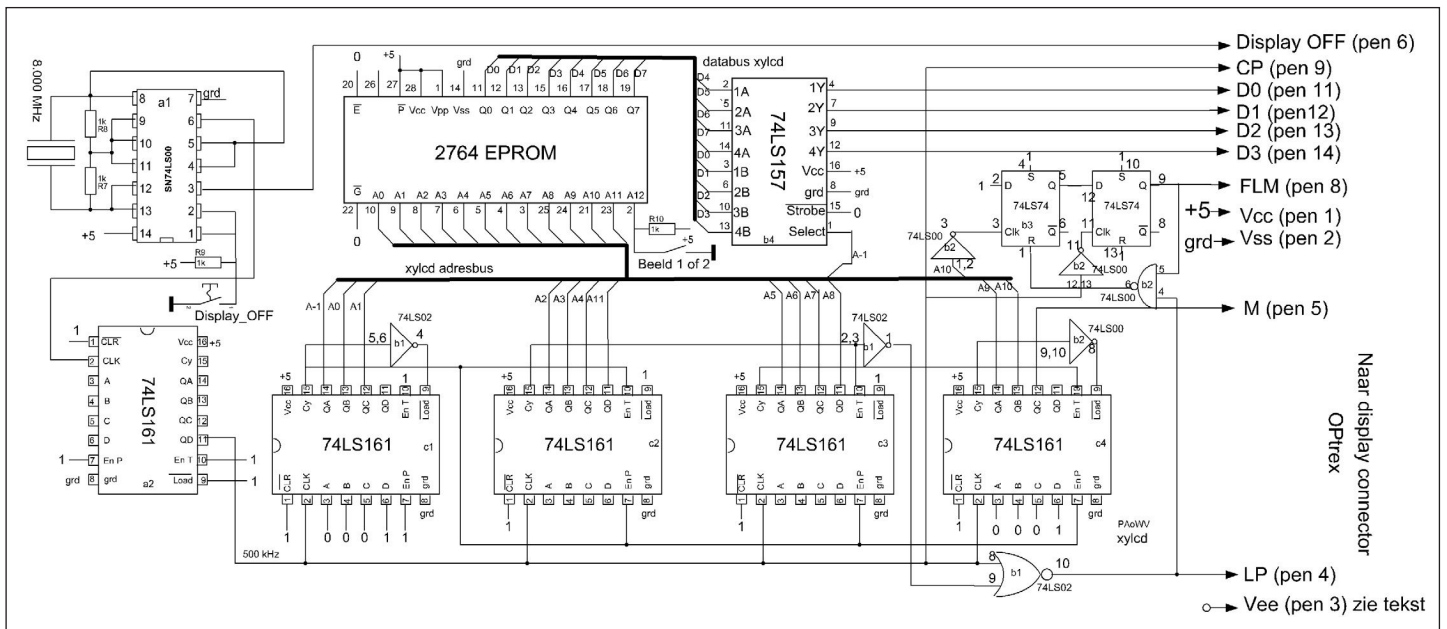
Eerst maar eens kijken hoever we zonder dat businterferentieprobleem de zaak verder uit kunnen werken.

Toelichting bij de schakeling in figuur 2

De schakeling in figuur 2 werkt zelfstandig zonder microprocessor en leest een 2732 of 2764 EPROM uit dat erin geprikt is en gebakken is volgens het voorschrift hierboven beschreven. Deze schakeling kan dus gebruikt worden om de display te testen op goede werking en ook voor andere doeleinden. Koop je dus een display dan kun je hem testen met deze schakeling. De hele zaak is uit een paar batterijen te voeden, dus als je er zeker van wilt zijn dat je display goed is, kun je hem testen hiermee op de plaats waar je hem koopt op een of andere zendamateurlooiemarkt. Ik raad dat aan. Bovendien kun je dezelfde schakeling daarna uitbreiden, want daar gaan we gewoon mee verder. Mijn testkastje werkt op een kleine 12 V accu, en daarmee heb ik seriematig displays staan testen op de Bentheim radiomarkt.

De werking van de testschakeling

Een kristal van 8 MHz werkt met een Tai-Kwan-Do oscillator in een 74LS00. Bij nabouw moet je dit IC gebruiken maar alle andere IC's uit de TTL serie kun je het beste vervangen door de HCT types, die gebruiken minder stroom en doen het ook prima.



Figuur 2: Realisatie van het hardware concept in LS-TTL (proof- en testopstelling).

Daarachter staat een 16 deler met een 74LS161. We komen dan uit de op klokfrequentie van 500 kHz. Die wordt gebruikt als basis- en klokfrequentie CP voor de LCDisplay. Dat is 61 beelden per seconde en dat blijkt gewenst omdat bij 50 beelden per seconde enige flicker van het beeld waarneembaar is. Er volgen vier 74LS161 delers, de eerste twee delen door 8 en 16 en de volgende twee door 16 en 8.

Om poortwerk te besparen is de deeltketen zo opgezet dat de gewenste LP puls ontstaat als de tweede deler van de horizontale rij van 4 stuks, van count 15 naar 0 gaat. Vandaar de vermelde verdeling van de deeltallen.

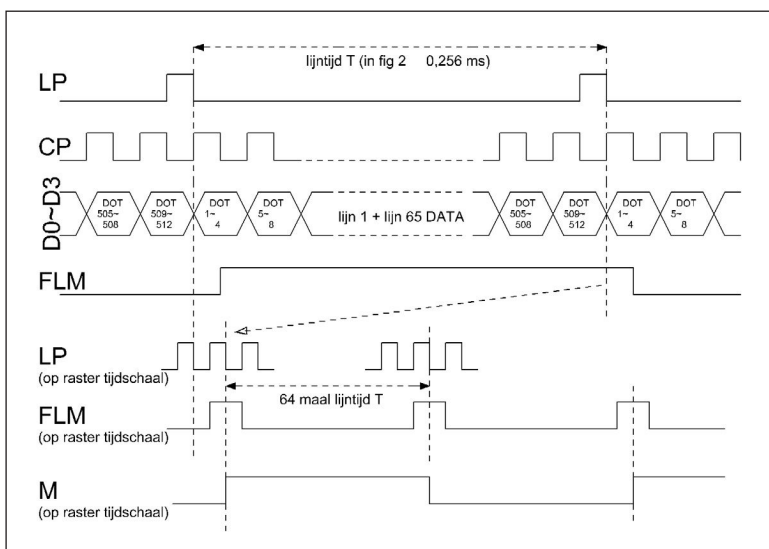
De FLM puls heeft problemen opgeleverd. De spec sheet, gedownload van www.datasheetcatalog.com, laat namelijk zien dat die slechts een CP klokpuls lang is op pag 4/17, dus dat had ik zo gemaakt, en vervolgens bij de controle bleek dat niet te stroken met blz. 5/17 die een timing diagram tekent zoals hierbij in figuur 3 is getoond. De FLM is dan een volle lijn-

tijd lang, en begint een klokpuls CP na de lijnpuls LP en stopt een klokpuls na de volgende lijnpuls. Dat vergde slopen en opnieuw opbouwen van een deel van de schakeling met andere functies van de IC's. Je beseft dan dat software ontwikkelen in een controller stukken eenvoudiger is, een denkfout corrigeren is dan snel gebeurd. De schakeling in figuur 2 realiseert het timing diagram van figuur 3.

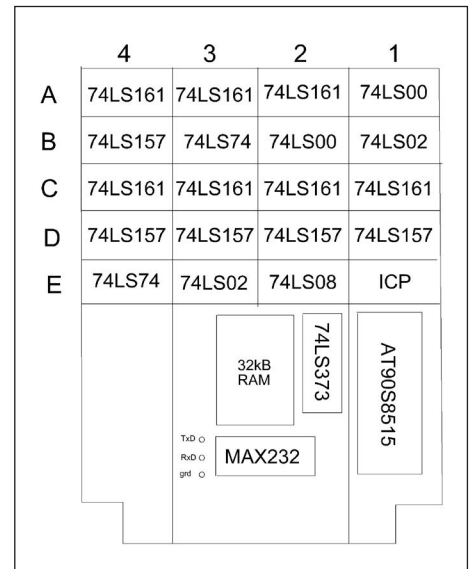
Vreemd is dat de first line marker volgens de specs van de beide bladzijden niet strijdig met elkaar zijn als de tweede lijn opgevat wordt als eerste lijn. In ieder geval is dit ontwerp getest en vastgesteld dat punten in de eerste lijn van het EPROM ook op de eerste lijn van de display terecht komen, dus de timing in figuur 3 is de juiste vereiste timing die de schakeling in figuur 2 daadwerkelijk levert.

De beschreven adresdraad tussenvoeging van A11 is in figuur 2 te zien, en er is een multiplexer twee maal vier in vier uit, in de vorm van een 74LS157 gebruikt. Het

2764 EPROM wordt aangestuurd door de adresbus en is in figuur 2 altijd enabled, de output gaat altijd naar de multiplexer 74LS157 die het onderste of bovenste nibble van een geadresseerd byte kiest voor doorgifte aan de LCD display. De nibble-klok uit de eerste tweedeling van de delerketen, die A-1 genoemd is in het schema, komt niet op het ROM maar stuurt de multiplexer 74LS157 voor de keuze van het nibble.



Figuur 3: Tijddiagram van de schakeling in figuur 2.



Figuur 6: De backplane gezien vanaf de bedradingszijde.

De bouw van de proefschakeling
De in de IC's in figuur 2 geschreven letter/cijfercombinatie zoals a1, b2 etc. geeft de positie van het IC op de print aan. Aan de componentenzijde zijn de rijen a, b, c, van de bovenrand naar beneden, en de kolommen van links naar rechts 1 t/m 4. Op die manier is het makkelijker te meten, te monteren en fout te zoeken aan de hand van de gemaakte documentatie. Een ander is voor alle tevens nog te monteren IC's weergegeven in figuur 6 en wel de bedradingszijde, omdat je daar uiteindelijk

mee bezig bent als je die tekening nodig hebt.

De bedrading loopt in de met een letter aangegeven rijen horizontaal tussen de poten van de IC's en evenwijdig met de lange kant daarvan. Moet van rij gewisseld dan gaat een draad vertikaal over een vrijgehouden baan tussen twee IC's om van rij te wisselen, echter nooit langs de buitenranden van de print, want dan krijg je sluiting als je die in een metalen kastje zet.

De voeding is tevoren aangebracht in de vorm van blank montagedraad: namelijk een aarddraad een hokje onder de laaggenummerde pennen van een rij, en een plusdraad een hokje boven de hooggenummerde pennen van een rij. De rijen liggen twee hokjes uit elkaar en die zijn dus bezet met die voedingsdraden. Aan de componentzijde lopen twee draden, die respectievelijk de aarddraden en de plusdraden van de rijen onderling verbinden. Aan het einde van elke rij is een ontkoppling van 0,1 μ F opgenomen.

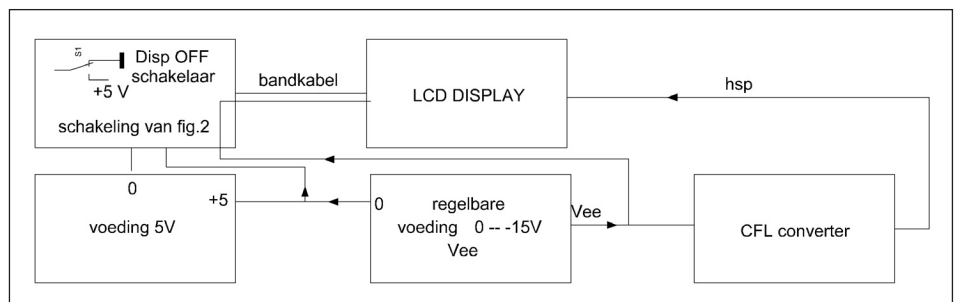
Om het denkwerk dat tot deze schakeling leidde te controleren, is er een teller aangehangen, om te kijken of de frequenties kloppen, als er onverwacht glitches optreden klopt de tellerstand niet, en met een tweekanaals delayed sweep scope zijn de tijden, setup en hold gecontroleerd van de LP FLM en M pulsen die door de fabrikant op blz. 4/17 van de specsheet gespecificeerd worden.



Dat gaat niet zo makkelijk, omdat een dubbelstraals delayed sweep scope nogal weinig licht afgeeft als je dat wilt doen. Een digitale camera voor de scopebuis met een tijd de lens open, kan helpen.

De Optrex heeft een 14 pins op een rij connector, waar ik geen passende contra voor heb. Met een 32 pins PC junk bandkabel lukt het ook. Op de print met de proefschakeling is een 28 pins tweerij headerstuk geplaatst (14 dubbelpennen lang dus). De zaak is bedraad met posijn 0,3 mm, en de bossen werden hier en daar

nogal dik en springerig maar door de zaak samen te binden met ijzergaren op de kruispunten is een voldoende net, overzichtelijk en betrouwbaar geheel verkregen. Stroomverbruik: 5V totaal inclusief display 140 mA bij de oude LS TTL, Vee 12 volt 3 mA, de CFL converter (die laag geprijsde) trekt bij 7 V 180 mA en gelet op het rendement van 80% dat dit soort inverters haalt, zal de CFL dan bij die primaire spanning ongeveer 1 W gebruiken en dat is conform hetgeen de fabrikant opgeeft: 200 V rms bij 5 mA. Bij 12 V, de nominale waarde van de converter, neemt die 200 mA op dat is 2,4 W en je kunt verwachten de CFL dan teveel voor zijn kiezen krijgt. Dat kun je wel even proberen, maar dat is geen aanbevelenswaardige duurzame instelling.



Figuur 4: De proefopstelling.

De proefopstelling in figuur 4

Om de spanningen in de juiste volgorde in de proef te kunnen inschakelen is display off pen bij de proef verbonden met een drukknop, die indien ingedrukt de display actief maakt. De 5V wordt uit een voeding gehaald en de Vee uit een regelbare voeding waarvan de + aan de +5 van de eerste is verbonden. De - van de regelbare voeding gaat naar de Vee van de display via de bandkabel. Tevens wordt de regelbare spanning gebruikt om de CFL inverter te voeden die vanaf 5 à 7V de lamp laat branden.

De werkwijze is: eerst de 5 volt voeding Vcc aan, dan de regelbare voeding Vee aan en de spanning opdraaien, de backlite ontsteekt dan, als die daar ook op is aangesloten, druk je daarna de !DISP-OFF drukknop in dan komt in een bepaald gebied van Vee een rechthoekig wit beeldvlak te voorschijn dat kleiner is dan de metalen randen van de display. Met regelen van Vee kun je contrast regelen en het verdient aanbeveling om dan te kijken of er geen horizontale inbrandbalken (permanente polarisaties) in de display staan. Zwakke verdwijnen bij opdraaien helderheid, maar als het ernstig is, is de display niet bruikbaar. Voorts blijkt dat je een dambord (waarmee het tweede deel van het ROM gevuld is) alleen maar redelijk contrast heeft in het gebied waar inbrandbalken, die je eruit kunt draaien, ook maximaal zichtbaar zijn.

Een van beide displays heeft een dikke

donkere horizontale streep, die is kenmerklijk in een eerder leven mishandeld, terwijl hij er splinternieuw uitziet. Alleen de connectorpennen zijn scheef getrokken door ruwe demontage.

Ik kon hem later inruilen, op de markt in Bentheim, maar als je ter plaatse bij eerste aanschaf je testschakeling bij je hebt is wel zo handig, vooral omdat de voor inruil daar klaarliggende ook niet bleek te deugen, wat dus direct ter plaatse kon worden vastgesteld.

Zijn er problemen met de logische TTL schakeling, dan zijn er een paar testmethoden. Licht je het ROM eruit dan moet beurtelings aarden van de datapennen 32 verticale lijnen geven op gelijke afstanden van elkaar, waarbij de eerste van 0 tot 7

cellen van de linker beeldrand verwijderd is. Is dat niet zo dan is aan de verschijnenselen wel te bepalen wat er aan de hand is. Je kunt ook adresdraden van de EPROM-voet doorverbinden met data draden, en kijken wat er gebeurt en of dat logisch verklaarbaar is.

Als alles werkt kunnen we verder met uitbreiden van de zaak met een microcontroller. Dan dient zich het vooruitgeschoven probleem van de busconnectie aan.

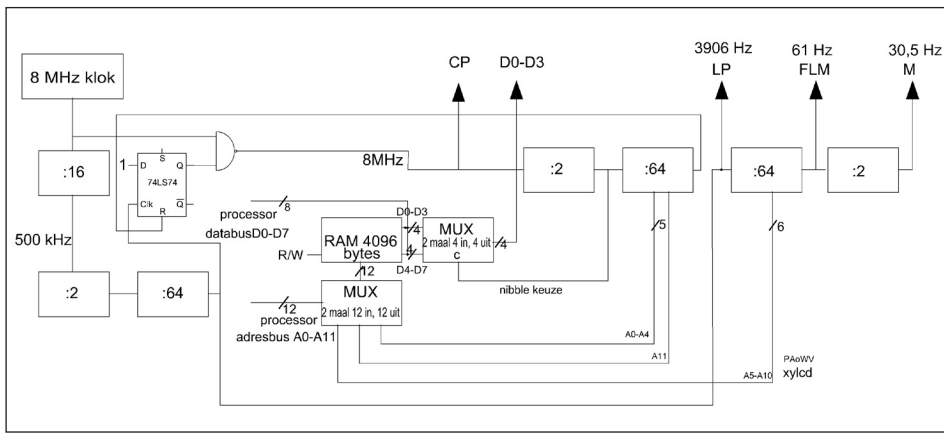
Busdeling met de microcontroller

Dat was inderdaad zoals voorzien een lastig probleem. Tevoren kun je zoiets eigenlijk niet oplossen omdat je de ervaring mist die je opdoet met ontwerp en bouw van het tot hier toe beschrevene. Het is ook niet zinvol op een kaartenhuis te bouwen voordat je weet of wat je bedacht hebt wel werkt.

Dat het werkt weten we nu en ik heb hiervan uitgaande de volgende oplossing bedacht die in figuur 5 staat toegelicht.

De schuifregisters van de display mogen tevoren snel worden gevuld, mits de lijnpuls LP en de framepuls FLM maar op tijd komen en de data dan ingeschoven in het register klaarstaat. De klokpuls van de display CP mag ook een stuk hoger zijn dan 500 kHz, in de buurt van 10 MHz.

Het plan is nu om de registers snel vol te kloppen, 16 maal zo snel als noodzakelijk namelijk met 8 MHz klok in plaats van de 500 kHz waarmee het nu gebeurt en als er twee lijnen klaarstaan in het register is dus 15/16 van de tijd over voor toegang door



Figuur 5: Busindeling met de processor.

de processor, omdat het RAM wat de display betreft in rust is. In figuur 5 herken je de oorspronkelijke schakeling, echter het voorste deel van de tellers, namelijk de linker 128 teller die het RAM uitleest en de nibble mux bedient is nu dubbel uitgevoerd.

Het oorspronkelijke exemplaar dat op 500 kHz draait, doet dat nog steeds maar bestuurt nu geen RAM meer. Het tweede exemplaar dat klokpuls Optrex, RAM met 6 adreslijnen en nibble mux bestuurt draait nu op 8 MHz.

De 8 MHz klok brengt zichzelf tot stilstand (128 deler zet zichzelf stil) als er een lijnpaar van 64 bytes geladen is in de Optrex schuifregisters en pas als de 500 kHz klok vindt dat de tijd daar is om die lijnset over te zetten in de displaycellen met de LP puls, gebeurt dat en wordt de 8 MHz klok weer vrijgegeven om met een noodgang de volgende lijnset te laden in de Optrex, waarna de bus weer vrij is voor de processor. Motorrijders noemen een dergelijke handelwijze een stoplichtracer.

Dit lijkt me een goede oplossing, want het kost niet veel extra logica, het is overzichtelijk, de reeds gebouwde schakeling kan worden gebruikt met minimale modificaties en de 8 MHz kan als het RAM dat niet aankan makkelijk in een lagere waarde worden gewijzigd, bijvoorbeeld 4 MHz door op de 16 deler die 500 kHz levert in te takken. Dat is inderdaad gebeurd, omdat van de 32 bytes bij een schuine lijn onder 45 graden de eerste helft van 4 punten niet op het display verscheen.

De schuifregister-functie van de Optrex wordt bij een snelle vulklok beter uitgebuit, en de maximaal mogelijke tijd namelijk 15/16, oftewel 94% van de bustijd is voor de processor beschikbaar. Bij 4 MHz wordt dat 87%. De processor heeft geen weet van het busgebruik door een andere schakeling, dus er moet nog een signaal naar de processor (8 MHz klok loopt) zodat de processor alvorens in het externe RAM te lezen of te schrijven dat signaal even moet bekijken.

Als de 8 MHz klok van de display klaar

is geeft dat een interrupt op de processor. Die zet de toegangsvlag voor externe lees-schrijfoperaties vrij. De interruptroutine start tevens een timer, die iets korter loopt dan de toegelaten 15/16 bustijd van de processor. Verder niks. Treedt die timer-interrupt later op omdat die tijd verstreken is, dan wordt de toegangsvlag door de timerinterrupt gereset en de timer wordt weer stilgezet en geïnitieerd op zijn startwaarde door de timerinterrupt afhandelingroutine. Dat is alles.

De externe lees- en schrijfroutines, die worden aangeroepen door de software bestaan dus uit controle van de vlag en zo nodig wachten (pollen) tot die vrij staat, alvorens daadwerkelijk te lezen of te schrijven. De tijdsduur die de timer interrupt later komt om de boel te stoppen, hoeft maar eenmalig uitgezocht te worden, zodat je verder maar raak kunt lezen en schrijven zonder daar zorgen over te hebben. Het oponthoud is, omdat de processor tot 94% van de tijd beschikbaar heeft, minimaal. We kunnen dus maximaal data wijzigen met de processor in het RAM, wat

eventueel snellere laagfrequenttoepassingen van de XY display minimaal in de weg staat. Dat gaat dan in 15/16 van de lijntijd dus in tijdsleuven van 240 μ s, 3906 keer per seconde (de frequentie van LP).

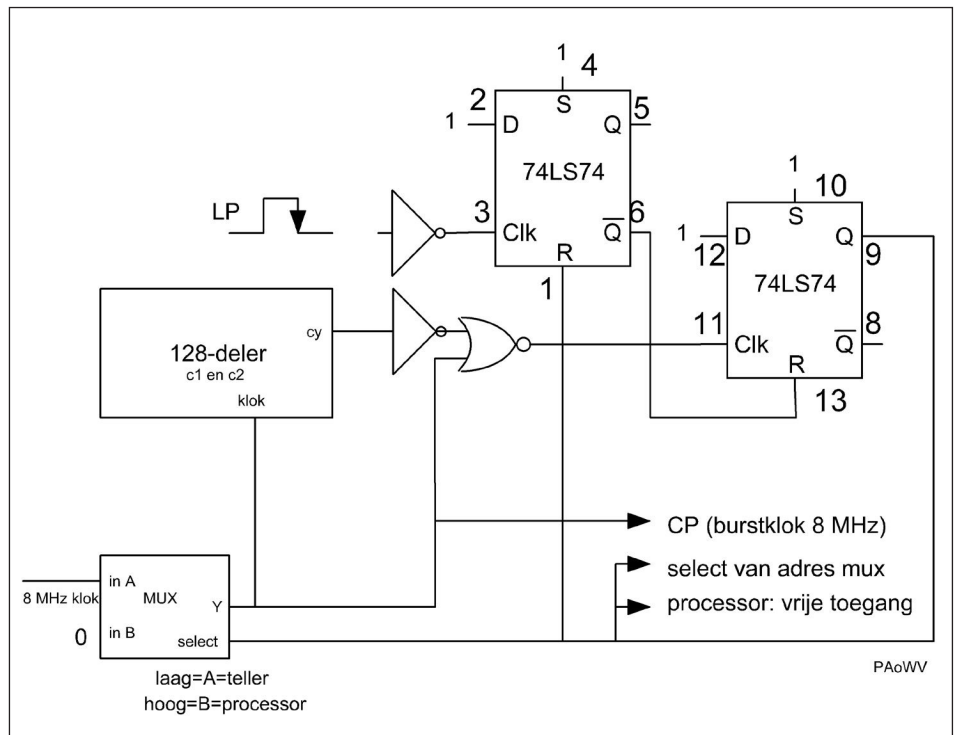
Het omschakelcircuit voor de burst-klok van 8 MHz

Omschakelen naar de snelle klok moet precies op tijd gebeuren en de schakeling moet dus zorgvuldig worden ontworpen. Figuur 7 toont het resultaat.

De werking is als volgt:

De 128 deler loopt op de 8 MHz klok die hij via een 2 input multiplexer krijgt aangeboden tot hij op 127 belandt en dan een carry cy afgeeft. Die is het tweede deel van de 8 MHz klok (als die laag is) stabiel en wordt daarom uitgepoort door een inverter en een nor gate en levert daar een opflank. Die opflank die dus aan het begin van de tweede helft van de 128-ste 8 MHz klokpuls valt klokt de rechter 74LS74 in figuur 7, zodat de Q op pin 9 van dat IC 1 wordt. Die 1 disables de 8 MHz teller, door de multiplexer om te schakelen, die klokuitgang daarvan was 0 en blijft dat dan omdat de andere inputpen van de mux aan 0 is geknoopt. Die op 8 MHz draaiende teller kan dus niet meer doortellen. 128 datasegmenten zijn dan uit het RAM in de Optrexdisplay schuifregister geschoven dat daarmee een klaarstaande lijn heeft in het schuifregister.

De disablepuls van de teller schakelt tevens de 8 MHz klok uit die naar de display CP gaat, omdat die eveneens via een (nog verderop te bespreken) multiplexer loopt van IC d4 en schakelt de multiplexers om



Figuur 7: Het start-stop circuit voor 8 MHz/500 kHz.

naar de processor, zodat die weer toegang heeft tot het RAM. Het selectsignaal van de multiplexers is ook perfect geschikt om als busy signaal te dienen naar de processor toe waar het een interrupt geeft op de ofplank.

De teller moet weer gedeblokkeerd worden direct nadat de 500 kHz teller de lijnpuls LP heeft geproduceerd, die het volgeschoven schuifregister in de displaykristallen kiepert.

Dat gebeurt doordat de achterflank van de LP de linker D-fliplop in figuur 7 klokt zodat zijn Q-not 0 wordt, die reset dus de eerder besproken rechter D-flop, zodat de 8 MHz teller weer gaat lopen en de multiplexers worden omgeschakeld naar het RAM uitlezen door de LCD, terwijl de Q van die geresette rechter flop er tevens voor zorgt dat de linkerflop resetpuls verdwijnt, zodat die weer klaarstaat om de volgende achterflank van een LP puls te detecteren.

In feite hebben 2 D flipflops 4 standen samen en het is nuttig om na te lopen of er niet een stand bestaat, dat de zaak vastzit (deadlock). Dat blijkt bij controle niet het geval.

De schakeling is synchroon, geen geknoei dus met monoflops en haarpulsen (glitches) die de werking niet reproduceerbaar, temperatuurafhankelijk en onbetrouwbaar maken. Het principe is als volgt: Op een klok gebeurt er wat en als alles is uitgerommeld wordt pas gekeken naar

de nieuwe toestand om te bepalen wat er vervolgens dient te gebeuren.

De multiplexer

De multiplexer schakelt de adresbus van het RAM tussen de teller en de processor. Daarvoor zijn voor 12 adresdraden 3 stuks 74LS157 nodig, er zijn er 4 gemonteerd voor diverse doeleinden: A12 werd in de proefschakeling van figuur 4 bediend door een schakelaar, die twee RAM gedeelten van 4 kB als plaat kon tonen. Hier is A12 via de multiplexer naar buiten uitgevoerd. De processor heeft toegang zodat de processor ook in op de display onzichtbaar geheugen kan schrijven, en tevens kan de schakeldraad A12 in geval van de displayfase, door de processor op een outputpin worden bediend, zodat de processor kan bepalen welk deel van het geheugen op de display staat.

Een reserve mux is gebruikt om de 8 MHz klok na 128 pulsen te stoppen, In ieder geval kunnen we meer pagina's in RAM zetten als we bijvoorbeeld een 256k ram gebruiken dat 32 kbyte kan bevatten, kunnen we met 3 stuurdraden via de multiplexer zelfs 8 verschillende 4k gebieden uit het geheugen op de display zetten.

Als je dat met de beeldfrequentie doet kun je een perfect periodiek bewegend beeld maken. Ik had nog een paar 32 k RAMs met 70 ns accesstijd liggen in de junk box van het typenummer dat in het schema vermeld staat, dus daar ben ik verder mee gegaan.

De multiplexers worden dan ook vol-

*Een muis in 't dorpje Vlodrop
Die was na uren lopen, doodop
Hij vrut zich vol met het grootste gemak
Met 2 punten algroom gebak
En zei toen: zo nu is mijn broodje op.*

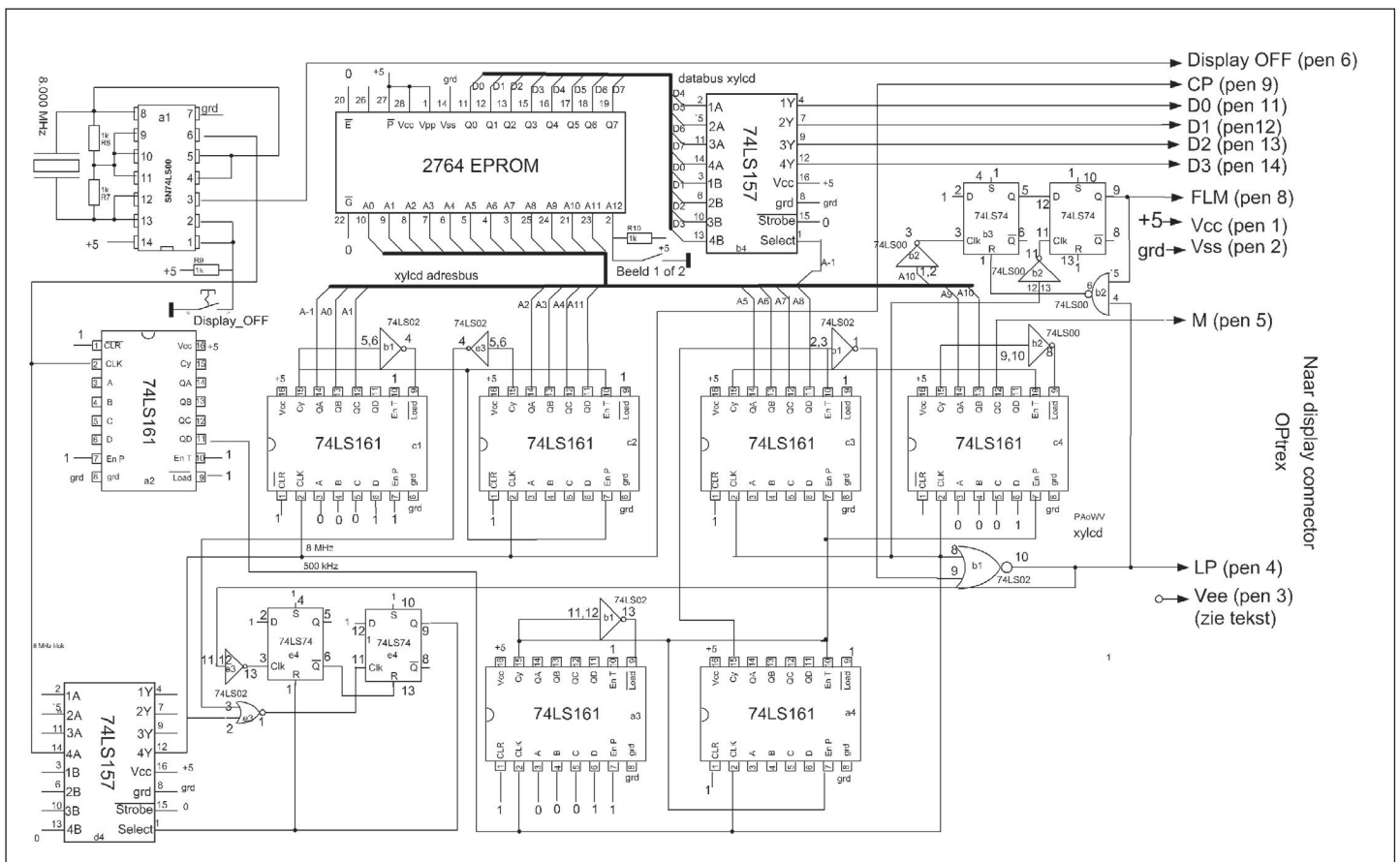
*Een koor in 't dorpje Stavoren
Zong vals, wat duidelijk was te horen
Een man riep in de zaal:
Wat is dit voor kabaal?
Wat zit er toch veel kaf tussen de koren.*

Tuclor

ledig gebruikt. Display.nl verkoopt SM 620808LLP70. Ik heb totaal 5 exemplaren XYLCD gemaakt, ze zijn prima reproduceerbaar en de resterende exemplaren heb ik van dergelijk ramtype dat bij Display op voorraad ligt voorzien.

De processor heeft twee ports voor adressering en datatransport, daarvoor is extern een 8 bits adreslatch 74LS373 nodig die het lage adresbyte vasthoudt terwijl de port die dat leverde inmiddels data kan lezen of schrijven in het externe RAM. De latch wordt automatisch bestuurd door de ALE (address latch enable) pin van de processor.

(wordt vervolgd)



Figuur 8: De tweede proefschakeling.