

Hoofdstuk 2: GLOBAL POSITIONING SYSTEM

2.1. Inleiding

Het 10 Mhz ijsignaal dat we via de glasvezel dienen te versturen, over het luchthaven-terrein EBBR, wordt door een GPS-ontvanger gegenereerd. Omwille hiervan volgt er hieronder een beschrijving van het Global Positioning System (GPS). Allereerst zullen we de geschiedenis van de GPS bespreken, waarna de principiële werking ervan zal uitgelegd worden. Tot slot van dit hoofdstuk bespreken we de door ons gebruikte GPS-ontvanger, namelijk de GPS 800 van Radiocode Clocks Ltd.

2.2. De evolutie van GPS

GPS werd initieel ontworpen als een militair navigatiesysteem voor de plaatsbepaling in de reële tijd. Het principe van satellietnavigatie gaat terug tot begin de jaren '60, met het Navy System TRANSIT. Daar dit systeem ver van ideaal was heeft men in 1973 het NAVSTAR Global Positioning System gecreëerd. Dit systeem werd ontwikkeld door de militairen om gedurende 24 uren een driedimensionale positiebepaling onder alle weersomstandigheden mogelijk te maken. Later werd het, omwille van commerciële redenen, ook mogelijk voor de civiele gebruiker om van de NAVSTAR GPS gebruik te maken. Maar dan wel met een kleinere nauwkeurigheid dan voor de militairen.

2.3. Principiële werking.

Met behulp van GPS is een driedimensionale positie- en snelheidsbepaling mogelijk. Daarnaast is er eveneens een nauwkeurige vaststelling van de tijd mogelijk en dit op of in de nabijheid van de aarde op gelijk welk moment.

Een configuratie van 24 satellieten (Space Vehicles, SV) geeft de mogelijkheid tot een wereldwijde en continue navigatie. Hiertoe zenden de satellieten radiosignalen uit zodanig dat de GPS - ontvangers hiermee berekeningen kunnen maken van enerzijds de tijd en anderzijds de relatieve snelheid tussen een satelliet en de gebruiker. Op deze manier kan de gebruiker zijn positie bepalen.

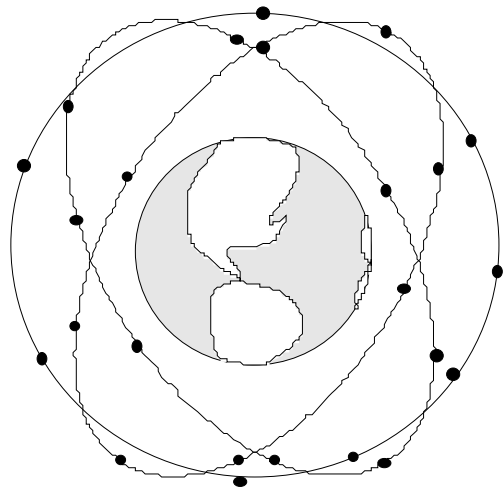
2.3.1. GPS configuratie

Het GPS systeem bestaat uit 3 segmenten :

- a) *het Controle Segment (CS)*
- b) *het Space Vehicle Segment (SVS)*
- c) *het User Segment (US)*

Het *Controle Segment (CS)*, dat zich bevindt op de aarde, onderhoudt de verschillende satellieten en is in staat om er gegevens mee uit te wisselen. Het CS is verantwoordelijk voor het tracken, de monitoring, het herpositioneren en het updaten van alle satellieten met de precieze locatie- en tijdsinformatie.

Het *Space Vehicle Segment (SVS)* bestaat uit een configuratie van 24 satellieten (fig.2.1), zodat er steeds minimum 6 satellieten zichtbaar zijn voor elke ontvanger op de aarde. Deze 24 satellieten zijn gelegen in drie orbitaalvlakken, ieder gekenmerkt door een inclinatiehoek¹ van 63°. Deze satellieten wentelen nagenoeg in cirkelvormige banen op een hoogte van ongeveer 16.020 km, hierdoor bedraagt hun omlooptijd 12 siderale uren².



figuur 2.1.: configuratie van de GPS-satellieten

¹ De inclinatiehoek is de hoek die het baanvlak van een hemellichaam maakt met de aardbaan of de snijding van het vlak van de aardbaan met de hemelbol

² De siderale tijd is afgeleid uit de dagelijkse beweging van de aarde en stemt overeen met 23u56'04"128 universele tijd.

De satellieten zenden hun signalen op twee frequenties uit, die met elkaar in fase gemoduleerd zijn (Phase Shift Keying: PSK), namelijk op de draaggolven $L_1 = 1575,42$ MHz en $L_2 = 1227,60$ MHz. Deze signalen bevatten digitale informatie waaruit de gebruiker het tijdstip kan berekenen wanneer ze uitgezonden werden, evenals de positie van de satelliet. Wanneer de gebruiker ook het tijdstip van ontvangst kent, zou hij theoretisch zijn afstand tot de satelliet kunnen berekenen.

Om de bovenstaande signalen te kunnen ontvangen moet de gebruiker over een GPS-ontvanger beschikken, ook *User Segment (US)* genoemd. In ons geval is dit de GPS 800 van Radiocode Clocks Ltd., deze wordt verder in dit hoofdstuk nog besproken.

2.3.2. Het navigatieprobleem

Wanneer de gebruiker de afstand tot drie satellieten kent, zou hij moeten in staat zijn om zijn positie te bepalen. Hierbij doet zich echter het probleem voor dat we werken met drie segmenten, waardoor we dus te maken hebben met drie verschillende tijden: namelijk de CS tijd(= GPS tijd), de SV tijd en de US tijd. Daar de US tijd niet onder controle van het CS staat is het verschil tussen de US- en de GPS-tijd een onbekende. Hierdoor is de positie van een gebruiker in het GPS systeem een functie van vier onbekende posities t.o.v. de aarde, en van de US tijd. De gebruiker moet hiervoor dus over gegevens van een vierde satelliet beschikken (fig. 2.2), om het stelsel van vier vergelijkingen met vier onbekenden te kunnen oplossen.

$$[\bar{X}_A - \bar{X}_0]^2 = C^2 (T_S - T_A)^2$$

$$[\bar{X}_B - \bar{X}_0]^2 = C^2 (T_S - T_B)^2$$

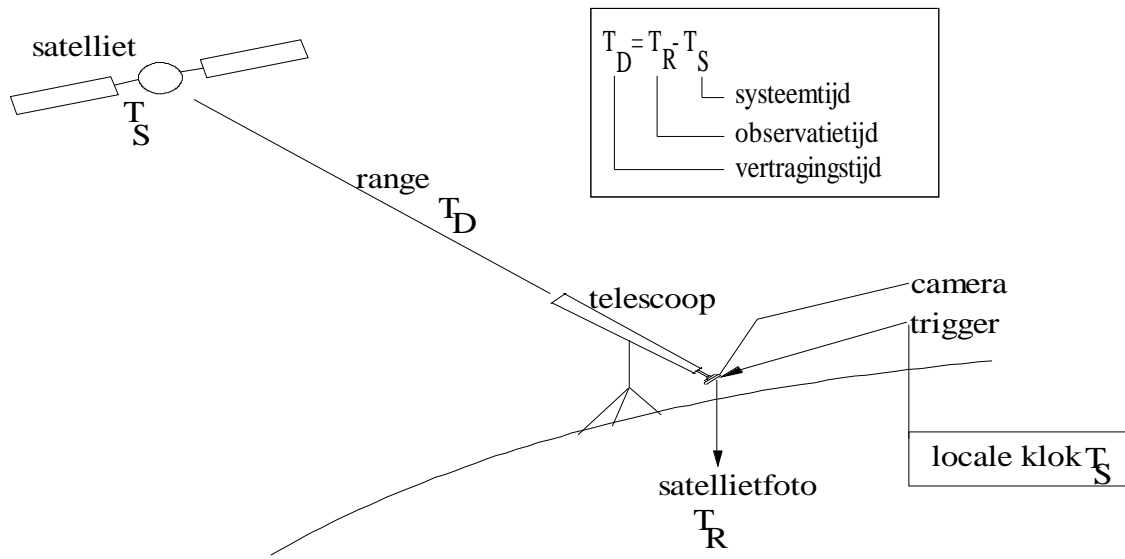
$$[\bar{X}_C - \bar{X}_0]^2 = C^2 (T_S - T_C)^2$$

$$[\bar{X}_D - \bar{X}_0]^2 = C^2 (T_S - T_D)^2$$

Met: $\bar{X}_0 =$ de positievector (x_0, y_0, z_0) van US

$\bar{X}_A, \bar{X}_B, \bar{X}_C, \bar{X}_D =$ de positievectoren van de vier satellieten, berekend uit de ontvangen data van de satellieten

$T_S =$ de systeemtijd



figuur 2.2.: multisatelliet klok timing en positiemeting

Door gebruik te maken van de bovenstaande systeemconfiguratie elimineert men de vereiste van een precieze lokale klok. Hierdoor is een real-time positiemeting mogelijk, namelijk door de vier metingen te gebruiken om de vier vergelijkingen met vier onbekenden (x_0, y_0, z_0, T_S) op te lossen. Door een simultane volgen van vier satellieten zijn de volgende parameters gekend: T_A, T_B, T_C, T_D en $\bar{X}_A, \bar{X}_B, \bar{X}_C, \bar{X}_D$

Wanneer men echter de afstand van de gebruiker tot het SV berekent zonder de hierboven aangehaalde tijdscorrectie, spreekt men van de pseudo-afstand (PR, Pseudo-Range) van de gebruiker tot het SV:

$$R = C \times Dt \quad \text{met} \quad \begin{array}{l} R = \text{de pseudo-range} \\ C = \text{de lichtsnelheid} \\ Dt = \text{de transitietijd van het signaal.} \end{array}$$

Om uit deze pseudo-afstand de juiste afstand tot de SV te kunnen berekenen moeten er correcties doorgevoerd worden voor o.a. :

- SV tijdsverschillen.
- US tijdsverschillen.
- ionosferische vertragingen.³

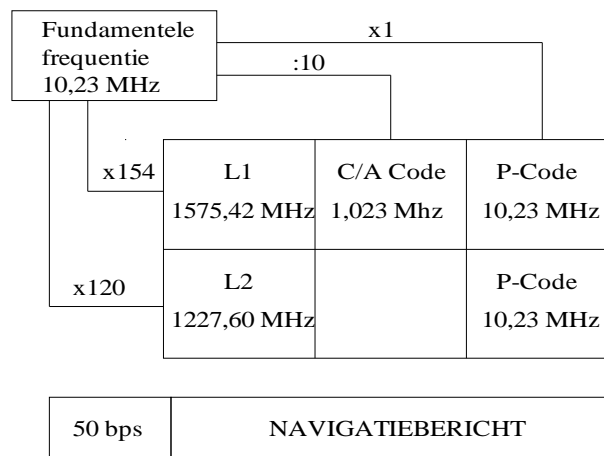
³ ionosferische vertragingen: vertraging van de signalen door botsingen met deeltjes in de atmosfeer

2.3.3. GPS signaalstructuur

Iedere satelliet zendt twee draaggolven, waarop de navigatiesignalen (PRN-codes of Pseudo Random Noise code) en het navigatiebericht gemoduleerd zijn, uit. Uit een basisfrequentie van 10,23 MHz worden, door vermenigvuldiging, deze twee draaggolven gegenereerd, behorende tot de L-band (fig. 2.3):

$L_1 : 154 \times 10,23 \text{ Mhz} = 1575,42 \text{ Mhz}$ (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** 19,05 cm)

$L_2 : 120 \times 10,23 \text{ Mhz} = 1227,60 \text{ Mhz}$ (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** 24,45 cm)



figuur 2.3.: *elementen van het GPS-sigtaal*

De PRN-codes, gemoduleerd op deze draaggolven, bestaan uit een "Standaard Code" en een "Precisie Code". De Standaard Code, ook wel S of C/A-code (Course/Acquisition) genoemd, wordt gekenmerkt door een frequentie van 1,023 MHz (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** 293,1 m) en heeft een cyclustijd van 1 ms. De Precisie Code (P-code) heeft een frequentie van 10,23 MHz. (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** 29,31 m) en een cyclustijd van nagenoeg 267 dagen (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** $2,354 \cdot 10^{14}$ bits).

De L_1 -draaggolf wordt door beide codes gemoduleerd, terwijl gedurende de normale operaties de L_2 -draaggolf enkel door de P-code wordt gemoduleerd. Het navigatiebericht wordt op beide draaggolven gemoduleerd aan een snelheid van 50 bps. De navigatienauwkeurigheid geboden door de S-code, wordt de Standard Positioning Service (SPS) genoemd. De Precise Positioning Service (PPS) stemt overeen met het gebruik

van de P-code, die voorbehouden is voor militair gebruik en voor geselecteerd civiele gebruikers.

De structuur van beide signalen luidt:

$$S_{L1}(t) = A_p \cdot P^i(t) \cdot D^i(t) \cdot \cos(\omega_1 t + \phi) + A_s \cdot S^i(t) \cdot D^i(t) \cdot \sin(\omega_1 t + \phi)$$

$$S_{L2}(t) = B_p \cdot P^i(t) \cdot D^i(t) \cdot \cos(\omega_2 t + \phi)$$

met: A_p, B_p = amplitude van de P - code

$P^i(t)$ = P - code met status +1 of -1

$D^i(t)$ = datastroom van het navigatiebericht

A_s = amplitude van de S - code

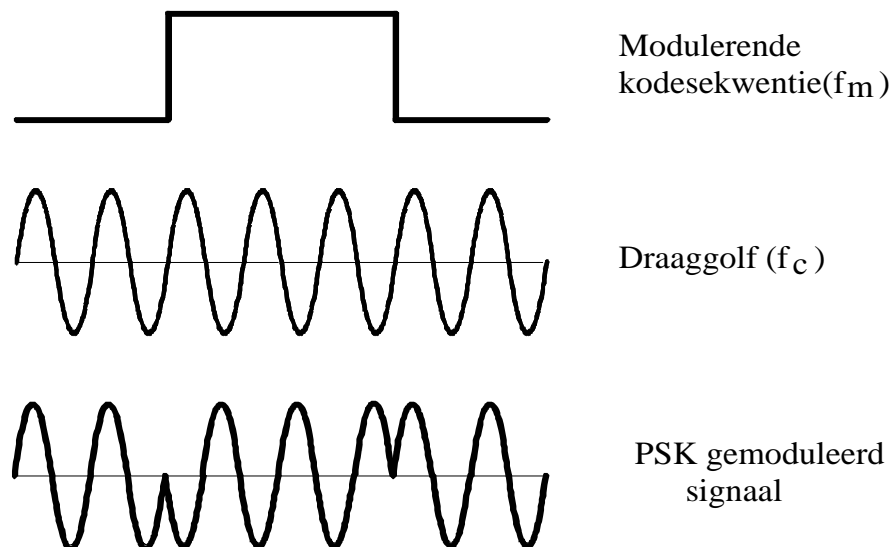
$S^i(t)$ = S - code met status +1 of -1

$\cos(\omega_j t + \phi)$ = de drager (j index voor L_1 of L_2)

i = index voor de stabiliteit

2.3.3.1. Modulatie

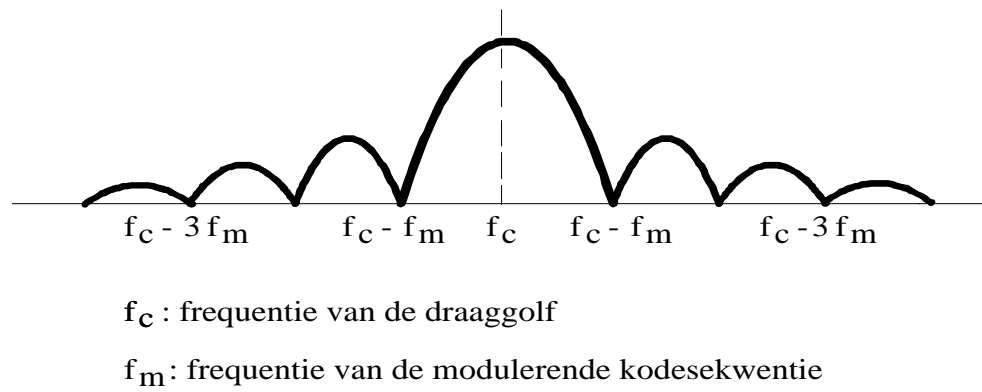
Het principe van de modulatie wordt in de onderstaande figuur geïllustreerd.



figuur 2.4.: principe van modulatie

2.3.3.2. Het spectrum van het gemoduleerd signaal

Het spectrum van het door het SV uitgezonden signaal is "uitgespreid" over een zeer grote frequentieband ("spread spectrum"), volgens het " $\sin x / x$ " patroon (fig. 2.5).



figuur 2.5.: spectrum van het PSK gemoduleerd signaal

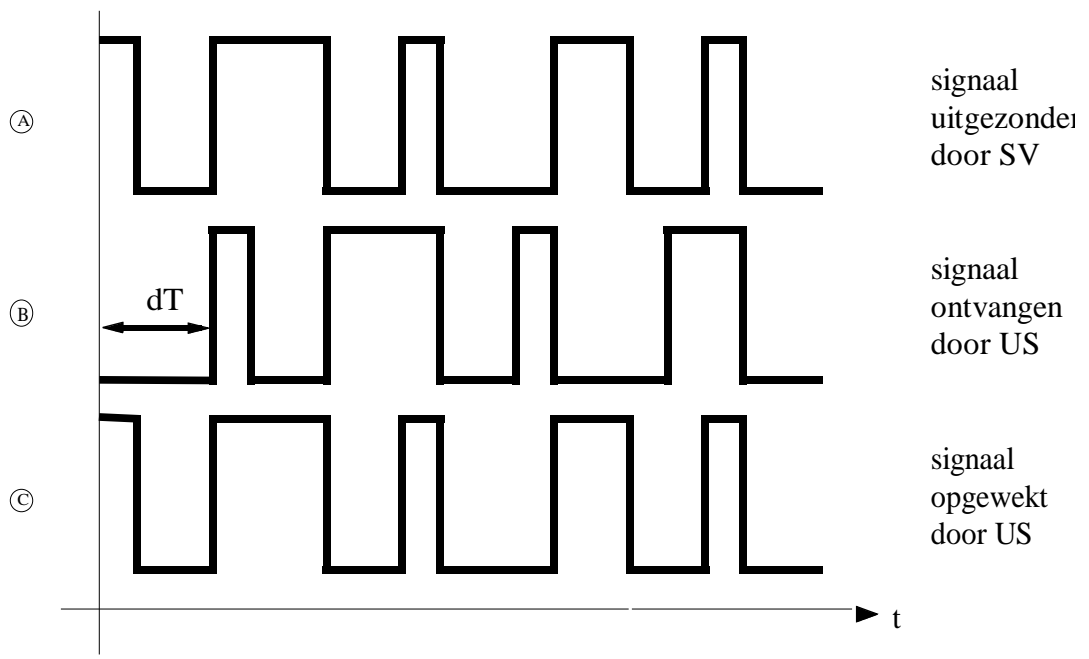
Het gebruik van het bovenstaande "spread spectrum" principe heeft de volgende voordelen:

1. *selectieve adressering*: wanneer men op een SV afstemt door middel van de PRN codes, eigen aan dat SV, wordt men niet gestoord door andere zenders.
2. *afstandsbepaling met hoge resolutie*: met dit principe is een afstandsbepaling met een nauwkeurigheid van ongeveer 10 m mogelijk.
3. *rejektie van ongewilde en opzettelijke interferentie*: een "jammer", die een gedeelte van het $\sin x / x$ signaal stoort, wordt geneutraliseerd door het spectrum van het systeem zelf.

2.3.3.3. Het gebruik van de codes

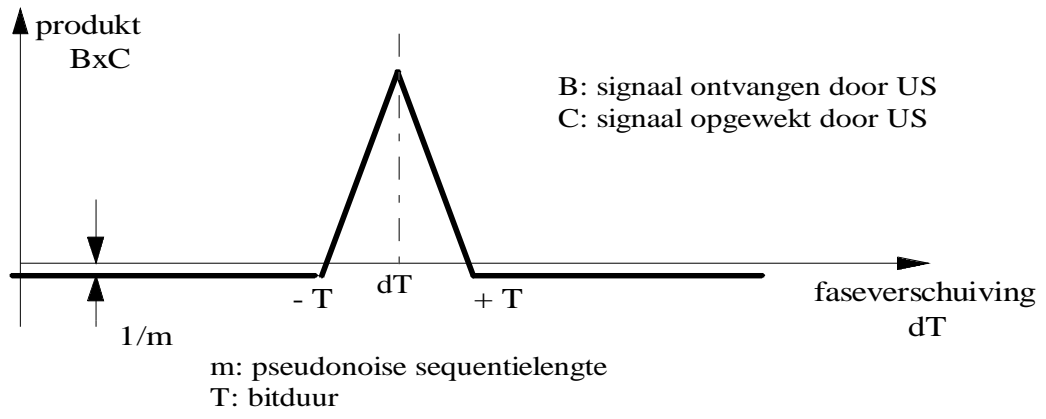
De S-code en de P-code openen de weg om de looptijd van het signaal tussen de satelliet en de ontvangstantenne te bepalen. Door de kennis van het algoritme waarmee de PRN-codes gegenereerd worden, dit is een complexe sequentie van digitale waarden (bits), creëert de ontvangstelektronica een kopie van de S- of P-code (fig. 2.6). Steunende op de hoge graad van autocorrelatie en de ongevoeligheid voor crosscorrelatie van deze PRN-codes kan de ontvanger, na de verwezenlijking van de correlatie⁴, het satelliet signaal detecteren, demoduleren en scheiden in haar samenstellende delen.

⁴ Correlatie is een maat voor de graad van afhankelijkheid tussen twee signalen. Men spreekt van autocorrelatie wanneer een signaal vergeleken wordt met alle cyclische permutaties van zichzelf. Bij crosscorrelatie wordt een signaal vergeleken met een ander signaal.



figuur 2.6.: meting van de signaallooptijd

De correlatie wordt bekomen door het signaal door de gebruiker ontvangen (fig. 2.6,b), te vermenigvuldigen met het signaal opgewekt bij de gebruiker (fig. 2.6,c) en in fase met het signaal opgewekt in het SV (fig. 2.6,a). De faseinformatie van het signaal opgewekt in het SV wordt bekomen uit het navigatiebericht. Het resultaat van deze vermenigvuldiging in functie van de faseverschuiving is afgebeeld in de onderstaande figuur.



figuur 2.7.: correlatiediagram

Men verandert in de ontvanger de fase van het signaal C tot in de correlator de piek van figuur 2.7. gedetecteerd wordt. De faseverandering om die piek te bekommen stemt overeen met dT . De maat van deze verschuiving gemeten op de ontvangsttijdschaal en vermenigvuldigd met de lichtsnelheid, bepaalt de pseudo-afstand PR tussen de ontvanger en de satelliet.

Bij de bovenstaande uiteenzetting dient echter opgemerkt te worden dat het GPS systeem slechts geheim is zolang de codes geheim blijven.

2.3.3.4. Doelstelling van het navigatiebericht

Om tot een oplossing voor het navigatieprobleem in de reële tijd te komen, moeten de satellietposities onmiddellijk ter beschikking staan van de gebruiker. Dit wordt verwezenlijkt door de baaninformatie in een navigatiebericht door te zenden naar de ontvanger. Dit navigatiebericht, dat 1500 bits lang is, wordt verstuurd aan een tempo van 50 bits per seconde.

De GPS gebruiker ontvangt voortdurend navigatieinformatie betreffende de satellieten onder de vorm van databits, gemoduleerd op de draaggolven L_1 en L_2 . Deze informatie, berekend en gecontroleerd door het CS, bevat de tijd van de boordklok en haar correcties ten opzichte van de CS-GPS tijd, de efemeride⁵baanvoorstelling, de almanak en de gezondheidsstatus van iedere satelliet. Deze informatie stelt de gebruiker in staat om de

⁵ Een efemeride is een tabel die de stand van de satelliet voor iedere dag opgeeft

precieze orbieten van iedere satelliet te berekenen, alsook de offset en drift die de boordklok vertoont ten opzichte van de CS-GPS tijd.

De behandeling van al deze gegevens wordt uitgevoerd door de ontvanger processor, die hieronder verder besproken zal worden.

2.4. GPS ontvangers

Allereerst zullen we een bespreking geven van de GPS-ontvangers in het algemeen. En daarna volgt er een gedetailleerde bespreking van de door ons gebruikte GPS-ontvanger, namelijk de GPS 800 van Radiocode Clocks Ltd.

2.4.1. Algemeen

Er zijn op dit ogenblik drie basisontvangstarchitecturen die een verschillende mix van kost en prestaties geven. Een ontvanger moet het signaal van verschillende satellieten verwerken. Dit kan zowel sequentieel als simultaan gebeuren. Een sequentiële ontvanger kijkt achtereenvolgens naar het signaal van verschillende satellieten. Een multi-channel (meer-kanaals) ontvanger beschikt over hardware om een aantal satellieten simultaan in de reële tijd te volgen. Een derde type ontvanger, de gemultiplexte ontvanger, is een kruising van de sequentiële en de multi-channel ontvangers. De sequentiële ontvanger is de eenvoudigste en de goedkoopste in productie maar is ook de minst precieze, vooral in een hoogdynamische omgeving. De multi-channel ontvangers geven de beste resultaten, maar brengen een grotere kost en complexiteit met zich mee. De meeste civiele ontvangers zijn sequentieel vanwege de lage kost.

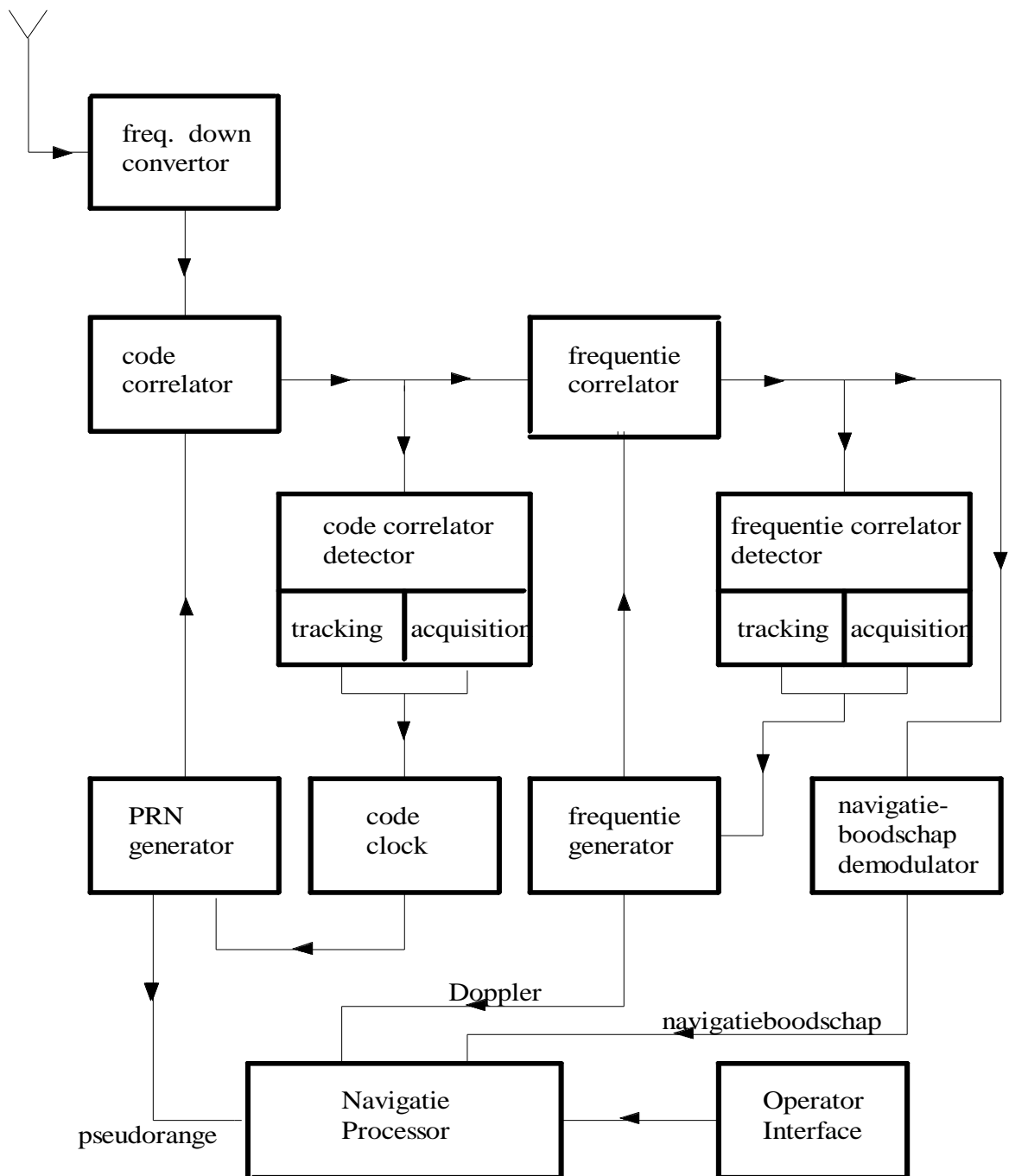
2.4.2. Blokschema

De ontvanger zal tegelijkertijd naar twee karakteristieken van de signalen zoeken:

- 1) de fase van het binnenkomend PRN-signaal, waaruit men de pseudo-afstand bepaald.
- 2) de frequentie en de fase van het binnenkomend signaal. Hieruit kan men de dopplerverschuiving⁶ (snelheidsgegevens) halen.

⁶ De dopplerverschuiving is een verschuiving in het spectrum tengevolge van het dopplereffect. Dopplereffect is het verschijnsel dat het trillingsgetal (getal dat het aantal trillingen per tijdseenheid

In de onderstaande figuur is het blokschema getekend van het algemeen principe van een GPS-ontvanger.



figuur 2.8.: blokschema van het principe van een GPS-ontvanger

aangeeft, m.a.w. een frequentie) en de golflengte van de door de bron uitgezonden trillingen zich schijnen te wijzigen als die bron zich t.o.v. de waarnemer verplaatst.

Zolang de "code correlator detector" de piek van het correlatiediagram (fig. 2.7) niet gedetecteerd heeft, zal de "code clock" de fase van het in de ontvanger opgewekte PRN signaal verschuiven ten opzichte van het binnenkomende PRN signaal. Dit wordt de acquisitie fase genoemd. Wanneer uiteindelijk deze piek wel ontdekt wordt zal de "code loop" voor het behoud van de synchronisatie zorgen, dit wordt de tracking fase genoemd. Hieruit volgt dan de pseudo-afstand (PR).

De dopplerverschuiving (of de snelheidsverschuiving) daarentegen wordt gehaald uit de frequentie en de fase van het binnenkomend signaal. Deze correlatie bestaat eveneens uit een acquisitie fase en een tracking fase die volgens het zelfde principe verlopen als bij de bepaling van de pseudo-afstand.

Na de twee voorgaande stappen kan de navigatieboodschap gedemoduleerd worden. Uit de pseudo-afstand, de dopplerinformatie en de navigatieboodschap kan tot slot de positie berekend worden door de "navigatie processor".

2.4.3. Strategie in een GPS ontvanger

Zoals we eerder gezien hebben maakt men een onderscheid tussen sequentiële (1-kanaals) en meer-kanaals GPS ontvangers. De strategie van deze twee ontvangers is principieel dezelfde, met als enige verschil dat voor een 1-kanaals ontvanger deze strategie vier maal na elkaar moet herhaald worden.

De strategie in een GPS ontvanger verloopt als volgt:

In een eerste stap wordt de afstand en de relatieve snelheid van de ontvanger ten opzichte van het SV geschat. De schatting van de relatieve snelheid is enkel noodzakelijk in een dynamische omgeving. Vervolgens worden de C/A code generator en de frequentiegenerator gepositioneerd op basis van de informatie uit de eerste stap. In een derde stap verandert men de code fase en de frequentie tot wanneer men een overeenkomst met het binnenkomend signaal gedetecteerd heeft. Hierna wordt dan de P-code generator gepositioneerd aan de hand van de informatie uit de vorige stap. Tot slot wordt dan de P-code op zijn beurt verandert totdat er een overeenkomst gedetecteerd wordt met het binnenkomend signaal. Voor een sequentiële ontvanger dient er nu echter overgeschakeld te worden op een volgende satelliet, waarbij men de voorgaande stappen herhaald.

2.4.4. Radiocode Clocks GPS 800

De GPS 800 is een instrument dat voorzien is van een automatische en opspoorbare bron voor de tijd, frequentie en positie. Dit gebeurt door het verwerken van de ontvangen data van het Global Positioning System (GPS).

Zoals eerder gezien zendt elke satelliet de tijd, de frequentie en de navigatieinformatie uit in twee formaten:

- * P code: wordt niet gebruikt door onze GPS ontvanger
- * C/A code: een code onbeperkt beschikbaar voor iedereen en gebruikt door onze GPS-ontvanger.

De basiseenheid van de GPS 800 kan uitgebreid worden met een hele reeks input en output opties om een volledige tijd- en frequentie management systeem te vormen.

Hieronder volgt een reeks belangrijke specificaties van de door ons gebruikte GPS-ontvanger en van de geïnstalleerde opties. Daarna zullen we dan de principiële werking van deze GPS-ontvanger bespreken. En tot slot zullen we een bespreking geven van de 10 MHz uitgang van de GPS-ontvanger.

2.4.4.1. Specificaties

Bij de GPS 800 ontvanger is een standaard "active omnidirectional quad helix" antenne geleverd, die met een coxaansluiting verbonden is met de basisontvanger. Deze ontvanger maakt gebruik van het GPS L₁ (1575,42 MHz) satelliet signaal en de C/A (1,023 MHz) satellietcode.

Deze GPS ontvanger is een gemultiplexte ontvanger. Hij beschikt namelijk over zes parallelle ingangskanalen, waardoor er zes satellieten tegelijk en continu kunnen gevolgd worden. De data wordt iedere seconde bijgewerkt (update rate = 1 s). Wanneer men op zijn minst één satelliet kan volgen verzekert de fabrikant van deze ontvanger ons een tijdsnauwkeurigheid van beter dan 1µs ten opzichte van de GPS tijd. De maximale operationele snelheid voor deze ontvanger bedraagt 460 m/s (= 1656 km/h), deze ontvanger is dus bruikbaar in een hoogdynamische omgeving.

De GPS 800 ontvanger is gemonteerd in een 19" 2U⁷ rack. Dit rack is uitgerust met een 8x40 character liquid crystal display, waarop men alle gegevens kan aflezen in verband met de positie, de tijd en de frequentie. Deze display kan bestuurd worden met behulp van een toetsenbord met 16 toetsen, waarmee men eveneens de ontvanger kan programmeren. Op het rack zijn er eveneens verscheidene monitoring- en status indicators gemonteerd die de gebruiker in staat stellen de niet werkende functies van de ontvanger te detecteren.

Achteraan is het 19" 2U rack uitgerust met enkele ingangen voor onder andere de voeding en de antenne. Hiernaast zijn er achteraan eveneens conrectoren voorzien die als uitgang moeten dienen, onder andere ook voor het 10 MHz signaal, waarvan wij gebruik zullen maken.

2.4.4.2. Opties

De GPS 800 is uitgerust met een optie die een tijdstabiliteit garandeert, wanneer er geen satellieten zichtbaar zijn, van beter dan 5 μ s per uur. Hiertoe is onze GPS-ontvanger uitgerust met een interne oven verwarmde kristal oscillator die continu bijgesteld wordt ten opzichte van de ontvangen satelliet signalen.

Onze GPS-ontvanger is uitgerust met twee output opties, namelijk een 10 MHz standaard frequentie, die we verder nog zullen bespreken, en een 1 pps pulssnelheid (TTL).

2.4.4.3. Principiële werking van de GPS 800

De basis GPS 800 satelliet gesynchroniseerde tijd en frequentie standaard bestaat uit 6 hoofddelen (fig. 2.9):

1. ontvangstantenne
2. microcomputer controle systeem
3. display en toetsenbord
4. interne oscillator
5. I/O systeem
6. voeding

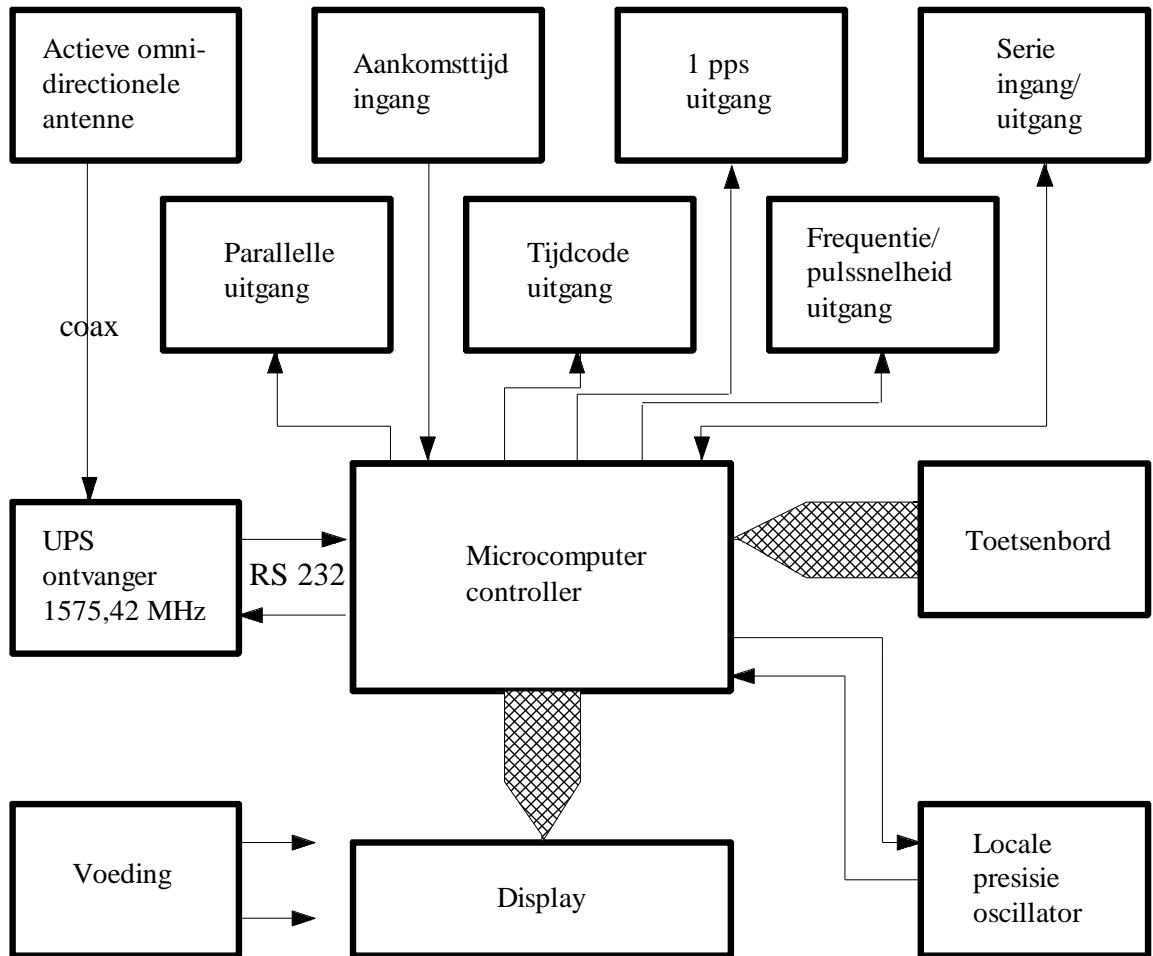
⁷1U is een standaard eenheid voor de hoogte van een rack aan te duiden en meet 44 mm. Een 2U rack heeft dus een hoogte van 88 mm.

Het satelliet signaal wordt ontvangen door een omnidirectionele antenne. Deze antenne bevat een lage ruis voorversterker en via een coax kabel is deze antenne verbonden met het basisinstrument.

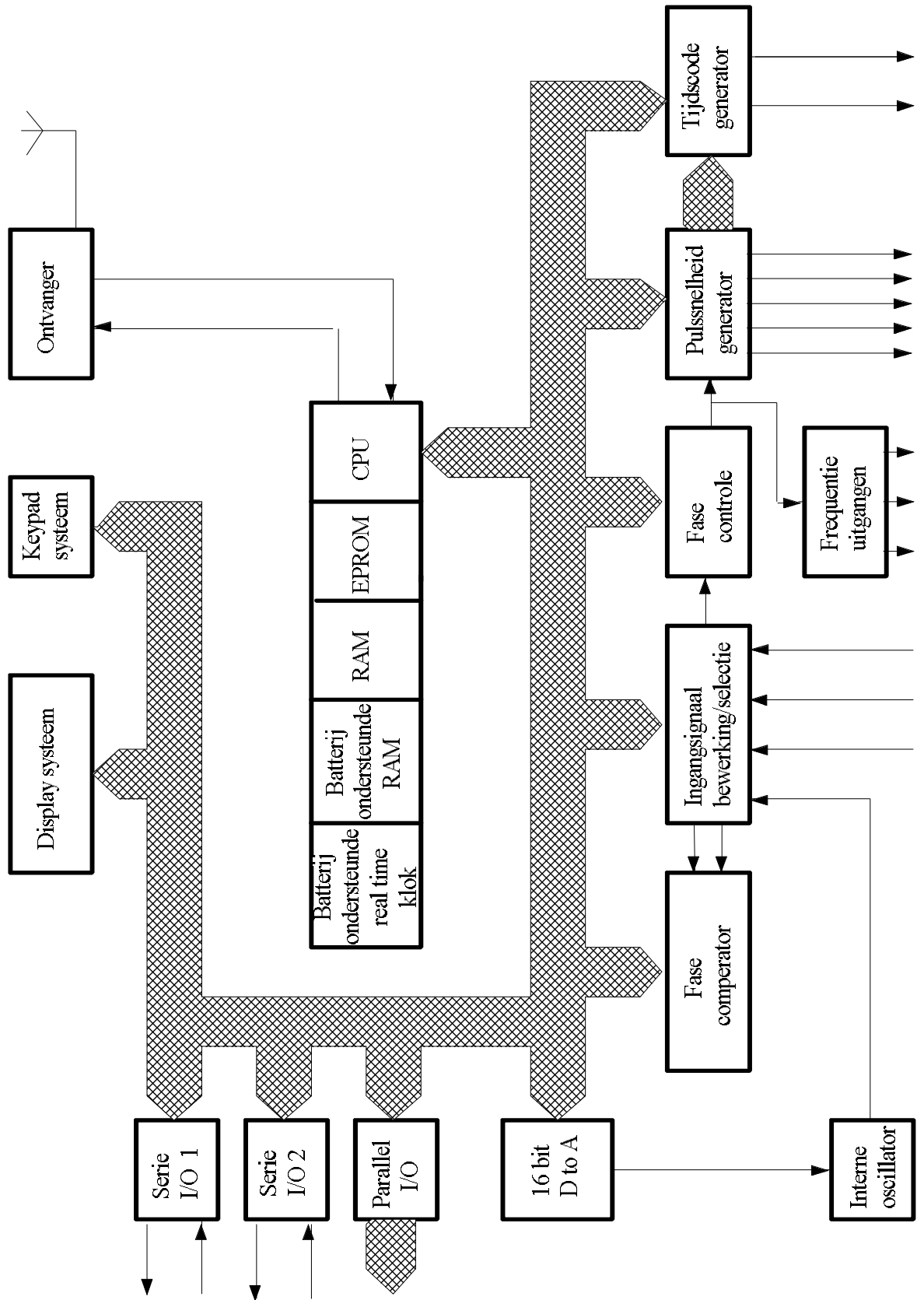
De UPS ontvanger bevat een zes parallel ingangskanaal eenheid die simultaan en continu zes satellieten kan volgen. De ontvangen tijd, positie en status wordt in deze basisontvanger eerst verwerkt en daarna langs een RS232 bidirectionele poort verzonden naar de microcomputer controller. Dit gebeurt samen met het zenden van het 1 PPS signaal dat we verkrijgen uit de data wanneer de ontvanger op zijn minst één satelliet kan volgen.

Het 1 PPS signaal, verzonden door de satellieten, is gealigneerd ten opzichte van de GPS-tijd met een afwijking ten opzichte van de UTC-tijd van een geheel aantal seconden. Deze compensatie wordt automatisch verwijderd in de ontvanger. Hoe dan ook, het ontvangststelsel samen met de antenne en de kabel veroorzaakt een systeemvertraging van ongeveer 350 ns die vervolgens verwijderd moet worden door het controle systeem.

Alle functies geassocieerd met de ingangs- en de uitgangscntrole worden uitgevoerd door een microcomputer systeem die eveneens de data komende van het toetsenbord aanvaard en het liquid crystal panel voorziet van display informatie.



figuur 2.9.: blokdiagramma van de GPS 800



figuur 2.10.: blokdiagramma van de microcomputer

Het microcomputer controle systeem heeft 10 basisfuncties (fig. 2.10):

1. display/toetsenbord controle
2. ontvangstcontrole
3. fasecontrole van de tijduitgang
4. frequentiecontrole van de referentie oscillator
5. fasemeting van externe signalen
6. ingang selectie
7. tijdscode/pulssnelheid generatie
8. serie/parallel I/O controle
9. ingebouwde test/monitoring
10. uitgebreide selectie/controle

Al de controle software voor het microcomputer systeem is behuïsd is een enkelvoudige 512K EPROM , geplaatst op een dual-in-line socket zodat in de toekomst upgrades software kan geïmplementeerd worden door de gebruiker. De batterij ondersteunde RAM en de batterij ondersteunde klok circuit bevatten verscheidene systeem parameters en handhaaft de tijd gedurende de periode wanneer er geen voeding is zodat een her-programmering van het instrument, gedurende de stroomonderbreking, vermeden wordt. Alle signalen zijn beschikbaar voor de gebruiker via een reeks van optische- en DC-DC geïsoleerde I/O interfaces die voorzien zijn van een hoge graad van beveiliging en immuniteit voor elektrische interferenties.

In de meeste gevallen is de GPS 800 uitgerust met een phase-locked precisie oscillator of een externe referentie om de tijd en frequentie te onderhouden wanneer er geen satellieten zichtbaar zijn. De afwijking tijdens deze "vrije werking" is afhankelijk van de gebruikte oscillator, de veranderingen van de omgevingstemperatuur en van de periode met geen zichtbare satellieten. Daarom gebruikt men hiervoor een "ovened crystal oscillator", die een afwijking van 10 μ s per uur geeft.

2.4.4.4. De 10 MHz uitgang

Op het achterpaneel van de GPS 800 is er een coaxiale uitgang voorzien voor een 10 MHz signaal. Het is dit signaal dat wij dienen te distribueren over het luchthaventerrein EBBR via een glasvezelnetwerk. Dit analoog sinusoïdaal signaal heeft een spanningsniveau van 5 V_{pp} .

De fabrikant van deze GPS-ontvanger garandeert ons voor het 10 MHz signaal een minimum frequentienauwkeurigheid van 5×10^{-12} , dit is 50 miljoenste van een hertz, wanneer er minimum één satelliet ontvangen wordt. Als er echter geen satelliet kan gevolgd worden dan garandeert de fabrikant ons toch nog een frequentienauwkeurigheid van minimum 1×10^{-10} , m.a.w. het 10 MHz signaal heeft nog een nauwkeurigheid tot een duizendste van een Hertz. Wanneer er namelijk geen satelliet zichtbaar is beschikt onze GPS-ontvanger nog over een interne oven verwarmde oscillator die deze nauwkeurigheid na 30 dagen nog garandeert. Indien er dan opnieuw een satelliet zichtbaar is wordt deze oscillator bijgesteld met de ontvangen signalen van deze satelliet, zodat er een grotere nauwkeurigheid kan gegarandeerd worden. Al deze informatie kan men aflezen op de display voorzien aan de voorkant van de GPS 800, scherm 3 geeft ons namelijk de frequentie status. Dit scherm toont ons belangrijke frequentie en fase controle parameters die gebruikt worden om de precieze frequentie uitgang te berekenen en te genereren uit de satelliet signalen.

Voor de GPS 800 bestaat er een keuze uit twee interne onverwarmde kristal-oscillatoren, namelijk XTAL_2 voor algemeen gebruik en XTAL_1 voor hoge prestatie toepassingen. De GPS ontvanger waarover wij beschikken is uitgerust met een XTAL_1 oscillator. Deze kristaloscillator wordt continu gecontroleerd door het microcomputer-systeem via een digitale derde orde phase-locked loop (PLL). Een 16-bit D/A schakeling wordt gebruikt om een fijne frequentie controle spanning te genereren, welke in stand gehouden wordt zelfs wanneer er geen satellieten zichtbaar zijn. Daar de frequentie van de ovenverwarmde kristaloscillator gradueel zal veranderen (door veroudering) zal de controle spanning, weergegeven op scherm 3, traag toenemen of afnemen om de frequentieafwijking te compenseren.

We hadden hierover graag nog meer informatie gegeven, maar ondanks verschillende telefoons en een fax (zie bijlage C1) weigerde de fabrikant van de GPS-ontvanger meer documentatie vrij te geven.

