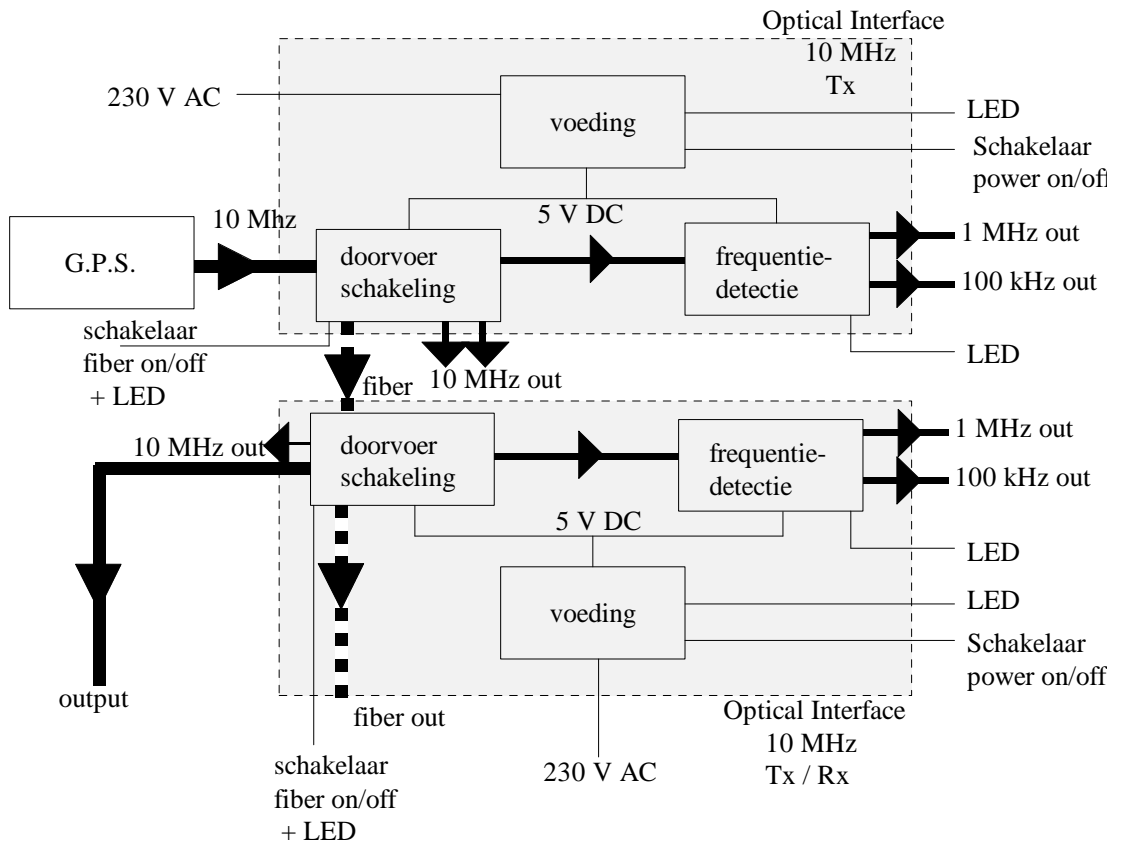


## Hoofdstuk 5 : SCHEMA'S

### 5.1. Inleiding.

In dit hoofdstuk worden de eigenlijke ontwerpen besproken. We vertrekken van de volledige schakeling, om dan telkens iets dieper in detail te gaan. Zo komen we uiteindelijk tot een bespreking van de elektronische schema's. De belangrijkste blokschema's zijn terug te vinden op een uitvouwblad in bijlage B, zodat het mogelijk is om tijdens het lezen van de teksten er de juiste schema's naast te leggen. Bijlage A bevat de elektrische schema's en de PCB ontwerpen, die ontwikkeld zijn met het softwarepakket Tango. In bijlage C kan men de datasheets vinden van de componenten die we in de onderstaande schakelingen gebruikt hebben.



figuur 5.1. : algemeen overzicht.

### 5.2. Schakelingen algemeen.



— : coax verbinding

... : glasvezel verbinding

*figuur 5.2. : algemeen blokschema.*

Het signaal dat we verdelen via het netwerk, wordt opgewekt door een GPS-ontvanger. Dit 10 MHz signaal zullen we via een coaxverbinding overbrengen naar de zendschakeling.

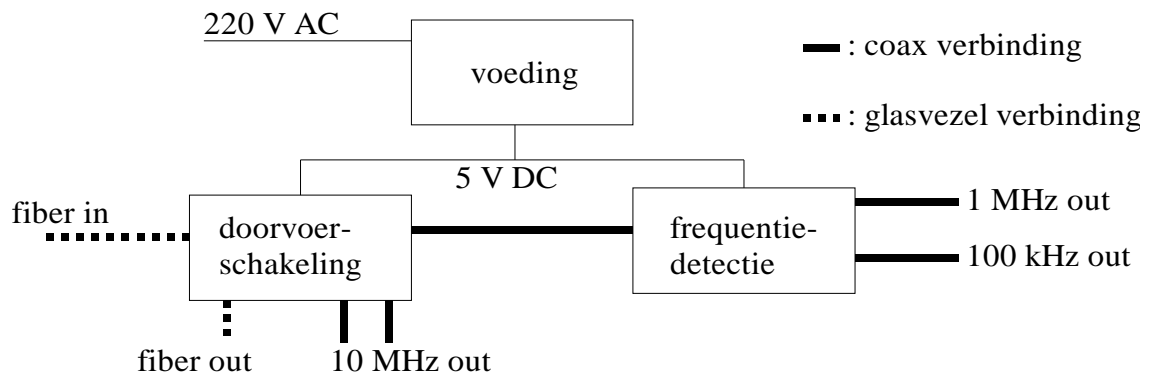
Deze zendschakeling ( $T_x$ -kast) is niet enkel verantwoordelijk voor het omzetten van het elektrisch signaal naar een optisch signaal, maar stelt eveneens de nodig signalen ter beschikking van de gebruiker. Dit is nodig opdat men in het gebouw waar de GPS-ontvanger zich bevindt, ook kan beschikken over de nodige frequentiestandaarden zonder deze van het netwerk te moeten halen.

Op elk knooppunt van het glasvezelnetwerk bevindt zich een  $T_x/R_x$ -kast. Deze knooppunten zijn de verschillende gebouwen waar glasvezelkabels in toekomen en waar men de frequentiestandaarden nodig kan hebben. De  $T_x/R_x$ -kast zorgt er enerzijds voor dat het optische signaal, via glasvezel, wordt doorgezonden naar het volgende gebouw, maar staat er ook voor in dat de nodige signalen (in elektrische vorm) kunnen afgetapt worden.

### 5.3. G.P.S.

Gezien het 10 MHz signaal, dat gegenereerd wordt door de GPS-ontvanger, voor ons een gegeven is en daar deze ontvanger een aangekocht toestel is, zullen we hier niet dieper ingaan op de interne werking van dit toestel. De algemene werking ervan werd reeds besproken in hoofdstuk 2.

#### 5.4. Optical Interface 10 MHz Tx.



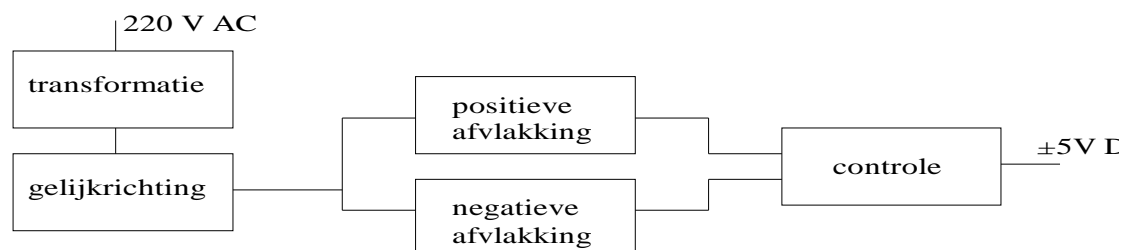
figuur 5.3. : *blokschema zendschakeling.*

De Tx-kast bestaat uit drie grote blokken, die elk op een aparte print werden gebouwd. De voeding stelt de nodige voedingsspanning van 5 V ter beschikking.

De doorvoerschakeling zorgt er enerzijds voor dat de schakeling een hoge ingangswaerstand heeft, zodat de GPS-ontvanger niet te zwaar belast wordt. Anderzijds past hij het signaal zo aan dat de volgende schakelingen een signaal krijgen met de gewenste amplitude- (dBm) en impedantiekenarakteristieken (de meeste toestellen vragen een signaal in  $50 \Omega$ ). Op de doorvoerschakeling is eveneens de nodige schakeling geïmplementeerd om de zenddiode te kunnen sturen.

De voornaamste functie van de frequentiedetectie bestaat erin een signaal naar de gebruiker te geven (in de vorm van een LED) zodat deze kan zien of er op de ingang wel degelijk een 10 MHz signaal binnenkomt en er dus een frequentie aanwezig is op de coax uitgangen op het voorpaneel.. Hiervoor hebben we frequentiedelers nodig, waarvan we gebruik maken om de signalen die we hierdoor bekommen (1 MHz en 100 kHz) aan de gebruiker aan te bieden.

##### 5.4.1. Voeding.



figuur 5.4.: *voeding.*

Voor de transformatie van 220 V naar 6 V hebben we gekozen voor een ringkerntransformator. Deze keuze is ingegeven door de eigenschappen van de kast waar ze in moet worden ingebouwd. In deze kast, met hoogte 1U, zijn de afmetingen (hoogte) voor de componenten immers vrij beperkt. Het was dus noodzakelijk om een transformator te kiezen die laag genoeg was. De gelijkrichting gebeurt d.m.v. een diodebrug.

De afvlakking van de positieve en negatieve spanning worden verwezenlijkt door de nodige condensatoren en de voedingsstabilisatie door respectievelijk een 7805 (voor de +5 V) en een 7905 (voor de -5 V).

De controle bestaat uit een aantal LED's die dienen om de gebruiker te signaleren of de voeding naar behoren werkt. Zij bestaat enerzijds uit een LED die naar buiten gebracht wordt en die aangeeft of de volledige voeding naar behoren werkt, en anderzijds twee LED's op de print die aangeven dat het positieve en het negatieve deel van de voeding elk afzonderlijk naar behoren werken.

figuur 5.5. : *elektrisch schema voeding.*

#### 5.4.1.1. Transformatie.

De transformatie van de netspanning (230 V AC) naar een bruikbare spanning (6 V AC) gebeurt met een ringkerntransformator met een dubbele secundaire winding. De ringkern is nodig omdat de kast waar de schakeling moet worden ingebouwd beperkt is in hoogte. We hebben een dubbele secundaire winding nodig omdat het de bedoeling is

van een voeding te maken met zowel een uitgangsspanning van +5V als één van -5V. De transformator zal uit het net maximaal 0,025 A trekken want :  
de secundaire stroom is maximaal 0,5 A, de transformatieverhouding is:

$$6 / 120 = 1 / 20$$

waaruit we met de formule  $i_1 = (N_2/N_1) \cdot i_2$  vinden dat:

$$i_1 = 0,025 = 1/20 \cdot 0,5$$

#### 5.4.1.2. Gelijkrichting.

Voor de gelijkrichting hebben we een diodebrug gebruikt die de positieve en de negatieve spanningen gelijkricht. De gemeenschappelijke takken van de spoelen gebruiken we als massa.

#### 5.4.1.3. Afvlakking.

Voor de afvlakcondensatoren gebruikt men best elektrolytische condensatoren. De rimpel is recht evenredig met de stroom door de voeding en dus omgekeerd evenredig met de capaciteitswaarde. Men kan de capaciteitswaarde vinden uit de formule :

$$V_{dc} = V_m - \frac{I_{dc}}{4 \cdot f \cdot C} \quad \text{Hierin is } V_{dc} = 5V = \text{de gelijkspanning}$$

$$V_m = 6V = \text{de uitgangsspanning van de transfo}$$

$$I_{dc} = 200 \text{ mA} = \text{de gemiddelde stroom die de bron levert}$$

$$f = 50 \text{ Hz} = \text{de netfrequentie}$$

$$C = \text{de capaciteitswaarde van de afvlakking}$$

Hieruit bepalen we dat de capaciteit 1000  $\mu\text{F}$  moet zijn. De afvlakkingscondensator na de spanningsstabilisator mag kleiner zijn, omdat daar de rimpel veel kleiner is (er moet veel minder afgevlakt worden).

$$R_o = 1/(4 \cdot f \cdot C) = 0,05 \Omega.$$

De constante spanning wordt bekomen door een 7805 en een 7905, voor respectievelijk de positieve en de negatieve spanning, te plaatsen.

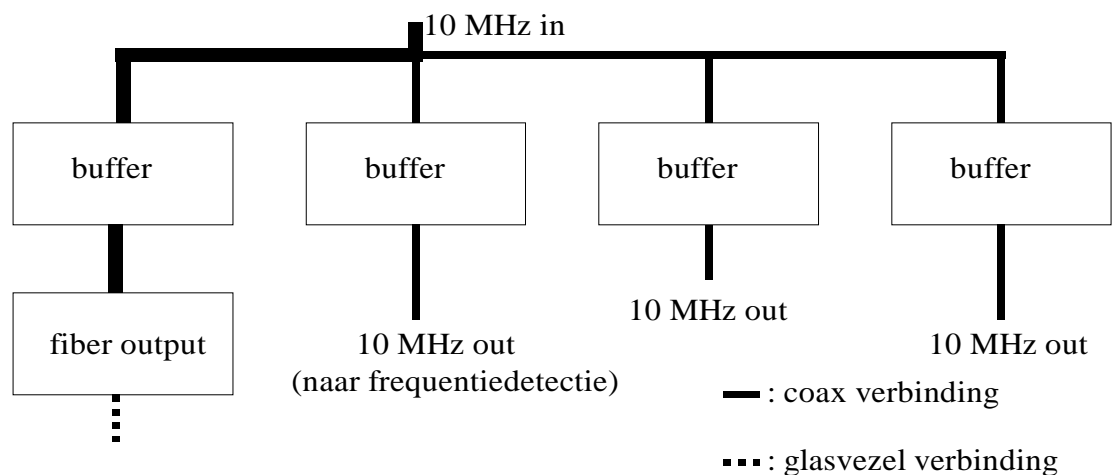
#### 5.4.1.4. Controle.

Om in één oogopslag te kunnen nagaan of de voeding wel degelijk goed werkt, voegden we er een controle aan toe. Enerzijds bestaat deze uit twee LED's die tussen de massa en respectievelijk de positieve en de negatieve spanning staan. Als er op de uitgang een

spanning van 5 V staat, zal de bijbehorende LED onder spanning komen te staan en gaan branden. Er is een derde LED toegevoegd, die in het frontpaneel zit en die aangeeft of de volledige voeding werkt (zowel de +5V en de -5V aanwezig zijn). Dit wordt verwezenlijkt d.m.v. een zenerdiode. Als beide spanningen aanwezig zijn, staat tussen de twee voedingslijnen 10 V. Dit is voldoende om de zener te doen geleiden en nog voldoende stroom door de LED te sturen om ze te doen branden. Over de LED staat  $\pm 1,6V$  en de zenerdiode geleid vanaf 7,5V, zodat er een stroom door de LED zal vloeien zodra er tussen de twee voedingslijnen meer dan  $\pm 9 V$  staat. Indien één van de twee delen van de voeding wegvalt, valt de spanning onder 9 V, zodat de zener gaat sperren en de LED dooft. De stroom door de LED bij 10 V bedraagt :

$$[10 - (7,5 + 1,6) V] / 47 \Omega = 19 \text{ mA}$$

#### 5.4.2. Doorvoerschakeling.



figuur 5.6. : *doorvoerschakeling*

De doorvoerschakeling bestaat uit 4 GES-transistorschakelingen (Gemeenschappelijke Emitter Schakeling). De ingangsimpedantie van deze schakelingen is hoog, terwijl de uitgangsimpedantie de gewenste  $50 \Omega$  bedraagt. De uitgangsamplitude is regelbaar gemaakt tussen de waarden + en - 7 dBm. Dit komt overeen met een spanningsbereik van 0,0999 V tot 0,509 V effectieve waarde.

De schakeling die de zenddiode voor de optische uitgang aanstuurt, is eveneens op de doorvoerschakeling aangebracht.

figuur 5.7. : elektrisch schema doorvoerschakeling.

#### 5.4.2.1. Buffers.

De buffers bestaan uit een transistor die als een GES (Gemeenschappelijke Emitter Schakeling) is geschakeld. De twee weerstanden aan de basis zijn nodig om een juiste DC instelling te verkrijgen. Met de weerstanden die wij plaatsten krijgen we een DC instelling van :

$$(R_2 / R_1) \cdot 5 \text{ V} = (470 / 1000) \cdot 5 = 2,3 \text{ V}$$

De uitgangsimpedantie van de schakeling is gelijk aan de collectorweerstand. Het is de bedoeling van een uitgangsweerstand van  $50 \Omega$  te verkrijgen, vandaar dat wij een collectorweerstand plaatsten van  $47 \Omega$ , de standaard weerstandswaarde die het dichtst bij  $50$  ligt.

De versterking van de schakeling is afhankelijk van  $R_E$ . We wilden een uitgang bekomen die regelbaar is tussen  $-7\text{dBm}$  en  $7 \text{ dBm}$ , zodat we de emitterweerstand regelbaar moesten maken d.m.v. een trimmer. De vaste weerstand is geplaatst om een

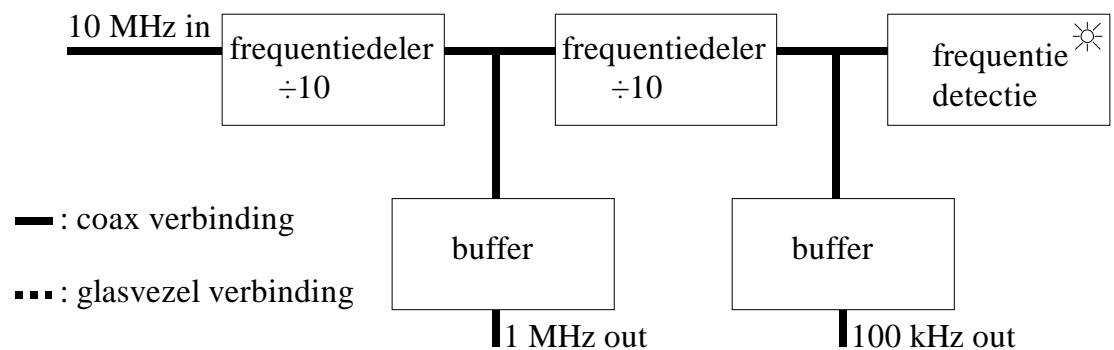
minimale weerstand te kunnen garanderen, zodat er geen problemen veroorzaakt worden indien men de trimmer volledig op 0 regelt.

Als we  $r_{\pi} = 1000$  stellen en  $\beta_0 = 100$  nemen, bekommen we een ingangsweerstand van  $5000 \Omega$  en een stroomversterking van 100. Deze cijfers tonen goed aan dat we met deze schakeling het gewenste bufferresultaat bekommen. Bij een GBS verkrijgen we een stroomversterking van -1, wat niet echt optimaal is voor onze schakeling. De GES daarentegen heeft een stroomversterking die gelijk is aan  $\beta_0$ . Hiermee kunnen we onze uitgangen veel beter aansturen.

#### 5.4.2.2. Fiber output.

De schakeling voor de fiber output hebben we gehaald uit de technische gegevens die de fabrikant van deze optische componenten ons bezorgde. Een samenvatting van deze technische gegevens vindt u in bijlage C2.

#### 5.4.3.Frequentiedetectie.



figuur 5.8. : frequentiedetectie

De frequentiedetectie hebben we ingelast om het mogelijk te maken een controlesignaal aan de gebruiker te geven. Hierdoor kan de gebruiker, zonder te moeten meten, weten of er op de ingang van de kast wel degelijk de gewenste 10 MHz aanwezig is en er dus onderweg geen defect is.



figuur 5.9. : elektrisch schema frequentiedetectie

#### 5.4.3.1. Frequentiedelers.

Als frequentiedeler hebben we de decade counter 74LS90 gebruikt. Dit is een IC die veel gebruikt wordt als een "divide-by-N" teller. Hij is goedkoper dan de meer complexere tellers. Als men deze schakelt zoals in onze toepassing (zie datasheet in bijlage C5) werkt hij als een 10 deler (hij deelt de frequentie door 10). De condensator en de weerstand die we aan de ingang schakelden zijn nodig gebleken om ons signaal niet te sterk nadelig te beïnvloeden. Zo bleek uit de proefopstellingen dat het aansluiten van de tiendeler, een DC signaal bij de golf gevoegd werd, wat niet de bedoeling was.

#### 5.4.3.2. Frequentiedetectie

De frequentiedetectie zelf, gebeurt door een tone decoder nl. de PLL NE567 die d.m.v. een relais de LED groen maakt indien hij eeningangssignaal van 100 kHz heeft, en in alle andere gevallen de LED rood maakt. Omdat deze component een bandbreedte heeft die niet hoger gaat dan 500 kHz hebben we onze 10 MHz eerst door 100 gedeeld, alvorens ze aan de tone decoder aan te bieden. Dit gebeurde d.m.v. twee van de hiervoor besproken tiendelers. Het voordeel hiervan is dat we eveneens een signaal van 1 MHz

en één van 100 kHz ter beschikking van de gebruiker kunnen stellen, zij het wel als een blokgolf.

De detectiefrequentie van de schakeling wordt bepaald door de weerstand aan pin 5 en de condensator aan pin 6. De juiste waarde is:

$$R = 1,1 / (R \cdot C)$$

R moet hier tussen 2 k $\Omega$  en 20 k $\Omega$  liggen. Voor de condensator hebben we de waarde 4,7 nF gekozen. Met een detectiefrequentie van 100 kHz ligt de waarde van R vast op ongeveer :

$$(1,1) / (10^5 \text{ Hz} \cdot 4,7 \cdot 10^{-9} \text{ F}) = 2340 \Omega.$$

Voor een goede fijnregeling van deze frequentie hebben we de weerstand samengesteld uit een vaste weerstand van 1,5 k $\Omega$  en een variabele weerstand van 1k $\Omega$ , vanwege de toleranties op de waarden van de componenten. Op deze manier kunnen we (rekening houdend met de minimumwaarde van R) de te detecteren frequentie instellen van 93 kHz tot 117 kHz.

De waarde van de condensator (in  $\mu\text{F}$ ) aan pin 2 bepaalt de detectie bandbreedte. De waarde ervan is gelijk aan  $n/f_0$ , waar n varieert van 1300 (voor een bandbreedte tot 14 % van  $f_0$ ) tot 62000 (voor een bandbreedte tot 2 % van  $f_0$ ). De condensator aan pin 1 moet ongeveer het dubbele zijn van de waarde van die aan pin 2. Wij kozen voor de eerste condensator de waarde van 470 nF, waardoor n de waarde 47000 krijgt (want  $f = 10^7 \text{ Hz}$ ). Dit houdt in dat we een vrij kleine bandbreedte hebben ( $\pm 9,234 \%$  van  $f_0$ , wat gelijk is aan 9,234 kHz) en we dus een relatief kleine afwijking op de 10 MHz kunnen detecteren. Vermits we de frequentie twee maal door tien deelden bedraagt de afwijking op het 10 MHz signaal ongeveer:

$$9,234 \text{ kHz} \times 100 = 923,4 \text{ kHz}$$

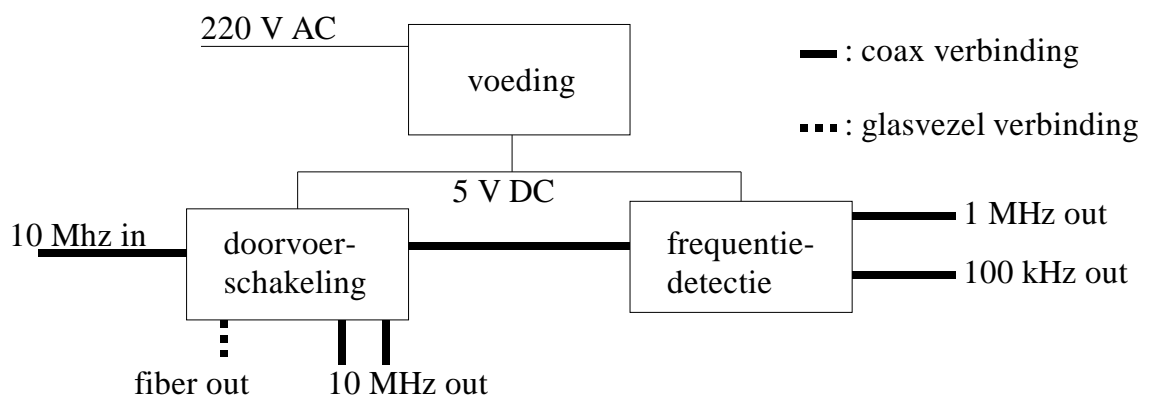
Uit de keuze van de bovenstaande condensator volgt dat we aan pin 1 een capaciteit van 1  $\mu\text{F}$  moesten plaatsen. De weerstand  $R_5$  van 680  $\Omega$  is nodig om de stroom door de LED te beperken.

#### 5.4.3.3. Buffers.

De buffers die op de frequentiedetectie aanwezig zijn hebben dezelfde functie als deze van de doorvoerschakeling. Omdat we hier echter werken met blokgolven (de frequen-

tiedelers maken immers van de sinus een blokgolf), konden we deze bufferschakelingen niet meer met een transistorschakeling maken. Hierdoor gebruiken we hier een buffer op basis van de opamp AD 827 JN. We schakelden deze als een niet - inverterende opamp. De terugkoppelweerstand maakten we veranderlijk om de schakeling te kunnen afregelen. De waarde van de weerstanden op zich is hier niet echt belangrijk, maar de twee weerstanden moeten van dezelfde grootteorde zijn. In ons geval is de terugkoppelweerstand maximaal een factor 10 groter dan de andere, wat voor ons een goede afregeling mogelijk maakt.

### **5.5. Optical Interface 10 MHz Tx / Rx.**



*figuur 5.10. : blokschema Tx/Rx-kast.*

De "Optical Interface 10 MHz Rx / Tx" is nagenoeg identiek aan de Optical Interface Tx, met dit verschil dat de ingang hier niet komt van de GPS-ontvanger, via een coaxverbinding, maar van het glasvezelnetwerk. Een direct gevolg hiervan is dat we een optisch signaal binnenkrijgen dat eerst moet omgezet worden naar een elektrisch signaal. Dit gebeurt door de PIN-diode<sup>1</sup>, waarvan de schakeling op de print van de doorvoerschakeling geïmplementeerd werd. Voor de juiste schakelwijze hebben we ons, zoals bij de zenddiode, laten leiden door de technische gegevens die de fabrikant ons bezorgde (zie bijlage C3).

### **5.6. Afscherming.**

Zoals reeds eerder gesteld werd, is het belangrijk van te zorgen dat onze schakeling enerzijds niet beïnvloed wordt door externe invloeden, maar anderzijds ook geen storin-

<sup>1</sup>Een PIN diode wordt gevormd door diffusie van een sterkgedopeerde P+ en N+ zone in en bijna intrinsiek zuivere siliciumlaag.

gen veroorzaken. Dit is nodig om de verschillende uitzendingen op de luchthaven niet te storen en ons signaal tevens op een aanvaardbare kwaliteit te houden. Als gevolg hiervan was het noodzakelijk onze schakelingen af te schermen.

Hierbij komt nog dat de verschillende onderdelen van onze schakelingen best van elkaar gescheiden worden omdat ze soms met andere frequenties werken zodat ze elkaar zouden kunnen gaan storen. Tenslotte werken we met een hoogfrequent signaal.

We hebben gekozen voor een afscherming bestaande uit messingplaat van 0,3 mm, omdat dit materiaal gemakkelijk op de markt verkrijgbaar en zeer goed soldeerbaar is. Deze plaatjes hebben we op de massavlakken vast gesoldeerd om een optimale afscherming te bekomen. De afschermingen zijn niet volledig gesloten. De golflengte van ons 10 MHz signaal bedraagt immers 30 m :

$$\begin{aligned} \text{Lichtsnelheid (300 000 km/s)} &= \text{frequentie (10}^7 \text{ 1/s)} \times \text{golflengte.} \\ \text{dus : golflengte} &= 300.000/10.000.000 \text{ km} = 0,03 \text{ km} = 30 \text{ m.} \end{aligned}$$

Hieruit blijkt dat de kleine openingen die wij laten (max.  $\pm 0,5$  cm) als gesloten kunnen beschouwd worden daar de golflengte  $> 4$  maal de opening.

## **5.7. Opbouw van het rack**

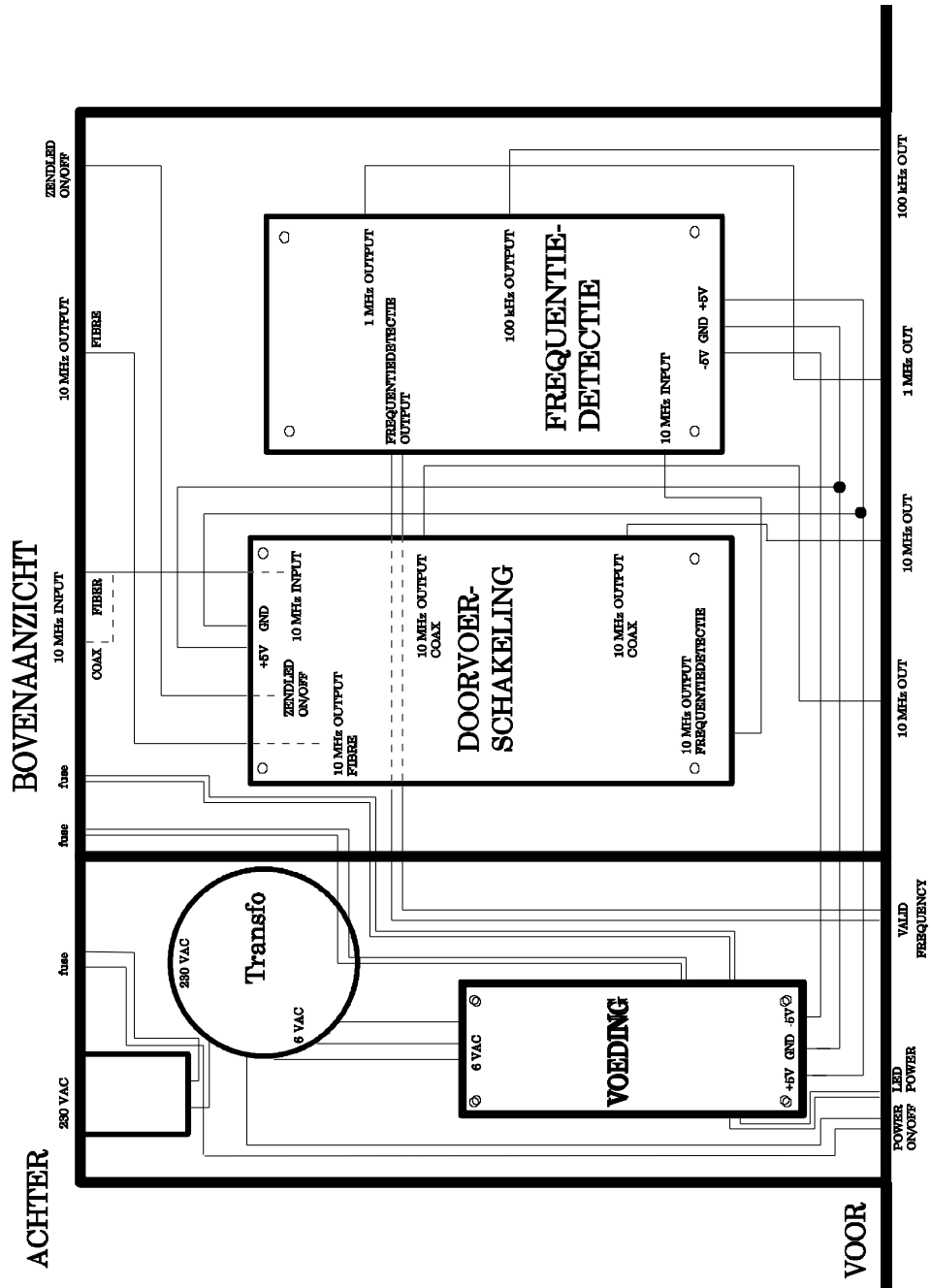
Zowel de  $T_x$ - als de  $R_x/T_x$ -zijde zijn behuist in een 19" 1U rack. In deze paragraaf zullen we dan ook de opbouw hiervan bespreken. Daar de  $R_x/T_x$ -zijde niet veel verschilt van de  $T_x$ - zijde zullen we hier enkel de  $T_x$ - zijde bespreken en de verschillen waar het nodig is vermelden.

### **5.7.1. Het rack langs de binnenkant**

De figuur 5.11. geeft de plaatsing van de verschillende onderdelen in het rack weer. U vindt hier de drie printen terug die we eerder in dit hoofdstuk besproken hebben, evenals de transformator. Deze transformator is samen met de voedingsprint volledig afgeschermd van de andere printen, dit om te vermijden dat de transformator storingen zou veroorzaken op ons signaal onder de vorm van brom.

Voor de geleiding van de frequentiesignalen binnen het rack hebben we gebruik gemaakt van dunne coaxiale kabel van het type RG 174 A/V (50 ) met aan de uiteinden hiervan connectoren van het type SMC, die we zelf hebben gemonteerd. Op de afschermingswanden van de printen hebben we dan hiervoor de overeenkomstige

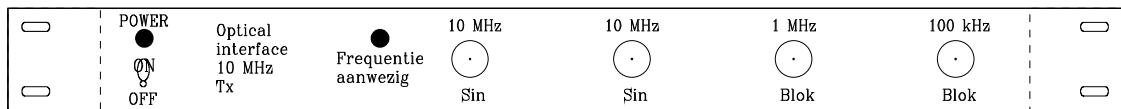
connectoren aangebracht. We kozen voor een overbrenging d.m.v. coax om storingen op de kabels te vermijden. De keuze van het type is bepaald door de diameter en de grotere flexibiliteit die hier een gevolg van is. Hierdoor zijn deze kabels gemakkelijker te hanteren (in te bouwen in de rack).



figuur 5.11. : bovenaanzicht rack.

5.7.2. Het voorpaneel

De onderstaande figuur geeft het vooraanzicht van het rack aan de  $T_x$ -kant. De  $T_x/R_x$ -zijde heeft een identiek voorpaneel, enkel de naam van het rack verschilt.



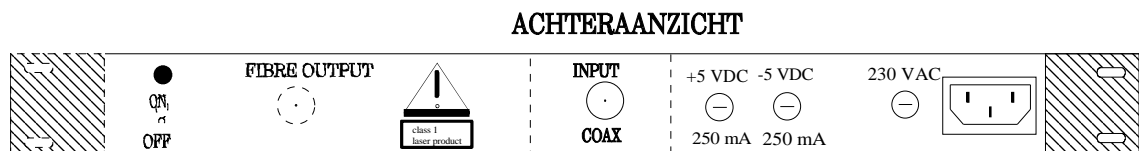
figuur 5.12.: voorpaneel van het  $T_x$ -rack

Uiterst links staat er een tweepolige schakelaar om de primaire voeding aan of uit te schakelen. Wanneer deze voeding aangezet wordt dan zal er boven de schakelaar een rode LED beginnen te branden. Er is ook nog een andere LED aanwezig op dit frontpaneel die aanduidt wanneer er een frequentie aanwezig is, hiervoor hebben we een tweekleurige LED gebruikt die groen is wanneer er een 10 MHz aanwezig is en rood wordt wanneer deze frequentie er niet is.

Tot slot zijn er ook nog vier BNC connectoren voorzien voor de verschillende frequentie standaard uitgangen. Twee van deze connectoren worden gebruikt voor de analoge 10 MHz frequentiestandaard, waarvan het spanningsniveau regelbaar is. De overige twee connectoren worden gebruikt om twee digitale frequentiesignalen naar buiten te brengen, namelijk een 1 MHz uitgang en een 100 kHz uitgang.

### 5.7.3. Het achterpaneel

In figuur 5.12. wordt de achterzijde van het rack voorgesteld:



figuur 5.13.: achterpaneel van het rack

Het achterpaneel bevat een 3 pin IEC connector, met filter, om de 230 VAC voeding te kunnen aansluiten. Er zijn eveneens 3 zekeringhouders voorzien, één voor de primaire 230 VAC voeding en twee voor de secundaire  $\pm 5$  VDC. Bij het  $T_x$ -rack is er ook nog een coaxiale input voorzien waaraan we de 10 MHz uitgang van de GPS ontvanger kunnen aansluiten. In het  $T_x/R_x$ -rack treedt er hier een verschil op, namelijk de coaxiale ingang is hier vervangen door een ST-connector (HFD 3038) die de frequentiestandaard van optisch naar elektrisch omzet (een OLTE<sup>2</sup>). Tot slot is er aan de

<sup>2</sup>OLTE : Optical Line Terminating Equipment

achterzijde van de beide racks nog een ST-connector (HFE 4020) voorzien om het elektrisch signaal om te zetten in een optisch signaal dat dan kan doorgestuurd worden via het glasvezelnetwerk. Wanneer dit niet nodig is kan men deze uitgang afzetten met behulp van een enkelpolige schakelaar, op dat moment zal het rood ledje boven de schakelaar uitgaan.

### **5.8. Besluit.**

In dit hoofdstuk hebben we besproken hoe we tot de verschillende ontwerpen zijn gekomen. Uitgaande van de elektrische schema's van deze ontwerpen dienen nu de PCB's ontworpen te worden m.b.v. het softwarepakket Tango, waarna we ze kunnen ontwikkelen en bestukken. Na het monteren van deze PCB's in een 19" rack kunnen we de verschillende schakelingen dan afregelen en meten. Dit zal in het volgende hoofdstuk behandeld worden.

