

Technical Info

Een GPS bijgeregelde Rb secundaire frequentiestandaard (2) Un étalon de fréquence secondaire au Rb piloté par GPS (2)

Door/par PA0WV – Vertaling/Traduit par ON5WF

De bouw eerste fase

Ik heb gebruik gemaakt van een kant-en-klaar kastje uit de dump van Baco. Het bestaat uit 2 aluminium U's, de bovenste in Tek- blauw gespoten, de onderste blank aluminium. Bewerken zoals boren en vooral zagen is nogal lastig in een reeds omgezet kastje. Ik heb een tekening gemaakt van de de monteren onderdelen met het tekenprogramma Splan, die druk ik op ware grootte af, en gebruik die afdruk als mal voor het plaatsen van de centerpunten. Eerst met een kraspen door de punten van het op het aluminium getapete papier heen drukken in het aluminium, dan het papier verwijderen en de geprikte puntjes met een centerpunt rijp maken voor de boor.

Display

De LCD display is 4 maal 20 karakters type C420W01NBW00 van Crystal Clear Technology. Witte letters op een blauwe achtergrond. Die heeft de eigenaardigheid dat je in de bandkabel de draden voor pen 15 en 16 van het backlite kruiselings moet solderen op de displayaansluitingen, om uitwisselbaarheid van normaal gangbare HP44780 compatible displays te waarborgen. Bovendien is hij alleen onder beperkte kijkhoek goed afleesbaar, van bovenaf slecht, dus de kast moet op of boven ooghoogte worden opgesteld. Hij initialiseert niet altijd betrouwbaar, hoewel ik me zorgvuldig aan de specificaties van de betreffende fabrikant houd, die op internet zijn te vinden. Kortom hij ligt niet voor niks in de dump. Conrad verkoopt betere, die bovendien meer contrast geven, aanvankelijk een stuk duurder, maar dat is nu nagenoeg gelijk geworden.

GPS ontvanger

Voor de GPS ontvanger moet je er een hebben die 1 seconde pulsen afgeeft, met een losse actieve antenne, die je achter je dakraam kunt zetten, om vrij zicht te hebben op de satellieten. Het type dat ik gebruikte is de Trimble Lassen iQ 46240-20. Als ik de catalogus van Farnell bekijk, lijkt mij als moderner alternatief voor de door mij

La construction phase 1

J'ai utilisé un boîtier déjà assemblé à la brocante de Baco. Il se compose de deux U en aluminium, celui du dessus peint en bleu tek et celui du dessous, en blanc aluminium. Les travaux de forage et surtout de sciage sont plutôt ennuyeux dans un boîtier déjà assemblé. J'ai fait un dessin des composants à monter avec le logiciel de dessin Splan. J'ai imprimé ce dessin en taille réelle et je l'ai utilisé comme gabarit pour le pointage du centre des trous.

Affichage

L'affichage LCD de type C420W01NBW00 de Crystal Clear Technology, dispose de 4 lignes de 20 caractères chacun, des lettres blanches sur fond bleu. Il a comme particularité que les fils du câble de raccordement pour les broches 15 et 16 du rétro éclairage doivent être croisés avant de les souder, cela, afin d'assurer la compatibilité avec les afficheurs conventionnels de type HP44780. Par ailleurs, il n'est bien lisible que sous des angles de vue bien déterminés, entre autres, la lecture est mauvaise de haut en bas. Le boîtier doit donc être placé à hauteur des yeux ou plus haut. L'initialisation n'est pas toujours fiable, bien que ayant suivi à la lettre les spécifications du fabricant, spécifications que l'on peut trouver sur internet. Bref, ce n'est pas pour rien qu'on en trouve dans les décharges. Conrad en vend des meilleurs, donnant un meilleur contraste et qui ne coûtent maintenant pas plus cher.

Récepteur GPS

Le récepteur GPS doit être du type qui donne des impulsions de secondes, avec une antenne active séparée que l'on peut placer derrière une fenêtre, bien en vue des satellites. Celui que j'utilise est le Trimble Lassen iQ 46240-20. Une alternative un plus moderne que la mienne est le NVS Technologies NV08C-CSM, disponible chez Farnell. La sortie série asynchrone NMEA est normalisée, en conséquence, les données fournies par cette sortie peuvent être traitées par une machine d'état.

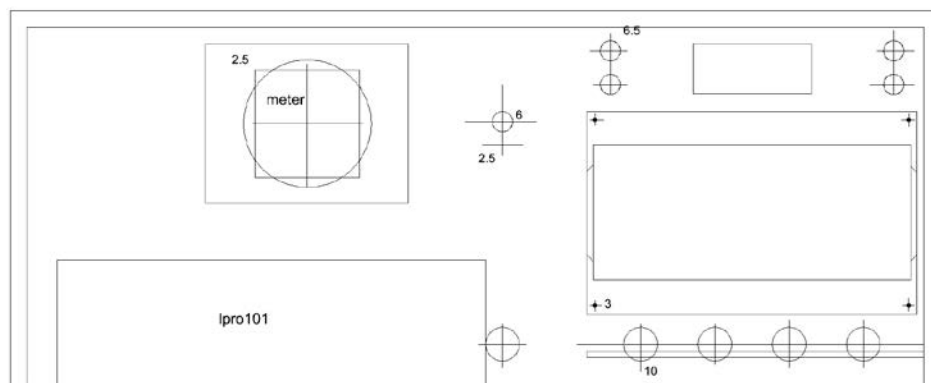


Fig. 3. Boortekening voorwand buiten / Fig. 3. Schéma de forage – Extérieur de la face avant

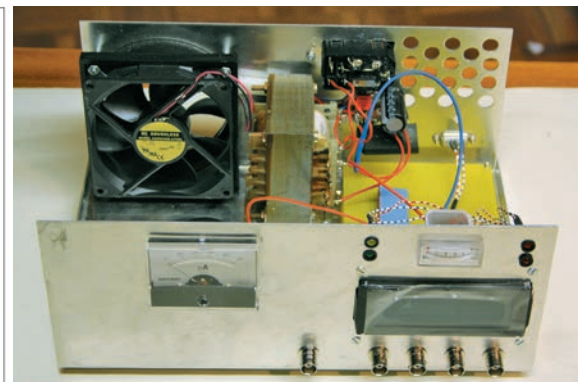


Foto 3. De opbouw / Foto 3. La construction

gebruikte Trimble de NVS Technologies NV08C-CSM wellicht in aanmerking te komen, daar hebben ze een ruime voorraad van. De NMEA seriële asynchrone output is genormaliseerd, dus een state machine kan gewoon de gebruikte gegevens daaruit pellen en verwerken. Die data is overigens voor de werking niet of nauwelijks van belang, je hebt alleen de secondepulsen echt nodig. En die levert dat type. Als je de LCD display volledig wilt benutten, dan dus niet de NMEA data via een USB interface kiezen, anders zou je dat eerst weer moeten omzetten in RS232.

Verdere bouw en voorlopige test

Eerst zijn de onderdelen voor de 24 V en de LPRO, ventilator, meters etc in de kast gemonteerd. Dan aan de GPS print beginnen. De interface-connector voor de voeding 24V en de metersignalen met weerstanden monteren. Dan kan de LPRO geprobeerd worden, de VCXO sweep bekeken en de lampspanning op de meter.

Daarna de print uit de kast halen, de GPS ontvanger erop monteren.

Trimble monteren

Het eerste dat moet gebeuren is de Trimble monteren op het gaatjes board. SMD voetje van afgesplitste draadjes van een soepel netsnoer voorzien. Dat valt niet mee. Als gaatjes in het voetje voor de pennen vollopen met soldeer, zit je in de problemen, want dan krijg je het voetje niet meer op de Trimble gedrukt. Dus alleen de aansluitlipjes vertinnen en geen extra vloeimiddel gebruiken. Een stukje emaillegeïsoleerd draad van 0,4 mm door de pennetjes, holletjes van de connector steken om vollopen met soldeer te voorkomen.

Die uitgeplozen koperdraadjes vertinnen aan het einde, dan zien dat je ze vastsoldeert zonder sluiting en toch trekvast. Uiterst voorzichtig, beslist geen extra vloeimiddel gebruiken. De draadjes loodrecht op de penrichting dus in de richting van de aansluitlipjes aan het voetje solderen. De vier gaatjes van de metalen afscherming van de Trimble van een stukje blank montage draad voorzien en solderen in de oogjes van het Trimblehuisje. Antenne interfacekabeltje op de GPS antenne-connector drukken, interface voetje idem. Aan de hand van de tekening hieronder tevoren op de print met een puntig hobbymesje, of een 3 mm boortje, de gaatjes die op de tekening met X zijn aangegeven wat uitschrappen zodat ze makkelijk te herkennen zijn als de gaatjes waar de draadjes doorheen moeten, zonder ze te kruisen. De draadjes tevoren van stukjes dun isolatiekous voorzien van de juiste benodigde lengte. Het huis van de Trimble dan bevestigen met een afstand van ongeveer 3 mm tussen de bodem en de print (Baco in IJmuiden verkoopt teflon slang dat geschikt is als isolatiekous voor dun draad tot 0,4 mm en dat smelt niet tijdens solderen). De draadjes volgens het schema doorverbinden met de voeding etc. Als dat allemaal gelukt is, alles heel goed controleren, want de Trimble kun je vernielen met verkeerde spanningen en naar aarde kortgesloten TxD outputpoten. Vervolgens is de rest van het project dan de spreekwoordelijke peanuts. Lukt het monteren van de SMD onderdelen niet dan moet je hulp inroepen van anderen alvorens verder te gaan.

De voeding voor de print van 5 V en de voeding voor de GPS voor 3,3 volt. Controleren of de 5 V en de 3,3 V klopt. De knoepcelhouder, eventueel met batterij CR2032, monteren en aansluiten op de Trimble. De voedingspanning erop aansluiten. Antenne eraan en netspanning inschakelen. Met een scope kun je controleren dat op punt 4 er secondepulsen uitkomen (ongeveer 0,1 ms breed) en op punt 1 er een datasignaal uitkomt van 3 volt, hoog

Ces données ne sont en fait pas, voire pas du tout, importantes pour le fonctionnement; on a seulement besoin des impulsions des secondes et ce type les fournit. Si on veut utiliser complètement l'affichage LCD, il ne faut donc pas que les données NMEA soient fournies via une interface USB, sans quoi, il faudrait d'abord les reconvertir en RS232.

Suite de la construction et test provisoire

On monte d'abord dans le boîtier, les composants pour le 24 Volts et le LPRO, le ventilateur, les microampèremètres. Ensuite, on s'attaque au circuit imprimé du GPS. On monte alors le connecteur pour l'alimentation 24 Volts et les signaux de mesure ainsi que les résistances. On peut alors tester le LPRO et observer la dérive du VCXO et la tension de la lampe sur le microampèremètre.

Ensuite, on monte le récepteur GPS sur le circuit imprimé.

Montage du Trimble

Il faut d'abord monter le Trimble sur la plaque à trous. Munir les pattes SMD de petits morceaux de fil souple récupérés sur du câble électrique. Il faut faire très attention en soudant et juste étamer les pattes de liaison, car trop de soudure liquide peut provoquer des courts circuits. Un morceau de fil émaillé de 0,4 mm placé à travers les broches et les trous du connecteur prévient un surplus de soudure.

Étamer les petits bouts de fil et les souder en faisant bien attention de ne pas faire de court-circuit avec la soudure. Souder les fils aux supports perpendiculairement à la direction des broches, donc dans la direction des pattes de liaison. Fixer un morceau de fil étamé sur les 4 trous de la protection métallique du Trimble et les souder dans les ouvertures du boîtier du Trimble. Fixer le câble d'interface antenne-GPS au connecteur d'antenne du GPS et au support. A l'aide du dessin ci-dessous, évaser légèrement, avec un cutter ou un forêt de 3 mm, les trous marqués d'un X, de façon à les distinguer facilement des autres; les petits fils doivent traverser ces trous sans être croisés. Munir au préalable ces petits fils d'une fine gaine isolante de longueur juste suffisante. Fixer alors le boîtier du Trimble en laissant un espace de 3 mm environ entre le fond et le circuit imprimé (Baco à IJmuiden vend de la gaine en téflon qui convient bien comme gaine isolante pour des fils fins jusqu'à 0,4 mm de diamètre, et qui ne fondent pas pendant la soudure). Raccorder les petits fils à l'alimentation selon le schéma, etc. Lorsque ces opérations sont terminées, il y a lieu de soigneusement tout contrôler; le Trimble peut en effet être détruit par des mauvaises tensions ou la mise à la masse des broches de sortie TxD. Ensuite, le reste du projet est un jeu d'enfant. Si vous n'arrivez pas à monter les composants SMD, il vous faudra faire appel à d'autres avant de continuer.

L'alimentation 5 Volts est pour le circuit imprimé et de 3,3 Volts pour le GPS. Contrôler la concordance du 5 Volts et du 3,3 Volts. Monter et raccorder au Trimble le support de batterie bouton, éventuellement avec une batterie CR2032. Raccorder la tension d'alimentation. Brancher l'antenne et mettre sous tension. Avec un oscilloscope, on peut vérifier la présence au point 4 des impulsions des secondes (environ 0,1 ms de largeur) et au point 1, la présence d'un signal de données

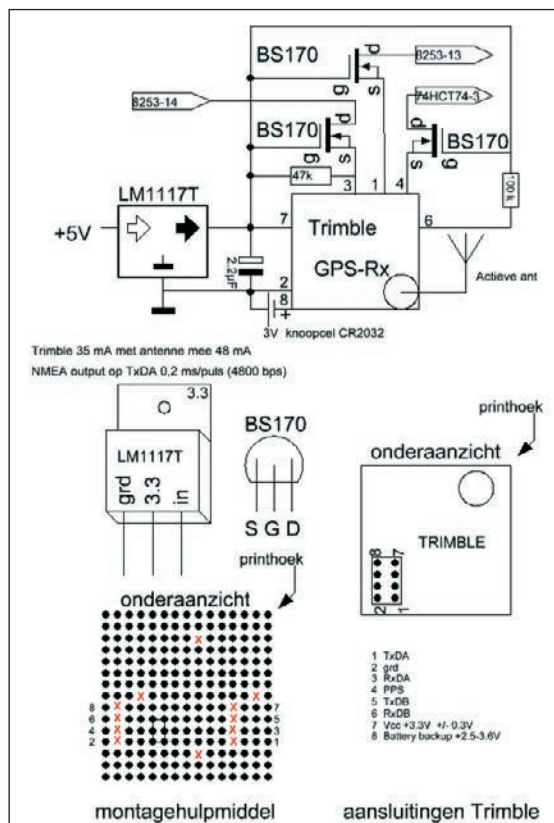


Fig. 4. Trimble GPS rx / Fig. 4. rx GPS Trimble

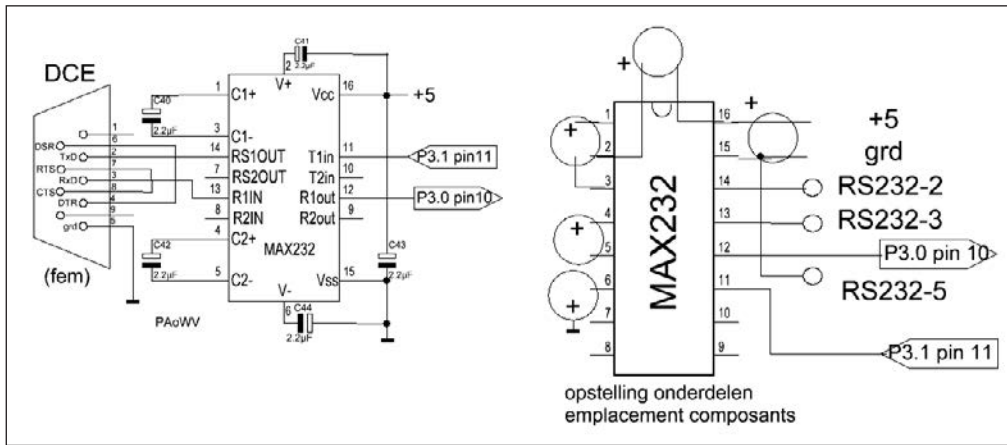


Fig. 5. Seriele interface

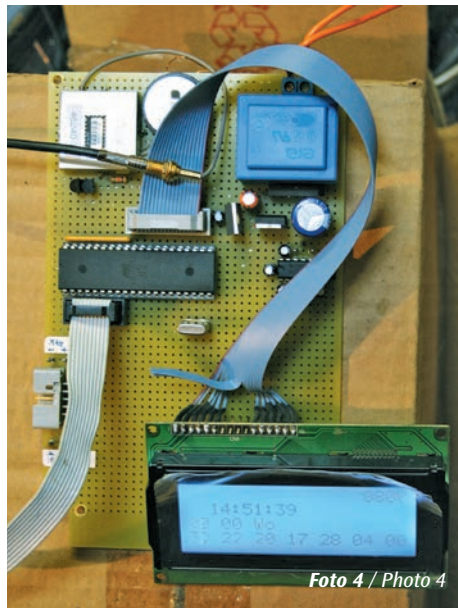
Fig. 5. Interface série

de 3 Volts, bien stable et avec des bits de 0,4 ms de largeur, donc du 2400 Bauds. Le réglage d'usine est de 9600 Bd. Le point 3 (entrée série des données RxA) est à l'état bas, il nécessite donc un pull up. Lorsque le secteur est déconnecté, les mesures indiquent que la batterie délivre 4 μ A. Sa capacité étant de 250 mAh, elle durera 6 ans, sauf en cas de décharge spontanée.

in rust, bits 0,4 ms breed, dat zal dus 2400 Baud zijn. De fabriekinstelling is 9600 Bd. Punt 3 (de RxA seriële data input) is laag, die moet dus een pull up hebben. Als de netspanning eraf is, levert de batterij blijkens meting 4 μ A. Die gaat, als de capaciteit 250 mAh is, dus 6 jaar mee, behoudens zelfontlading.

Vervolgens, als dat goed werkt, de RS232 interface monteren bij de voeding. Daarna de processorvoet. Ontkoppeling en reset R en C zijn onder de voet gemonteerd. Er kan een kristal van 12 MHz geplaatst voor de controller.

Alvorens de processor te plaatsen, wordt gemeten tussen pen 20 en 31 respectievelijk 40 waar 5 volt moet staan. Zo ja, spanning uitschakelen en processor in de voet plaatsen. Geen pootjes dubbelvouwen bij het in de voet drukken. Goed daarop controleren. De kristalfrequentie wil niet zeggen dat je maar raak kunt kiezen wat kristalwaarde betreft, want het programma wordt op die waarde geassembleerd, zodat de datasnelheden van RS232 en de seriële interface naar de GPS ontvanger kloppen. Een boxed header voor de display eraan met een contrastpotmeter, dan kan de display getest worden. De processor werkt, blijkens signaal op pen 30. Ontvangst van satellieten via RxDA werkt ook, ze komen op de display. De zaak is nu gevorderd tot het punt dat **foto 4** hiernaast aangeeft, waar hij op de snijtafel ligt aan het infuus. Eerst even verdiepen in wat GPS uitzendt voor we verder gaan.



Ensuite, lorsque tout fonctionne, monter l'interface RS232 près de l'alimentation. Ensuite, le support du processeur. Les R et C de découplage et reset sont montés sous le support. On peut monter un quartz de 12 MHz pour le contrôleur.

Avant de mettre en place le processeur, vérifier la présence du 5 Volts entre les broches 20 et 31 respectivement 40. Si oui, couper l'alimentation et placer le processeur sur le support en faisant attention de ne pas plier les pattes lors de cette opération. La fréquence du quartz ne signifie pas que vous pouvez choisir librement sa valeur, le programme est en effet assemblé avec cette valeur, de façon à assurer la cohérence entre les vitesses des données RS232 et l'interface série vers le

récepteur GPS. Raccorder l'afficheur et le potentiomètre de contraste, on peut alors tester l'afficheur. Le signal à la broche 30 indique si le processeur fonctionne. On peut voir sur l'afficheur la réception des satellites via RxDA. Nous en sommes maintenant arrivés au point indiqué sur la **photo 4** ci-dessous. Avant d'aller plus loin, nous allons voir ce que le GPS envoie.

Le GPS et le temps

Le système GPS se compose de 24 (ou plus) satellites à environ 21000 Km de hauteur, donc pas en orbite géostationnaire comme les satellites TV Astra. Il y a 8 voies, chaque voie concernant plusieurs satellites, généralement 4. De par la hauteur de leurs orbites, ceux-ci font deux fois par jour le tour de la terre. De par cette multiplicité de satellites, on voit chaque jour un satellite dans une voie donnée. Il y en a toujours plusieurs en vue. Chacun de ces satellites possède une horloge atomique à bord. La position sur la terre est déterminée par le temps de parcours des signaux reçus. Pendant une nanoseconde, les ondes parcourent 30 cm dans le vide, ces horloges doivent donc être extrêmement précises. Pour déterminer ce temps de parcours, il faut aussi connaître avec précision l'instant auquel les signaux atteignent le récepteur, et ce temps est déterminé dans le récepteur en faisant intervenir un quart ou un cinquième des satellites dans le calcul. La détermination du lieu se fait donc avec des données conflictuelles redondantes, mais en prenant dans le récepteur, le temps comme variable dans les calculs, on peut résoudre le problème par comparaison des données; de cette façon, les données fournies par 4 satellites ne sont plus (ou aussi peu que possible) conflictuelles pour le temps exactement déterminé. On peut donc ainsi déterminer le temps dans chaque récepteur GPS avec une précision approchant celle des horloges atomiques. Du fait que les satellites en vue changent régulièrement, il y a donc un changement des satellites pour le calcul; ce que ce changement implique dépend

GPS en de tijd

GPS heeft 24 of meer satellieten in de 'lucht' op ruwweg 21000 km hoogte, niet geostationair zoals de Astra TV-satellieten dus. Er zijn 8 banen en elke baan bevat meerdere, doorgaans 4, satellieten. Door de gekozen hoogte draaien die precies twee keer per etmaal om de aarde. Door dit gehele veelvoud, zie je elke dag een satelliet dezelfde baan langs het zwerk beschrijven. Er zijn er bijna altijd een handjevol van in zicht. Elk van die satellieten heeft een atoomklok aan boord. De plaats op aarde wordt bepaald door de looptijd van de signalen die je bereikent, te bepalen. Een nanoseconde looptijd is 30 cm in vacuüm, dus die klokken moeten uiterst precies zijn. Om die looptijd te bepalen moet je ook precies de tijd weten dat de signalen in je ontvanger aankomen, en die tijd wordt in de ontvanger bepaald door ook een vierde of vijfde satelliet in de berekeningen te gebruiken. De plaatsbepaling is dan strijdig door redundante strijdige gegevens, maar als je de tijd in de ontvanger in de berekeningen als variabele opneemt dan kun je die uit de vergelijkingen oplossen, zo dat de gegevens bij 4 satellietensignalen niet meer (of zo weinig mogelijk) strijdig met elkaar zijn, voor de juiste gevonden tijd. Aldus weet je de precieze tijd in elke GPS ontvanger met een kwaliteit die die van de atoomklokken benadert. Er is, omdat er regelmatig andere satellieten zichtbaar zijn, wel een wisseling van satellieten voor de berekening, en wat daarvan het effect is zal van de firmware in de ontvanger afhangen. Ik ben er nieuwsgierig naar en neem ze daarom mee voor registratie bij de standaard.

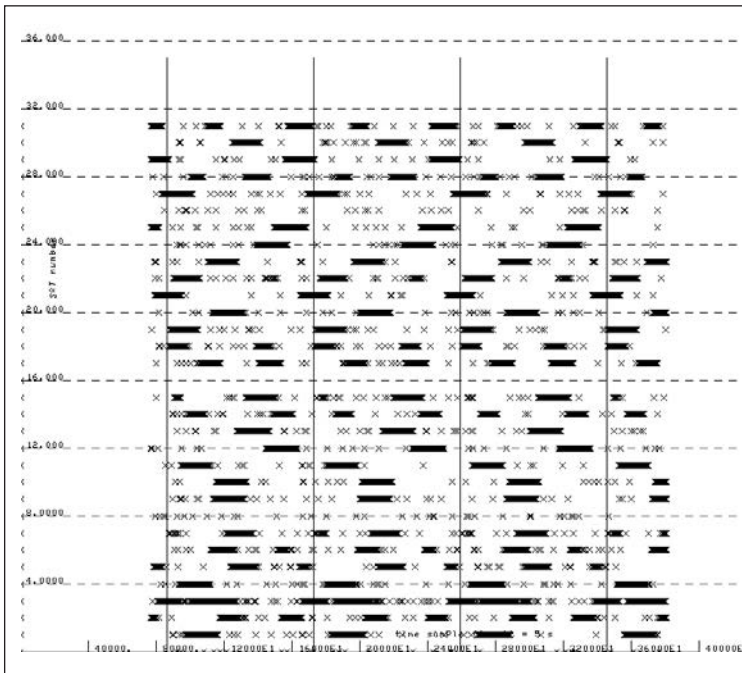


Fig. 6. Periodiek verschijnen van de satellieten, gemeten over ruim 3 etmaal. Verticale lijnen zijn de datumgrenzen.

Fig. 6. Apparitions périodiques des satellites, mesurées sur au moins 3 jours. Les lignes verticales sont les limites des dates.

de la conception du récepteur. Comme cela m'intrigue, je le compare à l'étalon.

Le récepteur GPS Trimble donne automatiquement le temps et les satellites reçus sous la forme de paquets de données série. J'ai enregistré ces données en continu pendant au moins 3 jours et les ai portées sur un graphique. Une observation correspond à une croix et beaucoup de croix les unes à la suite des autres forment une ligne épaisse pendant le temps que le satellite est en vue. C'est ce que montre la **figure 6** à côté. Les lignes verticales délimitent les dates (00:00 heure). Les numéros des satellites sont portés en ordonnée. Ils sont tous visibles pendant un certain temps par jour. Il ressort de ces observations que les données reçues ne sont pas fiables à 100 %. Par exemple, 1,5 % des observations donne un numéro de satellite non existant (> 32), les mesures de temps sont parfois incohérentes. Ces données incohérentes sont plus ou moins éliminées par le fait que les numéros de satellites inexistantes ne sont pas employés, par ailleurs les données de temps doivent se suivre dans l'ordre

logique du temps. Cependant, on voit qu'il subsiste des observations qui ne peuvent pas être vraies. En outre, il y a encore un bug dans le programme qui a pour conséquence que le satellite 16 n'est jamais visible ou l'est juste toujours. Cela provient du fait qu'il correspond au byte DLE; nous expliquerons cela plus tard.

Les satellites se trouvent à des positions différentes. Les signaux qu'ils émettent parcourent donc jusqu'à l'antenne du récepteur, des trajets différents à travers les couches d'air. Cela produit une incertitude qui influence la précision, surtout lorsqu'ils sont bas sur l'horizon et que les signaux émis ont alors un trajet relativement long à travers l'atmosphère. En outre, on peut s'attendre à des réflexions dues à des avions ou des satellites en orbites plus basses.

Certains types de récepteurs de certains fabricants fournissent des impulsions des secondes provenant de cette horloge de précision. Cela semble être le cas pour le vieux Trimble 46240-20 que j'utilise et qui peut recevoir 12 satellites en même temps. Les récepteurs plus récents ont plus de canaux et moins de gigue (32 au lieu de 50 ns) sur les impulsions des secondes; ils sont aussi prévus pour Galileo, le système européen de navigation.

Les caractéristiques des impulsions des secondes du Trimble sont les suivantes: niveau TTL, environ 4 microsecondes de largeur, le flanc montant détermine la seconde du temps atomique avec une gigue d'environ 50 ns. Sur l'intervalle de temps d'une seconde, cela nous donne donc une incertitude de 100 ns, c'est-à-dire 1 sur 10^7 ou encore 1 Hz sur 10 MHz. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de construire un étalon de fréquence; un zérobeat avec WWV ou une autre station étalon suffit.

Conception du comparateur de phase digital

Le plus simple est encore le meilleur. J'ai donc conçu ce qui suit. On se reportera à la **figure 7**.

La sortie 10 MHz du LPRO-101 est transformée en un signal carré TTL comme indiqué dans la datasheet du fabricant, avec un 74AC04 (disponible chez Reichelt), et envoyé à l'entrée d'un diviseur par 16. Ce diviseur fonctionne en permanence et délivre donc un train d'impulsions d'une fréquence de 625 kHz. Ce signal à 10 MHz est aussi une horloge pour un compteur par 16. Ce compteur ne fonctionne qu'une fois par seconde, déclenché par le flanc montant des impulsions des secondes du GPS et stoppé par la première impulsion suivante du signal à 625 kHz provenant du diviseur par 16. Il ne peut donc jamais fonctionner pendant plus de 16 impulsions d'horloge. Lorsqu'il est arrêté, le compteur envoie une requête d'interruption au contrôleur, ce qui

De Trimble GPS-ontvanger geeft als seriële datapakketten automatisch de tijd en de ontvangen satellieten af. Die records heb ik verzameld gedurende ruim 3 dagen achtereenvolgend, en er een grafiek van gemaakt. Een waarneming is een kruisje. Veel kruisjes dicht op elkaar vormen een dikke lijn, gedurende de tijd dat de satelliet waarneembaar is. **Figuur 6** hierboven toont het resultaat. De verticale lijnen zijn de datumgrenzen ('s nachts 00:00 uur) en langs de verticale as staan de satellietnummers. Ze zijn allemaal wel een tijdje zichtbaar op een dag. Bij de waarnemingen blijkt dat de ontvangst niet 100 % betrouwbaar is. Zo is ongeveer 1,5 % van de waarnemingen een niet bestaand satellietnummer >32, de tijdmetingen geven af en toe onzin. Dat is er min of meer uitgefilterd doordat records met een of meer niet bestaande satellietnummers niet worden gebruikt, en de tijd moet kloppen in de volgorde van tijdstippen. Toch zie je door losse kruisjes, dat er resten zichtbaar zijn van waarnemingen die niet waar kunnen zijn. Voorts zit er nu nog een bug in het programma waardoor satelliet 16 niet of juist steeds te zien is, omdat die overeenkomt met het DLE byte, dat wordt later uitgelegd.

Satellieten staan op verschillende posities. Hun uitgezonden signalen doorlopen dus verschillende paden door de luchtlagen naar je antenne, en dat geeft ook onzekerheid die de nauwkeurigheid beïnvloedt, zeker als ze laag aan de horizon staan en dus een relatief lange weg door de atmosfeer doorlopen. Voorts kun je reflecties verwachten van passerend vliegverkeer, of satellieten in lage banen die tijdelijk roet in het eten gooien.

Bij een aantal fabricaten en typen ontvangers (NIET alle dus) wordt een secondepuls van die nauwkeurige berekende klok naar buiten uitgevoerd. Dat blijkt bij de oudere Trimble 46240-20 die ik gebruik en die 12 satellieten gelijktijdig kan ontvangen, het geval te zijn. Modernere modules hebben meer kanalen, minder jitter (32 i.p.v. 50 ns) op de secondepuls, en zijn ook geschikt voor Galileo, het Europese navigatiesysteem.

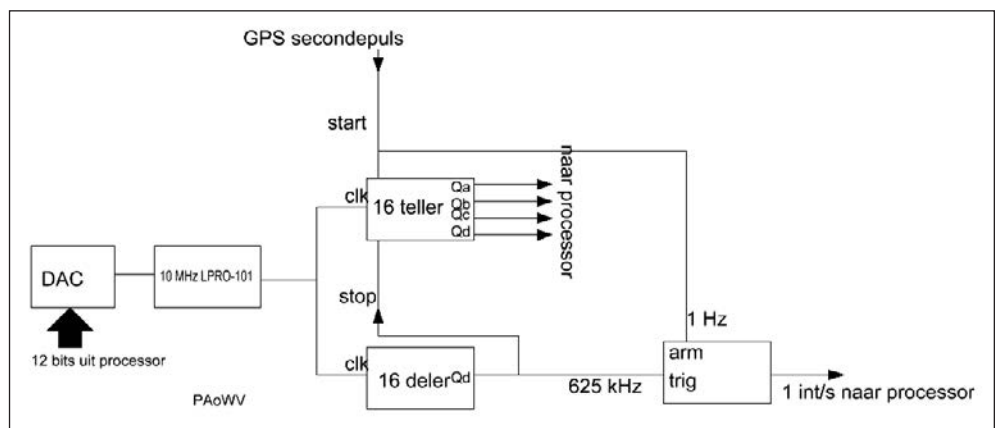
Gegevens van de Trimble secondepuls zijn: TTL niveau, ongeveer 4 microseconde breed, de opflank bepaalt met een jitter van 50 ns de atoomtijdseconde. Die 50 ns is als standaarddeviatie natuurlijk onbruikbaar want op 1 seconde is dat aan de voor- en achterkant van het tijdsinterval samen 100 ns en dat is 1 op 10^7 ofwel 1 Hz op 10 MHz. Daar hoeft je nauwelijks een standaard voor te maken; af en toe zero-beaten tegen WWV of een ander ijkstation en je hebt dat resultaat ook.

Ontwerp digitale fasevergelijker

Je kunt allerlei klimgim omhooghalen, maar eenvoudig is en blijft kenmerk van het ware. Daarvoor heb ik het volgende bedacht en in **figuur 7** toegelicht.

Fig 7. Principe van de fase-detector
 Fig 7. Principe du détecteur de phase

De LPRO-101 output van 10 MHz wordt omgezet in een TTL blok golf als aangegeven in de datasheet van de fabrikant met een 74AC04 (bij Reichelt verkrijgbaar) en door een deler door 16 gedeeld. Die deler blijft altijd doorlopen en levert dus een pulstrein met een frequentie van 625 kHz af. Tevens is de 10 MHz een klok voor een 16-teller. Die loopt echter niet altijd, maar die loopt maar even, een keer per seconde, en wel gestart door de opflank van de GPS secondepuls



en gestopt door de eerstvolgende puls van 625 kHz uit de 16 deler. Hij kan dus nooit langer draaien dan 16 klokpulsen. Als hij gestopt is, geeft hij een interrupt request af aan de controller, dat gebeurt dus een keer per seconde, als er een GPS secondepuls komt en daar wordt de controller niet moe van. De controller pakt dan als reactie daarop, op 4 draadjes P1.0 t/m P1.3 de stand van de 16 teller die gestopt is aan, en gaat daarmee aan de slag. Dat wil zeggen uitmiddelen van alle metingen over een lange tijd en daaruit bepalen wat de op de controller aangesloten 12 bits seriële DAC op zijn dak moet krijgen om via de C-veld input van de LPRO-101 die op de juiste frequentie te brengen en te houden. Een 12 bits DAC met inwendige referentie volstaat, want daarmee is de resolutie van de C input met $1,5 \cdot 10^{-9}$ volle range over 2 volt wijziging, gereduceerd tot $4 \cdot 10^{-13}$ per stap. In feite mag de output van de DAC dus binnen een interval van 25 breed variëren, met behoud van de gewenste regelbaarheid van $1 \cdot 10^{-11}$.

Is de 10 MHz precies 10 MHz en de GPS secondepuls jittervrij, dan zal de stand van de 16-teller altijd hetzelfde zijn als hij steeds op 0 zou starten. Is de 10 MHz uit de LPRO $0,01$ Hz te hoog (1 op 10^9 dus), dan zal na 100 seconde de doorlopende 16-deler inmiddels een klokpuls teveel gekregen hebben, de output (stoppuls) is dan dus 1 klokpuls eerder, zodat de teller na de eerstvolgende startpuls een lager zal stoppen. Dat betekent dus dat in dit voorbeeld de LPRO-101 in 100 seconde 1 volledige sinus is doorgeschoven en dat wordt dus gedetecteerd.

Een resetpuls op de 16-teller, zodat die steeds op 0 begint, is niet nodig, want de controller weet de startstand, omdat dat de stopstand van de vorige meting is en kan dus uit de nieuwe stopstand het verschil berekenen hoeveel de teller is doorgelopen. Vandaar dat er geen resetlijn te zien is in de tekening.

De controller zorgt voor het afhandelen van de interrupts door elke secondetik van de GPS ontvanger de 4 bits tellerstand op te nemen, hij stuurt de DAC aan zodat de frequentie, indien nodig, bijgestuurd kan worden, en hij verzorgt RS232 output zodat je grote aantallen metingen naar een PC of met een datalogger met RS232 ingang met erop aangesloten een USB geheugenstick, kunt sturen ter bestudering van de stabiliteit en het uitvoeren van andere experimenten en onderzoeken middels een PC.

Tweede UART

Ook geeft het Trimble GPS module aan een software UART oftewel SUART (er zit slechts een in hardware gerealiseerde UART in de gebruikte Atmel 8 bits controller AT89S8253) ingestelde GPS gegevens af, met het proprietary TSIP (Trimble Serial Interface Protocol), zoals de UTC kloktijd en de satellieten die op dat moment gebruikt worden voor de metingen en health rapportage van de ontvanger die kunnen worden verzameld en weergegeven. Dat is automatische rapportage, zoals elke 5 seconde tijdgegevens. Voorts kunnen via die SUART aanvullend commando's aan de Trimble worden gegeven, bijvoorbeeld elke seconde een opdracht om de tijd, dan dus elke seconde in plaats van een keer per 5 seconde, te verstrekken. Het format van die commando- en rapportage pakketten kan in de downloadable specificatie van de Trimble ontvanger die ook beschikbaar staat op de website van de UBA worden gevonden in Appendix A.

se produit donc une fois par seconde, lors de l'arrivée d'une impulsion des secondes du GPS, ce qui ne fatigue pas le contrôleur. Le contrôleur enregistre alors sur les sorties P1.0 à P1.3, l'état du compteur par 16 qui est à ce moment à l'arrêt, et se met à traiter ces données: mise en route de toutes les mesures sur une longue durée et à partir de là, déterminer l'état du DAC (raccordé au contrôleur par une liaison série 12 bits) pour amener et maintenir, via l'entrée "champ C" du LPRO-101, celui-ci sur la bonne fréquence. Un DAC 12 bits avec référence interne suffit, car dans ce cas, la résolution de l'entrée C de $1,5 \cdot 10^{-9}$ pour un intervalle de variation de 2 volts, est réduite à $4 \cdot 10^{-13}$ par pas. En fait, la sortie du DAC peut donc varier dans un intervalle de largeur 25, en conservant la contrôlabilité de $1 \cdot 10^{-11}$.

Si le 10 MHz était exactement 10 MHz et les impulsions des secondes du GPS sans gigue, l'état du compteur par 16 serait toujours le même, puisqu'il démarrerait toujours de zéro. Si le 10 MHz à la sortie du LPRO est de $0,01$ Hz trop haut (1 sur 10^9 donc), le diviseur par 16 (fonctionnant de manière continue) aura reçu, après 100 secondes, une impulsion d'horloge en trop.

La sortie (impulsion d'arrêt) est donc une impulsion d'horloge en avance, de sorte que le compteur s'arrêtera, après la première impulsion suivante de départ, un état plus bas. Cela signifie, dans le cas de cet exemple, que le LPRO-101 sera après 100 secondes, décalé d'une sinusoïde complète, et cela est donc détecté.

Une impulsion de reset sur le compteur par 16, de façon à ce que celui-ci commence toujours à zéro, n'est pas nécessaire car le contrôleur connaît l'état de départ qui est en fait l'état d'arrêt de la mesure précédente; il peut donc calculer à partir du nouvel état d'arrêt, de combien le compteur s'est décalé. Ce qui explique l'absence de ligne de reset sur le dessin.

Le contrôleur s'occupe du traitement des interruptions en mémorisant à chaque impulsion des secondes du récepteur GPS, les 4 bits d'état du compteur. Il commande le DAC de sorte que la fréquence puisse, si nécessaire, être réglée. Enfin, il fournit une sortie RS232 permettant d'enregistrer sur un PC ou un datalogger, une grande quantité de mesures pour l'étude de la stabilité et pour toute autre expérimentation.

Deuxième UART

Le module GPS Trimble fournit aussi, au moyen du TSIP propriétaire (Trimble Serial Interface Protocol), à une UART logicielle ou encore SUART (software UART; il n'y a qu'une UART réalisée en hardware dans le contrôleur Atmel 8 bits AT89S8253 utilisé) un ensemble de données GPS, telles que le temps UTC et les satellites qui à ce moment sont utilisés pour les mesures et les rapports d'état du récepteur, lesquelles données peuvent être collectées et restituées. Cela se fait automatiquement, comme les données de temps chaque 5 secondes. En outre, via cette SUART, des commandes supplémentaires peuvent être envoyées au Trimble, par exemple, fournir le temps chaque seconde au lieu d'une fois toutes les 5 secondes. On trouvera le format de ces commandes et des paquets de rapport dans l'appendice A des spécifications téléchargeables du Trimble, lesquelles sont aussi disponibles sur le website de l'UBA.

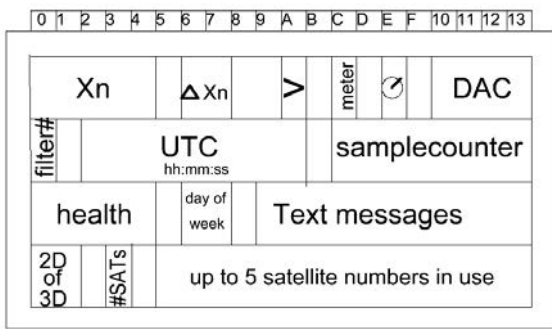


Fig. 8. Indeling LCD display (4*20).

Foto 5 / Photo 5

Fig. 8. Composition de l'afficheur LCD (4*20).

Bedieningsinterface

Er wordt een 4 maal 20 karakter LCD display aangestuurd dat de significante meetgegevens weergeeft. Een paar LEDs worden voorts aangestuurd, een gele links van de display met ontvangen secondepulsen, een seconde aan, een seconde uit, en twee rode rechts van de display voor waarschuwingen als de zaak buiten het regelbereik van de DAC dreigt te lopen aan de onder- of bovenkant. In dat geval moet de C-veld regelingspotmeter van de LPRO anders worden ingesteld, zodat die zijn nominale frequentie levert als de DAC ongeveer in het midden van zijn bereik staat. De zaak is dan niet goed gekalibreerd, want normaal kan dit nooit nodig zijn. Voorts is er een groene LED links van de display die oplicht als de LPRO is gelocked. Die representeert dus het BITE signaal van de LPRO. Een kwartier na het locken worden dan de secondepulsen van de Trimble pas gebruikt, omdat de LPRO dan zijn hoogste stabiliteit nadert. En tot slot wordt een analoog draaispoelmeter, dat boven de display is gemonteerd, aangestuurd, dat de fase van de eigen lokale frequentie ten opzichte van de GPS secondepulsen in 16 discrete stappen aangeeft. Daarop kun je dus de gevolgen van jitter op de GPS secondepulsen zien, en die meter kan worden gebruikt bij het instellen van het C-veld, zodanig dat het gemiddelde dat de meter aanwijst na minstens een uur nauwelijks omhoog of omlaag gelopen is als een jumper (Cal = calibrate) geplaatst is (op P0.0=pen39 van de processor) die de LPRO loskoppelt van de GPS secondepulsen. De DAC staat dan op zijn halfwegwaarde. De LPRO staat er 1E10 naast (0,1 Hz per GHz) als het gemiddelde, dat is de geaccumuleerde fasefout op de display, na een uur een stap omhoog of omlaag gelopen is. Dat duidt er dus op dat je beter meerdere uren kunt wachten tussen instellen en waarnemen. In dat geval komt de RS232 interface dus al van pas. Echter

règlage du champ C du LPRO doit être modifié de façon à ce que sa fréquence nominale soit fournie lorsque le DAC se trouve plus ou moins au milieu de son domaine de réglage. Cela veut dire que le système n'est pas bien calibré, car normalement, cela n'est jamais nécessaire. Il y a aussi, à gauche de l'afficheur, une led verte indiquant si le LPRO est verrouillé. Elle représente donc le signal BITE du LPRO. Les impulsions des secondes du Trimble ne sont utilisées qu'un quart d'heure après le verrouillage, car alors, le LPRO s'approche de sa stabilité maximum. Enfin, un petit indicateur à cadre mobile, monté au-dessus de l'afficheur, montre, sur 16 pas discrets, le déphasage de la fréquence locale par rapport aux impulsions des secondes du GPS. Cela permet de voir les conséquences de la gigue sur les impulsions des secondes du GPS. Cet indicateur peut aussi être utilisé pour le réglage du champ C, en plaçant sur la broche 39 (= P0.0) du processeur, un cavalier (Cal= calibrate) qui déconnecte le LPRO des impulsions des secondes du GPS; on peut alors voir, après au moins une heure, l'évolution lente, à la hausse ou à la baisse de la fréquence du champ, le DAC étant alors au milieu de son domaine de variation. Le LPRO est stable à 1E10 près (0,1 Hz par GHz) lorsque la moyenne (c'est-à-dire le déphasage cumulé sur l'afficheur) ne varie pas de plus d'un pas à la hausse ou à la baisse. Il faut donc de préférence attendre plusieurs heures après un réglage, pour en observer l'effet. A cet effet, l'interface RS232 vient donc à point. De même, les variations du déphasage cumulé ne sont visibles sur l'afficheur qu'après un long intervalle de temps. Les deux graphiques de la **figure 9** montrent cela pour les deux états extrêmes du DAC, 0000 et 0FFF; on peut y observer quelques artefacts dont la cause sera discutée plus loin et pour lesquels une solution sera apportée dans un stade ultérieur.

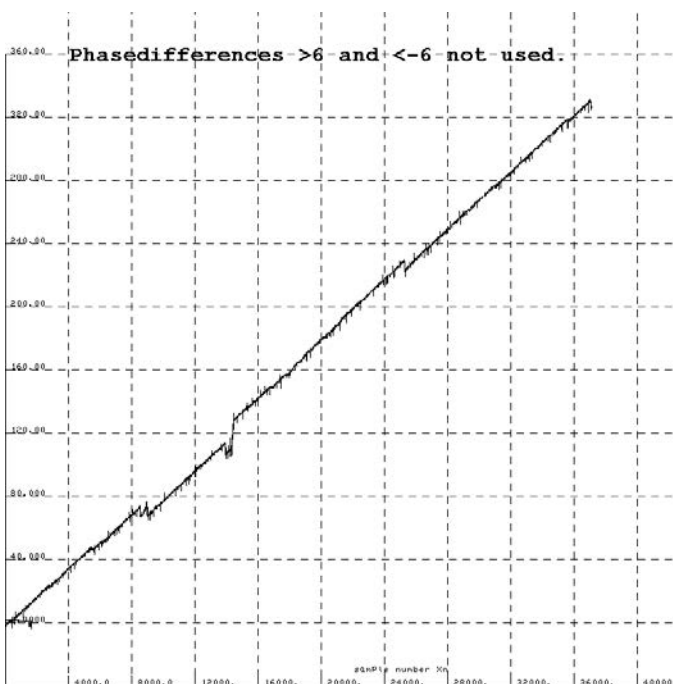


Fig. 9a

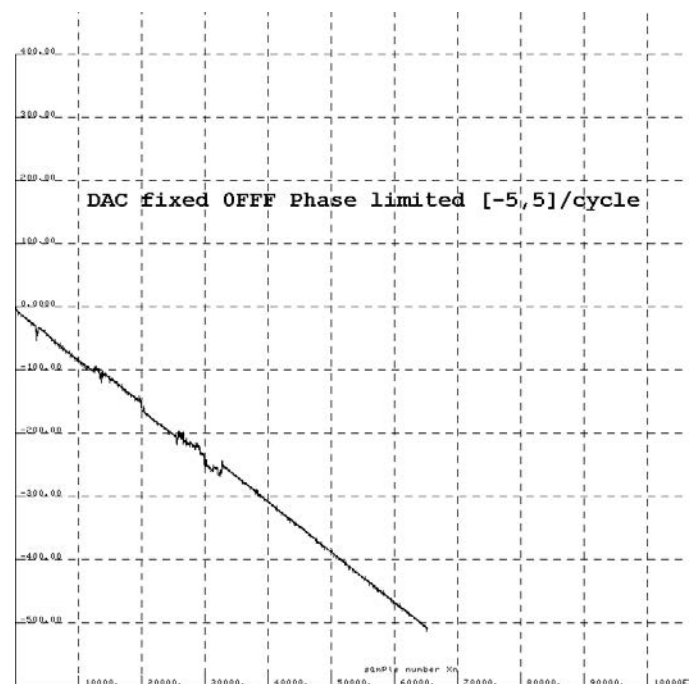


Fig. 9b

Interface de commande

Les données résultant des mesures significatives sont visibles sur un afficheur LCD de 4 fois 20 caractères. En outre, quelques leds permettent de contrôler l'évolution du système. Une led jaune, à gauche de l'afficheur, clignote au rythme des impulsions des secondes: une seconde allumée, une seconde éteinte... Deux leds rouges à droite de l'afficheur permettent de voir si le système risque de sortir du domaine de réglage du DAC, par le haut ou par le bas. Dans ce cas, le potentiomètre de

ook de op de display getoonde geaccumuleerde fasefout, zie je na verloop van langere tijd dus naar boven of beneden kruipen. Voor de twee uiterste standen van de DAC 0000 en 0FFF zijn twee grafieken (figuur 9) van gemaakt die dit aantonen. Daar zie je nog wat rare hikken in, de oorzaak wordt verderop besproken en is in een later stadium opgelost.

Een Hz verschil (1E7) geeft een wijziging van een increment (zestiende van volle schaal op de fasemeter) per seconde. Door plaatsing van de calibratiejumper is er dus gelegenheid de 10 turn regelpotmeter van de LPRO C-veldstuurspanning – te bereiken door een gaatje in het mu-metalen deksel – in te stellen zodat nominaal de correctiefrequentie wordt bereikt in het midden van het regelbereik van de DAC. Waar de fasemeter gemiddeld staat doet niet ter zake, mits zijn long term gemiddelde maar niet wijzigt. Lukt de calibratie niet perfect, dan maakt dat niet uit, want de DAC regelt dat bij, alleen blijkt de DAC dan niet in het midden van zijn regelbereik te stabiliseren, maar elders. Als je er te ver naast zit kan op den duur een van de rode LEDs dus gaan branden.

Werking van de SUART

De software UART, oftewel SUART, werkt wat betreft ontvangen van de NMEA satellietberichten of het TSIP protocol op 2400 8N1 bps afkomstig van de Trimble als volgt. De data uit de Trimble wordt via een levelshifter met een BS170 FET aangeboden op de tweede externe interruptpen van de controller. Die levelshifter zit erin omdat de controller een interne pull up naar 5 V heeft en dat vindt 3,3 V logica van de Trimble wellicht niet prettig. Is er een downflank van een startbit van de asynchrone inkomende data, dan geeft dat een interrupt. De interruptroutine initialiseert dan de in de controller aanwezige teller_1 op de halve bitbreedtetijd, start de teller, initialiseert een bitcounter op 9 en schakelt zichzelf tevens uit. Hij reageert dus niet meer met een interrupt op andere neerwaartse flanken in de ontvangen letter op de interruptpen.

De teller die gestart is geeft na de ingestelde halve bittijd van de startbit van het NMEA of TSIP signaal een timer overflowinterrupt. In de interruptafhandeling van de teller_1 overflow wordt die dan geïnitieerd op de volle bitbreedte, de bitcounter wordt een verlaagd, het signaalniveau op de externe interruptpen wordt opgenomen en naar rechts in een verzamelbyte geschoven. Voorts wordt gekeken of de bitcounter 0 is geworden door het verlagen. Zo ja, dan is het negende bit ontvangen (het startbit telde mee), waarmee het startbit overboord is geschoven. De teller schakelt zichzelf dan uit en enabled de externe interrupt weer, echter pas na de pending external interrupt request flag tengevolge van letterflanken te hebben gewist. Die ontvangst UART kost dus een teller en een externe interrupt pen plus de bijbehorende twee interrupt afhandeling routines. Hij werkt verder zonder problemen.

Commando's geven aan de Trimble kan ook, en dat gaat via een gewone outputpen en een level shifter omdat de logische niveaus van de Trimble anders zijn. De Trimble kan namelijk behalve automatisch, ook gegevens afgeven op aanvraag, wel zo makkelijk. Het is wel zaak dat er geen parity bit als tiende bit wordt gebruikt, want dat kan weer een flank geven die de zaak weer opstart in de veronderstelling dat dat een startbit was. Vanzelfsprekend is dat niet, want de fabrieksinstelling van de Trimble is 8 bits odd paritybit en een stopbit. Met een commando richting Trimble is dat wijzigbaar.

De input die dus op interruptbasis binnenkomt, kan wel worden aangenomen, maar niet direct verwerkt worden. Daarom wordt die in een ringbuffer gedumpt van 32 karakters lang. Als die overloopt komt er een overflow waarschuwing op de display. De zaak is zo berekend dat dat niet gebeurt. Nu is het zo, dat de Trimble opdracht kan krijgen zijn baudsnelheid te wijzigen. Doe je dat, dan is er vanaf dat moment geen communicatie meer mogelijk met de Trimble, want de baudsnelheid van de controller-Trimble interface zit vast gebakken in het controllerprogramma als zijnde 2400 baud, omdat bij 9600 baud er tengevolge van actieve interrupts ongewenst veel jitter op de snelheid zit en tevens omdat de ontvangstbuffer anders vier keer zoveel geheugenruimte kost.

In feite wil je de Trimble via de RS232 interface met je computer direct kunnen bedienen voor eenmalige wijzigingen, instellingen of testen.

Un Hz de différence (1E7) indique un changement de 1 incrément (un seizième de l'échelle complète sur le phasemètre) par seconde. Par le placement du cavalier de calibration, on a donc la possibilité d'ajuster le potentiomètre 10 tours (auquel on a accès par un petit trou pratiqué dans le couvercle en mu métal) permettant le réglage de la tension de commande du champ C du LPRO, de telle façon que la valeur nominale de la fréquence de correction soit atteinte au milieu de l'intervalle de réglage du DAC. La position moyenne sur le phasemètre n'a pas d'importance, pourvu qu'elle ne change pas sur le long terme. Si la calibration n'est pas parfaite, cela n'est pas grave puisque le DAC assure la régulation, la différence étant qu'il ne se stabilise pas au milieu de son intervalle de réglage, mais ailleurs. Si on est trop éloigné de ce milieu de l'intervalle de réglage, une des leds rouges pourrait finir par s'allumer.

Fonctionnement de la SUART

Le logiciel UART, ou encore SUART (software UART), fonctionne pour la réception des informations NMEA des satellites ou le protocole TSIP à 2400 8N1 bps en provenance du Trimble, comme suit. Les données du Trimble sont envoyées à la deuxième broche d'interruptions externes du contrôleur, via un adaptateur de niveau constitué d'un FET BS170. Cet adaptateur de niveau est nécessaire car le contrôleur a un pull up interne à 5 Volts, ce qui ne convient peut-être pas à la logique à 3,3 Volt du Trimble. Un flanc descendant d'un bit de start des données entrantes asynchrones produit une interruption. La routine d'interruption initialise alors le compteur teller_1 du contrôleur sur la demi durée de bit, démarre le compteur, initialise à 9 un compteur de bits et se met aussi elle-même hors service. Elle ne réagit donc plus aux interruptions produites par les autres flancs descendants des caractères reçus.

Le compteur qui a été démarré, donne, après la demi durée de bit du bit de start du signal NMEA ou TSIP, une interruption de dépassement d'un timer. Dans le traitement de l'interruption du dépassement du compteur teller_1, celui-ci est alors réinitialisé sur la largeur totale du bit, le compteur de bits est décrementé de 1, le niveau du signal à la broche d'interruption externe est enregistré et shifté vers la droite dans un byte de mémorisation. En outre, on vérifie si le compteur de bits est descendu à 0. Si oui, alors le neuvième bit est reçu (le bit de start est compté avec), et de ce fait, le bit de start est éliminé. Le compteur se met alors de lui-même hors service et autorise à nouveau les interruptions externes, mais seulement juste après avoir abaissé le drapeau des interruptions externes en attente du fait des flancs des lettres. Cette UART nécessite donc un compteur, une broche d'interruption externe et les deux routines correspondantes pour le traitement des interruptions. Pour le reste, cela fonctionne sans problème.

On peut aussi envoyer des commandes au Trimble. Cela se fait via une simple broche de sortie et un adaptateur de niveau, car les niveaux logiques du Trimble sont différents. Le Trimble peut notamment, mais pas automatiquement, fournir aussi des données sur demande. Il est important de noter que l'on n'utilise pas de bit de parité comme dixième bit, cela peut en effet donner à nouveau un flanc qui pourrait être pris pour un bit de start. Ce n'est évidemment pas comme cela car dans le cas du réglage d'usine du Trimble, on a 8 bits avec parité impaire et un bit de stop. Cela peut être modifié en envoyant une commande appropriée au Trimble.

Les données qui arrivent sur base d'une interruption peuvent donc être acceptées, mais pas traitées directement. A cet effet, elles sont placées dans un buffer en anneau de 32 caractères de longueur. Lorsque celui-ci déborde, un message d'alerte de dépassement est envoyé à l'afficheur. En fait, tout est prévu pour que cela n'arrive pas. Maintenant, il est possible de donner au Trimble un ordre de modification de sa vitesse de transmission en bauds.

Mais alors, à partir de ce moment, plus aucune communication n'est possible avec le Trimble, car la vitesse de transmission de l'interface contrôleur-Trimble est fixée à 2400 bauds dans le programme du contrôleur; et ce pour la raison qu'à 9600 bauds, il y a beaucoup de gigue indésirable sur la vitesse à cause des interruptions actives, et aussi parce que dans ce cas, le buffer de réception nécessite quatre fois plus d'espace mémoire.

Daar is als volgt voor gezorgd. Door het plaatsen van een jumper worden de interrupt enable vlaggen van de seriële RS232 en de software UART uitgeschakeld en er draait dan een superkort programma dat de RS232 inputpen leest en dat niveau op de SUART outputpen zet en vervolgens het SUART inputpen niveau neemt en dat overzet op de RS232 outputpen van de controller. Dat is een korte lus, dat gebeurt 276000 keer per seconde bij een processorklok van 12 MHz. Elk bit van 2400 bps wordt dus wel 115 keer bemonsterd, wat een jitter van minder dan 1 % geeft of slechts 4 % bij 9600 baud. En zo kun je direct met de Trimble converseren met de op mijn website of die van de UBA te vinden programma's iQ_Chat.exe en iQ_Monitor.exe van Trimble. Je kunt dan bijvoorbeeld ook de output van de Trimble op NMEA zetten, en het op internet te vinden plotprogramma visualGPS op je PC gebruiken, om al dat fraais dat dat biedt eens te bekijken. Het is een betaald programma tegenwoordig, maar je mag het een tijdje gratis gebruiken. De makers zijn misschien ex- drugsdealers, of hebben hun verkoopmethodiek daarvan afgekeken, je weet het niet.

Dat onmiddellijke communiceren wordt gedaan middels het plaatsen van een jumper die poot P1.5 op pen 6 van de processor naar aarde kortsluit. Zo kan men met iQ_Monitor op de op de RS232 aansluiting aangesloten PC kiezen of er altijd per seconde pulsen worden gegeven, dan wel uitsluitend als ze nauwkeurig zijn doordat de satellietsignalen verwerkt worden, wat uiteraard de bedoeling is. Ook kun je kiezen welke van de beschikbare records die de ontvanger automatisch kan afgeven, qua format worden afgegeven, en er kan worden gekozen voor andere protocollen dan het binaire TSIP. Er moet ook gekozen worden voor 8 bits no parity 2400 Bd. Je kunt de instellingen ook in flashgeheugen van de Trimble zetten, zodat wegvallen van de batterij voor het RAM niet voor problemen zorgt. iQ_Monitor is geschikt voor Windows 95/98/2000 en XP. Ik bedreef het via een compoort met XP, maar nu weigert hij dat, vermoedelijk omdat er security updates door Microsoft mij door de keel gewrongen zijn. Maar geen man overboord, de pakketten voor instelling en bewaren in flash zijn nu ook in de controller gezet en die worden automatisch bij opstarten naar de Trimble gestuurd en daar in battery backed up RAM gezet. Als de EEPROM inhoud niet deugt blijktens de checksum (bij de eerste keer opstarten dus), wordt er tevens een commando aan de Trimble gegeven om de doorgezonden info in flash te zetten, zodat die ook zonder battery backup gehandhaafd blijft.

De NMEA berichten

NMEA is een gestandaardiseerd protocol, voor diverse navigatie-apparatuur. Het wisselt gegevens uit in printable ASCII karaktercode. Elk record begint met \$ en eindigt met * gevolgd door een 8 bits checksum die hexadecimaal wordt weergegeven plus carriage-return linefeed. Alle velden van een record zijn gescheiden door komma's, de kommagescheiden velden kunnen leeg zijn.

De berichten die de Trimble ontvanger af kan geven hebben qua samenstelling een overlap. In de geografische positie van onze apparatuur zijn we niet in geïnteresseerd, noch in de snelheid van de ontvanger, want daar gaan we niet mee gooien. Waar we wel in geïnteresseerd zijn: de satellietvolgnummers die ontvangen worden en gebruikt worden bij de berekening van de tijd; de weekdag en tijdgroep om als UTC op het schermje te zetten; voorts een kwaliteitsbeoordeling van de berekende data en zelfdiagnostiek van de ontvanger.

UTC

Je hebt de atoomtijd TAI, en UTC. De laatste werd vroeger GMT genoemd. De seconden van beide duren even lang, maar de UTC heeft af en toe een correctie, omdat de aardbol niet regelmatig draait. Dat is niet te verwaarlozen. Plutarchus beschreef de zonsverduistering van 20 maart in het jaar 71 met tijd en plaats en aan de hand van die beschrijving kunnen we terugrekenen dat de aardbol inmiddels meer dan 6 uur achterloopt, door het almaar trager draaien van de aarde om haar as. Dat komt bijvoorbeeld door eb- en vloedbewegingen van de oceanen, en ook kneden van de aardbol zelf door aantrekkingskracht van maan en zon, die door wrijving rotatieverlies van de aarde veroorzaken.

Il est possible de commander le trimble avec un PC, via l'interface RS232 pour des modifications ou pour tester des paramètres. La méthode pour cela est la suivante. En plaçant un cavalier, on abaisse les drapeaux d'autorisation des interruptions de l'interface série RS232 et de la SUART et on lance un très petit programme qui lit le niveau de la broche d'entrée du RS232, place ce niveau sur la broche de sortie de la SUART et ensuite, transfère le niveau d'entrée de la SUART sur la broche de sortie RS232 du contrôleur. C'est une courte boucle qui se répète 276000 fois par seconde au rythme de l'horloge à 12 MHz du processeur. Chaque bit des 2400 bits par seconde est donc bien échantillonné 115 fois, ce qui donne lieu à une gigue de moins de 1 % ou seulement 4 % à 9600 bauds.

On peut ainsi converser directement avec le Trimble à l'aide des programmes iQ_Chat.exe et iQ_Monitor.exe de Trimble, disponibles sur mon site ou sur celui de l'UBA. On peut alors, par exemple, mettre aussi la sortie du Trimble sur NMEA, et utiliser sur le PC le programme d'impression visualGPS disponible sur internet, pour examiner tout cela. Ce programme est aujourd'hui payant, mais on peut l'utiliser gratuitement pendant un certain temps.

Cette communication directe se fait en plaçant un cavalier qui met à la masse la broche 6 (P1.5) du processeur. On peut ainsi voir sur le PC, avec le programme iQ_Monitor, s'il y a toujours des impulsions par seconde, ou alors uniquement lorsqu'elles sont précises du fait du traitement des signaux satellite, ce qui est évidemment le but. On peut aussi choisir le format des données que le récepteur peut fournir automatiquement. On peut aussi opter pour d'autres protocoles que le protocole binaire TSIP. Il faut aussi choisir 2400 Bd à 8 bits sans parité. Il est aussi possible de stocker les paramètres dans la mémoire flash du Trimble, une panne de la batterie RAM ne posera alors pas de problème. iQ_Monitor est compatible avec Windows 95/98/2000 et XP. Je le pilotais via un port com avec XP, mais maintenant, cela ne fonctionne plus, probablement suite à des mises à jour de sécurité de Microsoft. Pas de panique cependant, les paquets pour réglages et conservation dans la mémoire flash sont maintenant aussi stockés dans le contrôleur, et lors du démarrage, ceux-ci sont automatiquement envoyés au Trimble où ils sont stockés dans la RAM. Si le contenu de l'EEPROM n'est valable selon la checksum (lors du premier démarrage donc), une commande est envoyée au Trimble pour placer les informations dans la mémoire flash de façon à pouvoir les conserver sans battery backup.

Les messages NMEA

NMEA est un protocole standardisé pour divers appareils de navigation. Il transforme les données en caractères ASCII imprimables. Chaque enregistrement commence avec le signe \$ et se termine avec le signe * suivi par un checksum de 8 bits en hexadécimal plus un CR LF. Tous les champs d'un enregistrement sont séparés par des virgules, un champ pouvant être vide.

Les messages fournis par le récepteur du Trimble se chevauchent au point de vue composition. La position géographique de notre appareil ainsi que sa vitesse ne nous intéressent pas. Ce qui nous intéresse, ce sont: les numéros d'ordre des satellites qui sont reçus et utilisés pour le calcul du temps, le jour de la semaine et le groupe de temps pour l'affichage de l'UTC ainsi qu'une évaluation de la qualité des données calculées et l'autodiagnostic du récepteur.

UTC

On distingue le temps atomique TUI et le temps UTC, autrefois appelé temps GMT. Dans les deux cas, les secondes ont la même durée, mais le temps UTC subit de temps à autre une correction du fait de l'irrégularité de la rotation de la terre. Ce n'est pas négligeable. Plutarque avait décrit l'éclipse de soleil du 20 mars de l'an 71, en précisant le temps et le lieu. Grâce à cette description, on peut calculer que la terre, de par le ralentissement de sa rotation autour de son axe, a entre-temps accumulé un retard de 6 heures. Ce ralentissement de la rotation de la terre provient entre autres, des mouvements des marées des océans ainsi que de l'influence gravitationnelle de la lune et du soleil sur la terre elle-même.

Als je maar lang genoeg wacht duurt de dag een jaar, zoals bij de maan naar rato reeds het geval is. Die keert immers haar gezicht steeds naar de aarde toe zonder rotatie die anders is dan de omlooptijd om de aarde, anders zou je af en toe maans billen zien.

Die UTC wordt daarom regelmatig bijgesteld met een leap second (schrikseconde). Dat kan 4 keer per jaar gebeuren aan het einde van elk kwartaal. Sinds de invoering van UTC is er al ruim verschil (25 s) met de gecoördineerde atoomtijd TAI, die zich daar niks van aantrekt. De GPS tijd is gelijk gezet aan de UTC in 1980 en die loopt inmiddels 17 seconde voor op de UTC. De tijdpackets van de Trimble melden de GPS tijd en de correctie om de UTC daaruit te kunnen bepalen. Die staat nu op het moment dat ik dit schrijf, en dat is februari 2015, op 17 seconde. Het verloop tussen TAI en UTC is ongeveer 1 seconde per anderhalf jaar. Maar van 2002 tot 2006 verliep het veel langzamer. Aangekondigd is dat er op 1 juli 2015 weer een seconde bijkomt.

Het verschil om uit de GPS tijd de UTC te berekenen wordt door de satellieten aangeleverd, dus daar zijn geen zorgen over. Aanvankelijk berekende ik de UTC op de display middels die gegevens uit de GPS tijd, maar de ontvanger is ook in staat direct de UTC te leveren, doordat die hem zelf berekent. Omdat de controller wat weinig geheugen heeft voor dit project komt me dat wel goed uit. (wordt vervolgd)

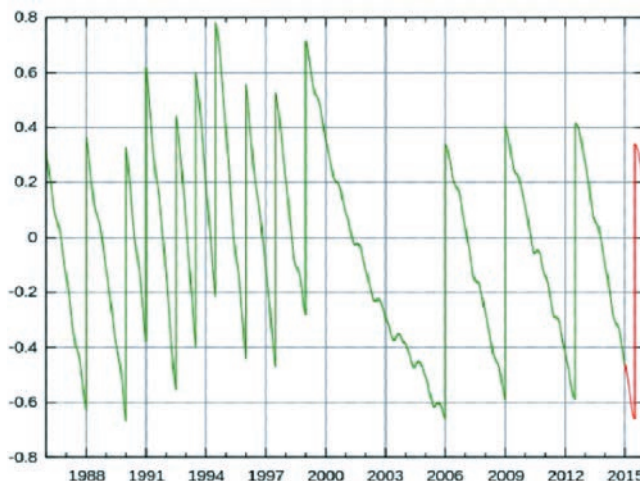


Fig. 10

le temps UTC en 1980 et il est depuis 17 secondes en avance sur le temps UTC. Les paquets de temps du Trimble donnent le temps GPS et la correction pour en déduire le temps UTC. Au moment où j'écris cet article (février 2015), cette correction est de 17 secondes. Le décalage entre TAI et UTC est d'environ 1 seconde par semestre. Mais entre 2002 et 2006, ce décalage a été moins grand. On a annoncé une nouvelle seconde intercalaire pour le 1er juillet 2015.

La correction à effectuer sur le temps GPS pour calculer le temps UTC est fournie par les satellites, il n'y a donc pas de problème avec cela. Avant, je calculais le temps UTC pour l'affichage au moyen des données du temps GPS. Comme le récepteur calcule et fourni directement ce temps UTC et que le contrôleur a peu de mémoire pour ce projet, cette dernière solution a ma préférence. (à suivre)

Si on attend suffisamment longtemps, un jour durera un an, comme c'est déjà le cas pour la lune; celle-ci tourne en effet toujours la même face vers la terre, ce qui est dû au fait que sa période de rotation sur elle-même est égale à sa période de rotation autour de la terre.

C'est pourquoi on effectue régulièrement une correction du temps UTC au moyen d'une seconde intercalaire. Cela peut arriver 4 fois par an, à la fin de chaque trimestre. Depuis l'introduction du temps UTC, il y a déjà un bon décalage (25 s) avec le temps atomique coordonné TAI. Le temps GPS a été accordé sur