

UWB RADAR, De schakeling.

Inhoudsopgave

1.	Beschrijving van de werking.	2
2.	Algemeen.	2
3.	Principe.	3
4.	De Ruisgenerator.	3
5.	De Signaalgenerator.	4
6.	De vertragingslijn.	6
7.	De zender.	7
8.	De ontvanger.	8
9.	De sampler.	8
10.	De versterker.	9
11.	Conclusie.	9

Bijlage: Schema's (9)

1. Beschrijving van de werking.

De UWB radar is opgebouwd uit een 8-tal blokken:

- de ruisgenerator
- de signaalgenerator
- de vertraginglijn voor de zender
- de vertraginglijn voor de ontvanger.
- de zender
- de ontvanger
- de sampler
- de versterker

Elk blok is verantwoordelijk voor een specifieke functie in de UWB radar.

2. Algemeen.

Het signaal waarmee de UWB radar functioneert wordt gemaakt in de signaalgenerator. De frequentie wordt gemoduleerd met behulp van een ruisgenerator. Deze ruisgenerator heeft tot gevolg dat de frequentie van de signaalgenerator kan variëren tussen ongeveer 4 en 6Mhz.

Op het doel van de ruisgenerator komen we later bij de beschrijving van de ruisgenerator terug.

De uitgangsspanning van de signaalgenerator wordt aangeboden aan de ingang van beide vertraginglijnen. Deze vertraginglijn bestaat uit een schakeling waarmee d.m.v. een binaire code op ingangen de vertraging kan worden ingesteld. Omdat de minimale vertraging van het IC 10ns is, moet er tussen beide signalen een vertraginglijn worden geplaatst. Anders zou het verschil minimaal 10ns zijn en dat is te veel.

In deze opstelling is het mogelijk een vertragingverschil tussen het signaal voor de zender en het signaal voor de ontvanger van vrijwel 0 te creëren. Uiteraard is een hogere waarde ook mogelijk en noodzakelijk. Met de vertraginglijn voor de ontvanger is het mogelijk het signaal voor de ontvanger in stapjes van 250ps ($2.5 \cdot 10^{-10}$ s) te vertragen t.o.v. het signaal voor de zender m.b.v. een binaire code.

De uitgang van de vertraginglijn voor de zender wordt aan de zender aangeboden. De zender 'vervormd' het signaal en levert een korte puls aan de antenne. Deze puls wordt door de antenne de ruimte ingestuurd.

De uitgang van de vertraginglijn voor de ontvanger wordt aan de ontvanger aangeboden. De ontvanger bestaat uit vrijwel dezelfde schakeling als die van de zender, met dat verschil dat de afgegeven puls een andere vorm heeft en iets langer duurt.

Bovendien wordt deze puls niet aan de antenne afgegeven maar daarmee wordt de sampler aangestuurd.

De sampler verzameld gemiddeld $5 \cdot 10^6$ samples van de antenne en maakt daar een klein spanningsverschil van dat door de versterker wordt versterkt.

In de versterker zit een hoogdoorlaatfilter van ongeveer 1/10 Hz en een laagdoorlaatfilter voor het dempen van de hoge frequenties boven de 1500 Hz.

Aan de uitgang van de versterker kunnen we met een eenvoudige oscilloscoop de werking van de radar controleren.

3. Principe.

De werking van de UWB radar berust op het principe van het uitzenden van veel, maar zeer korte pulsen. Als we een enkele uitgezonden puls beschouwen, dan is het voor te stellen dat die door objecten wordt teruggekaatst.

De teruggekaatste puls zal na een bepaalde tijd door de antenne worden ontvangen en een spanning leveren. Deze spanning kan door de sampler worden gemeten.

Doordat de pulsen zo klein zijn zal dit bij één enkele puls bijna geen signaal opleveren. Maar omdat er $5 \cdot 10^6$ pulsen per seconde zijn, zal het signaal toch aanzienlijk zijn.

De sampler wordt maar gedurende een korte periode aangestuurd. Deze periode is net lang genoeg om de gereflecteerde zenderpuls te 'vangen'.

Door de ingestelde vertraging in de vertragingsslijn voor de ontvanger is het mogelijk om de tijd, en daarmee de afstand, van het ontvangergebied in te stellen.

De ontvangerpuls is zo smal dat een detectiegebied van ongeveer 10cm overblijft.

Dit detectiegebied bevindt zich op een afstand van de antenne die wordt bepaald door de vertraging van de vertragingsslijn voor de ontvanger. Dit detectiegebied is bolvormig, de puls wordt immers naar alle richtingen uitgezonden.

Het uitgangssignaal van de versterker zal veranderen als we een reflecterend object door het ontvangergebied heen halen.

We zullen nu elk blok apart bespreken.

4. De Ruisgenerator.

De ruisgenerator is noodzakelijk voor het moduleren van de signaalgenerator. De ruisgenerator bestaat uit 3 transistoren die zo zijn geschakeld dat ze de ruis van de weerstanden en van de transistor zelf versterken.

De totale versterking van de schakeling ligt tussen 10^5 en 10^6 . De schakeling is daardoor erg gevoelig en is daarom in een afgeschermd behuizing gebouwd.

In de behuizing is ook nog een dc-dc converter geplaatst voor de 5V voedingsspanning en de uitgang van de ruisgenerator is geïsoleerd d.m.v. een opamp.

De tweede helft van de opamp is gebruikt om de halve voedingsspanning te maken om het ruissignaal volledig te kunnen versterken. De halve voedingsspanning wordt hier als referentiespanning voor de eerste opamp gebruikt.

Het doel van de ruisgeneraor is om de signaalgenerator te moduleren. Elke volgende periode zal dus een iets andere lengte hebben. De gemiddelde periodetijd is 200ns, maar kan door toevoeging van deze ruis variëren tussen ongeveer 160ns en 240ns. Het is belangrijk dat de ontvanger de direct gereflecteerde puls van de zender ontvangt. Als de ontvanger staat ingesteld op bijv. 1 meter, dan zal de tijdvertraging tussen het tijdstip dat de zenderpuls de antenne verlaat en de gereflecteerde puls wordt ontvangen ongeveer 6.7ns bedragen ($1\text{m} = 3.3\text{ns}$). Als we de ruisgenerator zouden uitschakelen, dan zou op een tijd van $200\text{ns} + 6.7\text{ns}$ ook een reflectie kunnen worden gemeten.

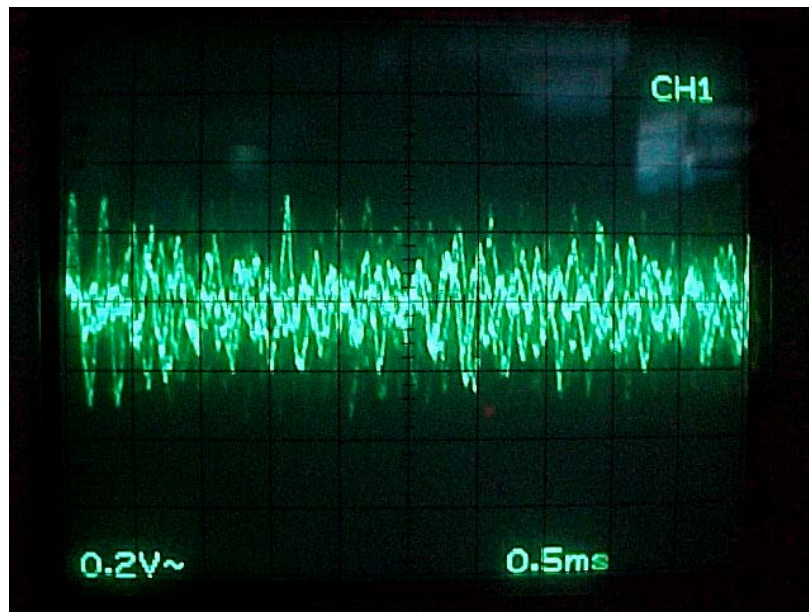
M.a.w. als we in dit geval op een afstand van 31.3 meter ($((206.7/2 \cdot 3.3)/2)$) een zeer sterk reflecterend object zouden hebben, dan zouden die pulsen de detectie van een klein object op 1 meter van de antenne kunnen verstoren.

In dit geval, bij een herhalingsfrequentie van 5Mhz zal het niet gauw voorkomen dat een reflecterend object op die afstand de detectie zal beïnvloeden.

Als we de herhalingsfrequentie van 5Mhz zouden verhogen naar bijv. 20Mhz, dan zou de afstand van de storende reflectie al worden verkort naar $(56.7/3.3)/2 = 8.6$ meter, dan is het goed voor te stellen dat grote objecten op die afstand meer invloed kunnen hebben.

Door de periodetijd van de signaalgenerator te variëren, komt de direct gereflecteerde puls wel op het juiste moment op de antenne, terwijl de indirecte puls (de reflectie van de vorig uitgezonden puls) op een steeds verschillend tijdstip aankomt en veel minder of zelfs geen invloed meer heeft op de detectie.

Merk op dat de maximale afstand afhankelijk is van de herhalingsfrequentie. Dit is vooral belangrijk bij de toepassing van UWB als communicatiemiddel. Hoe hoger de data-rate, hoe korter dus het bereik.

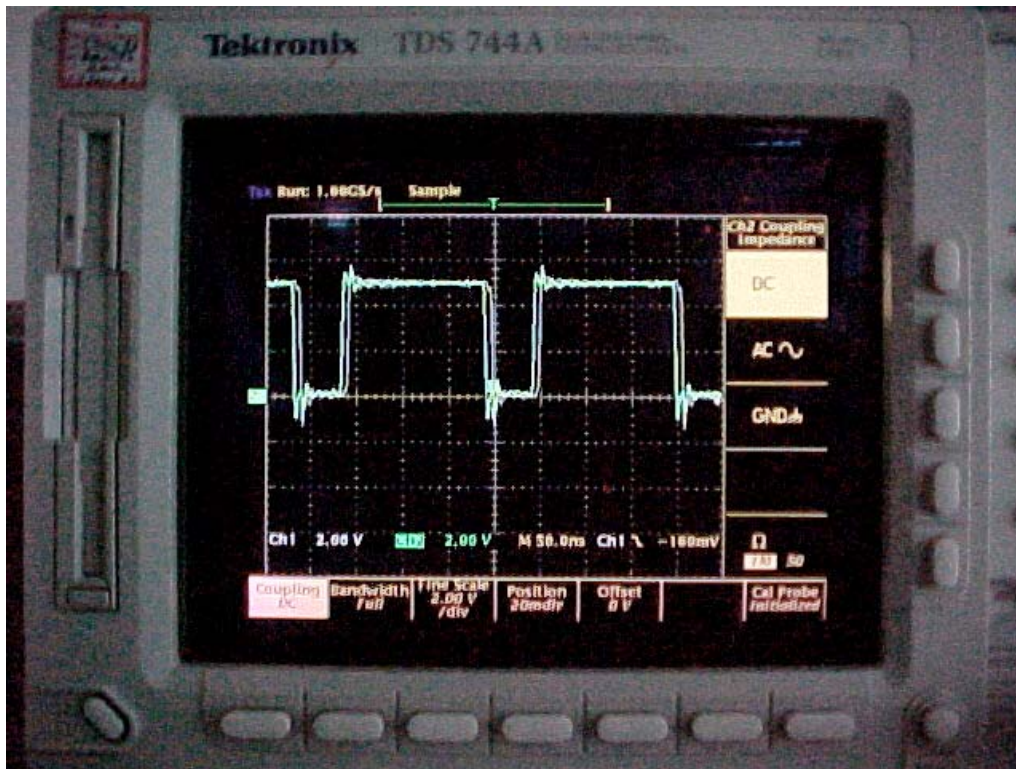


Afbeelding 1. Ruis.

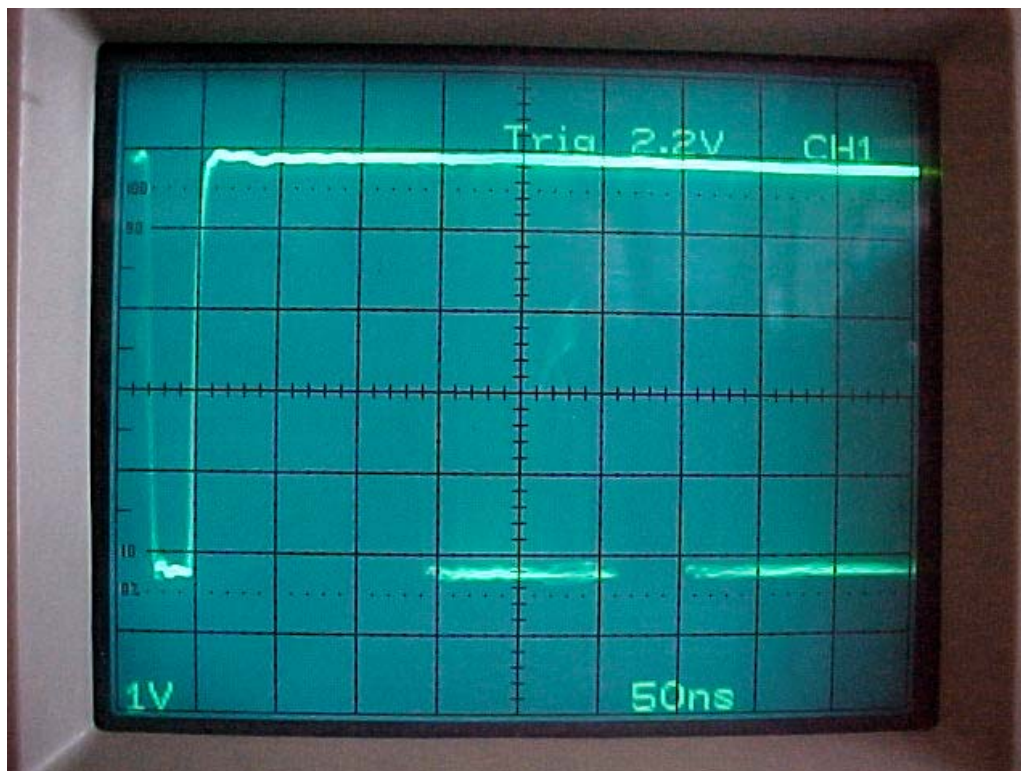
5. De Signaalgenerator.

De signaalgenerator bestaat uit 3 van de 6 poorten van een 74HC04. Het uitgangssignaal heeft een blokgolfvorm en heeft een frequentie van 5MHz met een duty-cycle van 3:1. Dat wil zeggen dat 150ns het signaal hoog is ("1") en 50ns het signaal laag is ("0").

De schakeling is zo opgebouwd dat ze in frequentie gemoduleerd kan worden. De diode in de terugkoppeling veroorzaakt de duty-cycle en daarmee ook de moduleerbaarheid van de oscillator.



Afbeelding 2. Signaal uit de signaalgenerator.



Afbeelding 3. Signaal gemoduleerd met ruis.

6. De vertragsingslijn.

Beide vertragsingslijnen bestaan elk uit één IC. De minimale vertraging is voor beide 10ns. De absolute vertraging van het IC is in te stellen door een binaire waarde op de ingangen aan te sluiten. Zo kan in deze schakeling een absolute vertraging tussen 10ns en 42ns worden gerealiseerd.

De vertragsingslijn voor de zender kan worden ingesteld in stapjes van 0.5ns en de vertragsingslijn voor de ontvanger kan in stapjes van 0.25ns worden ingesteld.

Een instelling van 0.5ns per stapje is ruim voldoende voor deze schakeling.

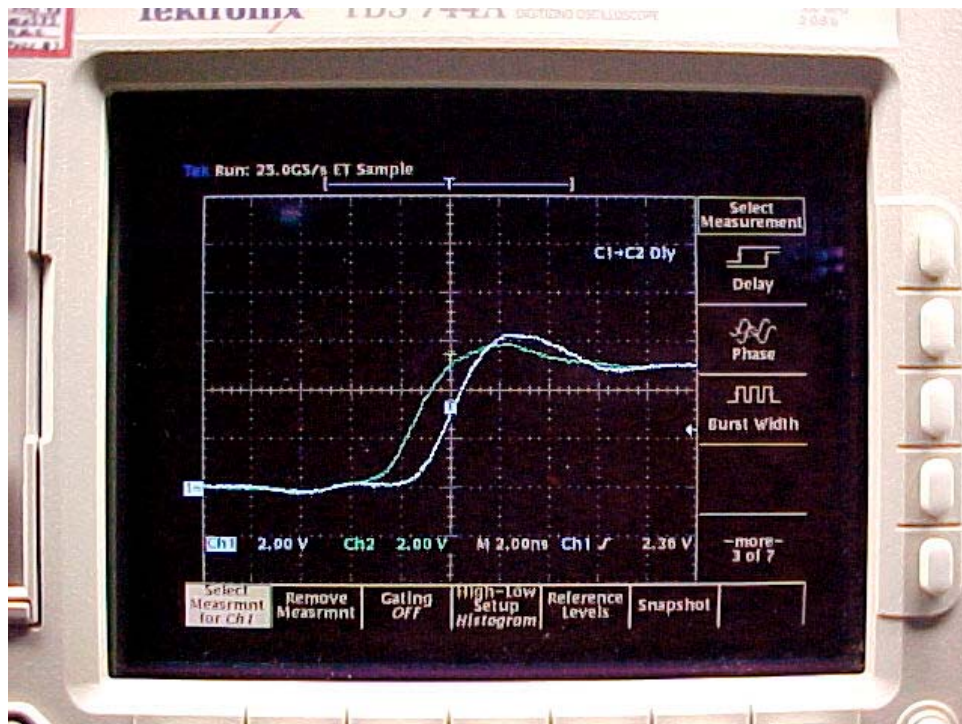
Er moeten twee vertragsingslijnen worden toegepast omdat de minimale vertraging van het IC 10ns is.

Een enkele vertraging in het signaal naar de ontvanger zou een minimale vertraging van 10ns betekenen en daarmee gelijk een minimaal meetbereik van de schakeling.

Om zo te voorkomen dat we objecten niet kunnen detecteren op een afstand kleiner dan het dan gevormde minimale meetbereik, is een zelfde vertraging in het signaal voor de zender noodzakelijk.

Het gaat tenslotte om de relatieve vertraging en niet om de absolute vertraging.

Nu kan op een afstand van enkele tientallen centimeters objecten worden gedetecteerd.



Afbeelding 4. Vertraging tussen de aansturing van de zender en ontvanger.

7. De zender.

De schakelende elementen in de zender bestaan uit een transistor en een diode, maar alle overige onderdelen zijn essentieel voor de goede werking zoals we zo zullen zien.

Het uitgangssignaal van de vertragingsslijn voor de zender wordt geïnverteerd en aangeboden aan een condensator. Hierdoor worden alleen de flanken van het ingangssignaal doorgelaten. De vrij lage waarde van de ingangsweerstand (150 Ohm) en de zeer kleine waarde van de condensator hebben tot gevolg dat de transistor voor een zeer korte tijd wordt opengestuurd.

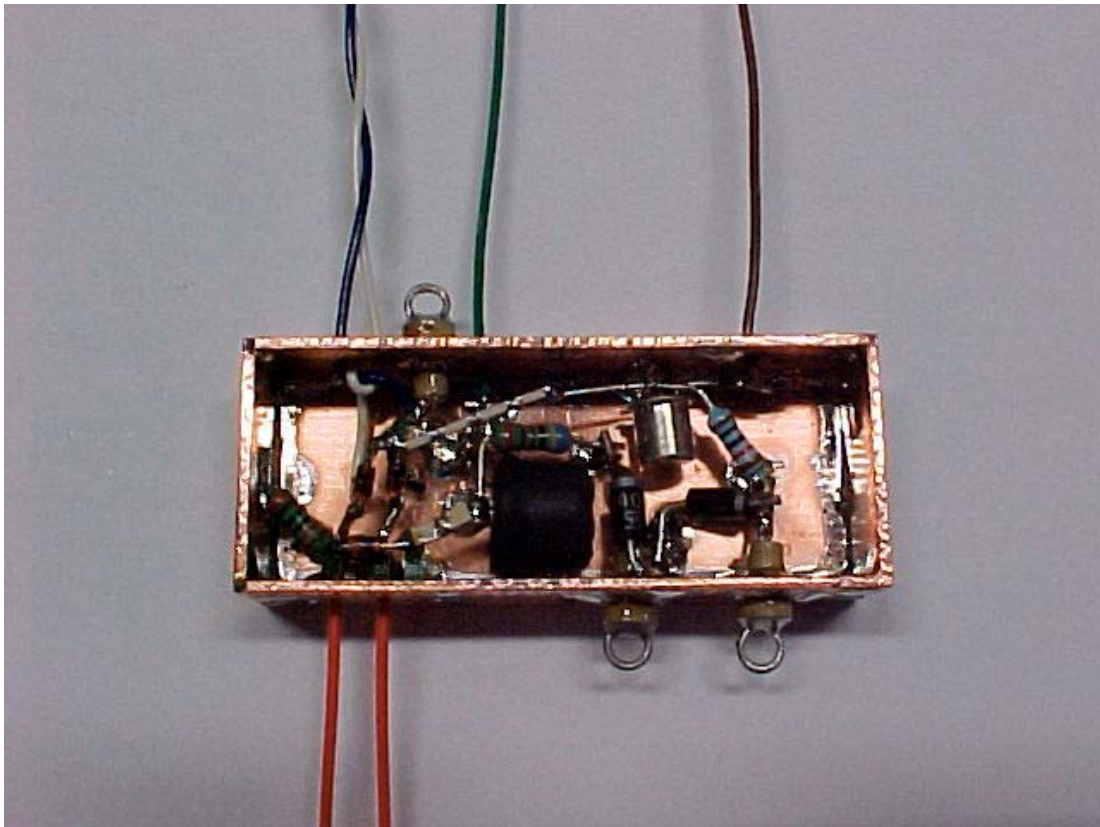
Het opensturen van de transistor gebeurt op het moment van de opgaande flank van het ingangssignaal.

In rust is de collectorspanning gelijk aan de voedingsspanning. De collectorweerstand laadt de uitgangscapacitor op tot de voedingsspanning. Op het moment dat de transistor door het ingangssignaal in verzadiging wordt gestuurd, loopt de maximale stroom door de collector. Na een extreem korte tijd (een paar honderd picoseconden) is de spanning op de collector van de transistor vrijwel 0V geworden. Deze puls wordt door de koppelcondensator en de diode aan de antenne doorgegeven.

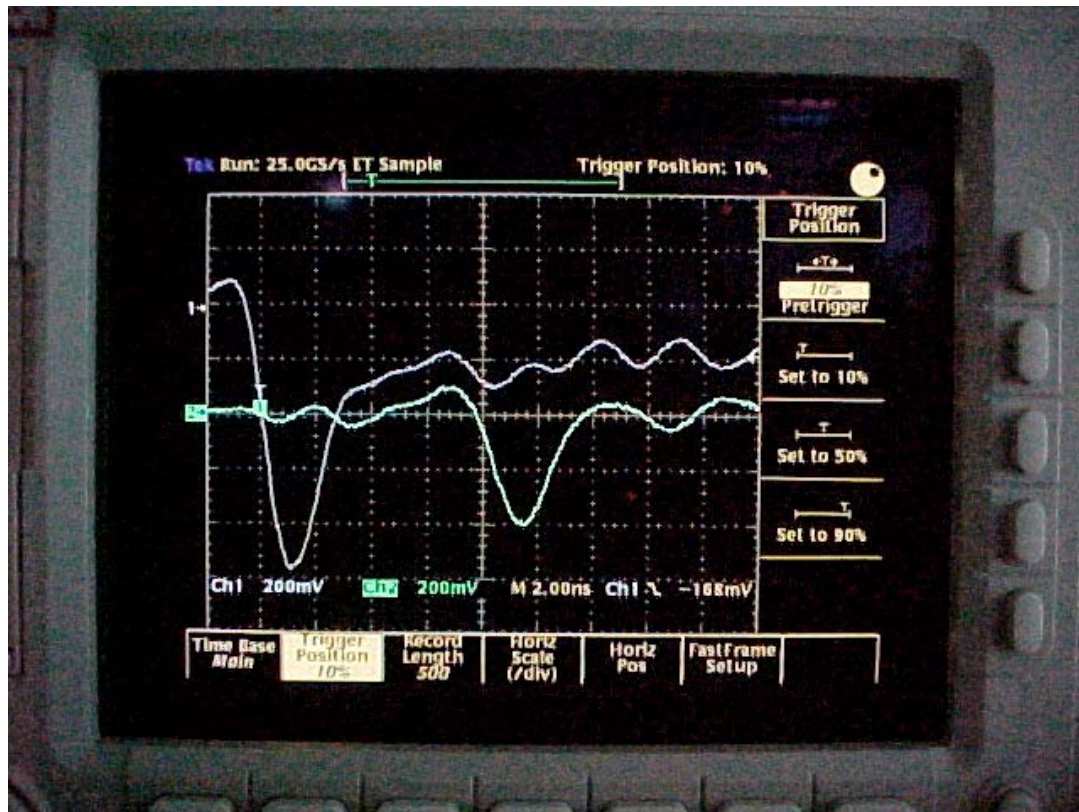
Deze extreem korte puls met zeer steile flanken is de puls die wordt uitgezonden.

De diode zorgt voor de isolatie van de zender en de ontvanger.

Immers de zender en de ontvanger zijn maar zeer kort actief en in tijd gezien na elkaar. We kunnen dus van snelle (diode) schakelaars gebruikmaken om beide delen van elkaar te isoleren.



Afbeelding 5. Zender, ontvanger en fast sampler.



Afbeelding 6, zender en ontvangerpuls.

8. De ontvanger.

De ontvanger werkt op dezelfde wijze als de zender. Er zijn wel een paar subtiele verschillen. De ingang komt (ook geïnverteerd) van de andere vertragingsslijn af en moet dus in tijd vertraagd zijn, relatief tot het signaal dat naar de zender gaat.

De puls is kleiner en iets langer. De puls wordt niet aan de antenne afgegeven maar aan de sampler.

9. De sampler.

De sampler bestaat uit een schakeling waarbij er een snelle diode wordt open gestuurd en met de op de antenne aanwezige spanning wordt daarop een condensator opgeladen. Het laden gebeurt alleen dan wanneer de diode is opengestuurd, m.a.w. alleen tijdens de duur van de ontvangerpuls.

De gereflecteerde pulsen zijn extreem klein. De energie in de uitgezonden puls was al niet veel, maar in de gereflecteerde puls zit afhankelijk van de afstand nog veel minder energie.

Doordat er gemiddeld $5 \cdot 10^6$ reflecties van pulsen per seconde worden ontvangen, zal de spanning als gevolg van een object in de metring toch een redelijke waarde aannemen.

10. De versterker.

De versterker bestaat uit een instrumentatieversterker met gewone opamps. De spanning op de ingang van de versterker zal niet zo snel variëren.

De versterker is uitgebreid met een laagdoorlaatfilter die de frequenties boven de 1500Hz wegfilterd. Deingangsimpedantie van de versterker is extreem hoog. Enige mega-ohms. Hierdoor zal de spanning op de condensatoren in de sampler nagenoeg niet worden belast.

De laatste opamp versterkt het signaal nog ongeveer 30 keer. Ook in deze schakeling wordt een referentiespanning gemaakt door de voedingsspanning te delen en met een opamp te versterken.

Deze referentie wordt ook in de sampler gebruikt.

De werking van de schakeling kan eenvoudig worden bepaald met een oscilloscoop. Bij voorkeur een scope met een geheugen en een scroll-functie. De tijdbasis kan worden ingesteld op 1s of 2s per division.

De amplitude van de spanning t.g.v. een beweging in de meetring is vrij laag. Met een object ten grootte van bijvoorbeeld een tennisracket beplakt met aluminiumfolie, zal de uitgangsspanning een paar honderd millivolts zijn.

11. Conclusie.

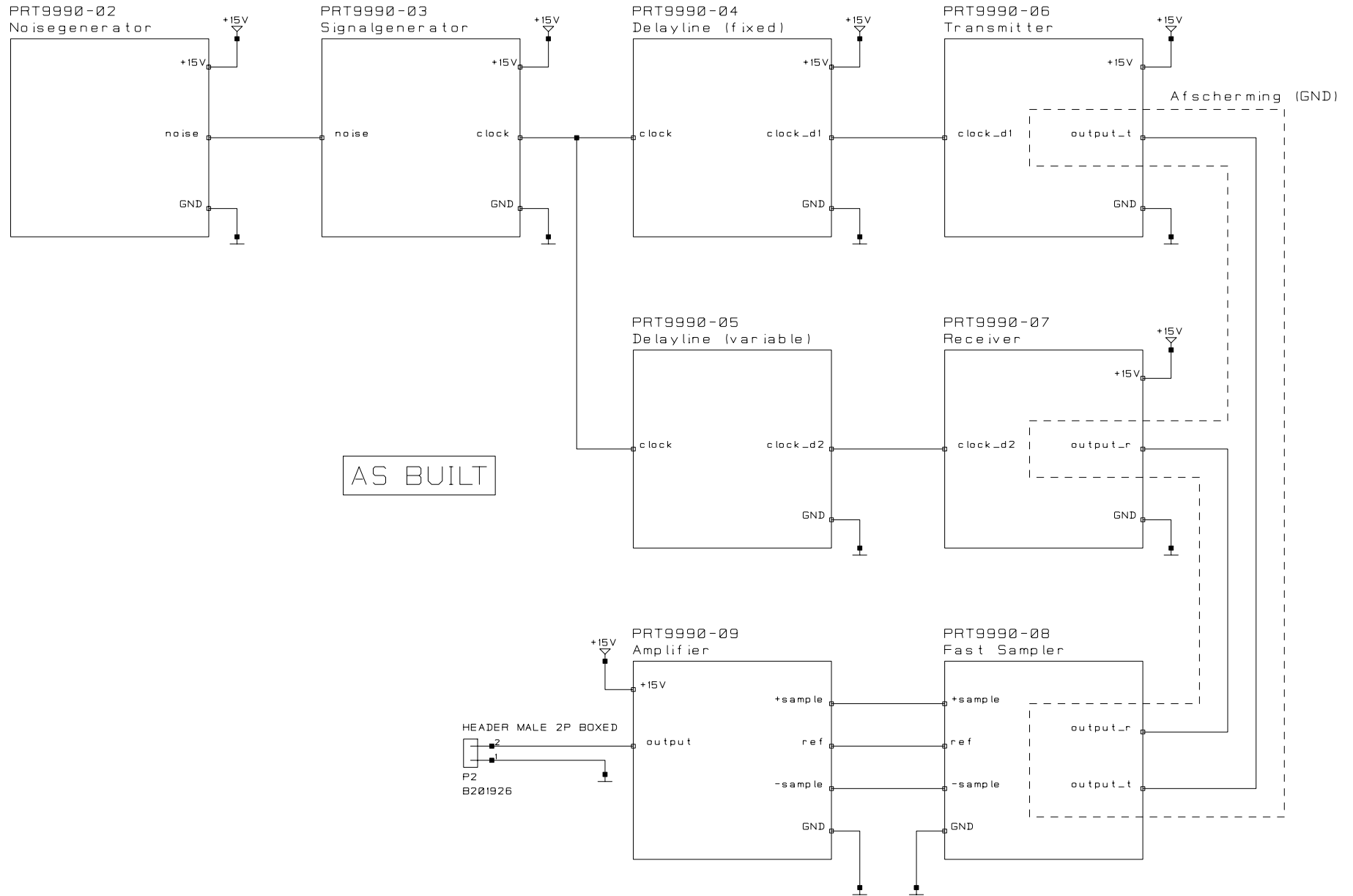
We hebben gezien dat met zeer eenvoudige middelen het mogelijk is om een UWB radar te bouwen. De schakeling is verre van ideaal of optimaal en veel zal er verbeterd kunnen worden. Vooral op het gebied van de antenne valt veel winst te behalen die de werking ten goede zal komen.

Deze schakeling is niet geschikt om meer mee te doen dan te dienen als een demonstratie van de werking van UWB.

De responsie is dermate gering en de instelling van de versterker is zo gevoelig dat zelfs een eenvoudige detectie van een persoon niet betrouwbaar zal gaan.

UWB heeft een grote toekomst. Doordat de techniek dermate eenvoudig is en de energieconsumptie dermate laag zal het gebruik van compactere schakelingen in de toekomst een vlucht gaan nemen.

Met de in de toekomst vrijgegeven frequentieband voor het uitgezonden signaal is daarmee de weg vrijgemaakt voor een scala aan commerciële toepassingen voor UWB.



1 2 3 4 5

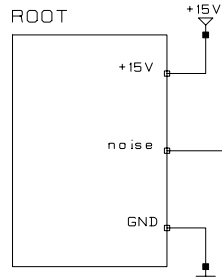
1 2 3 4 5

D

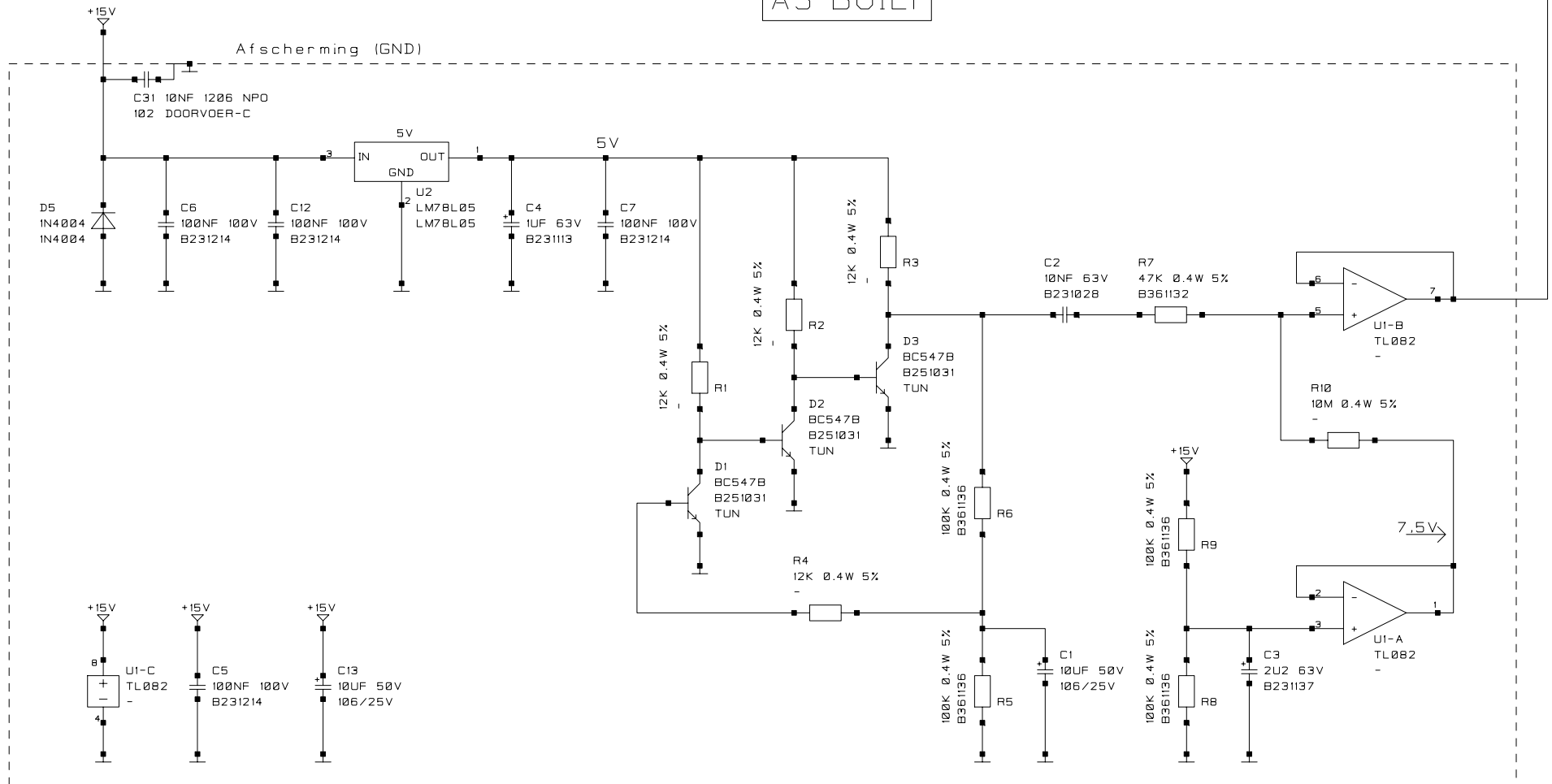
C

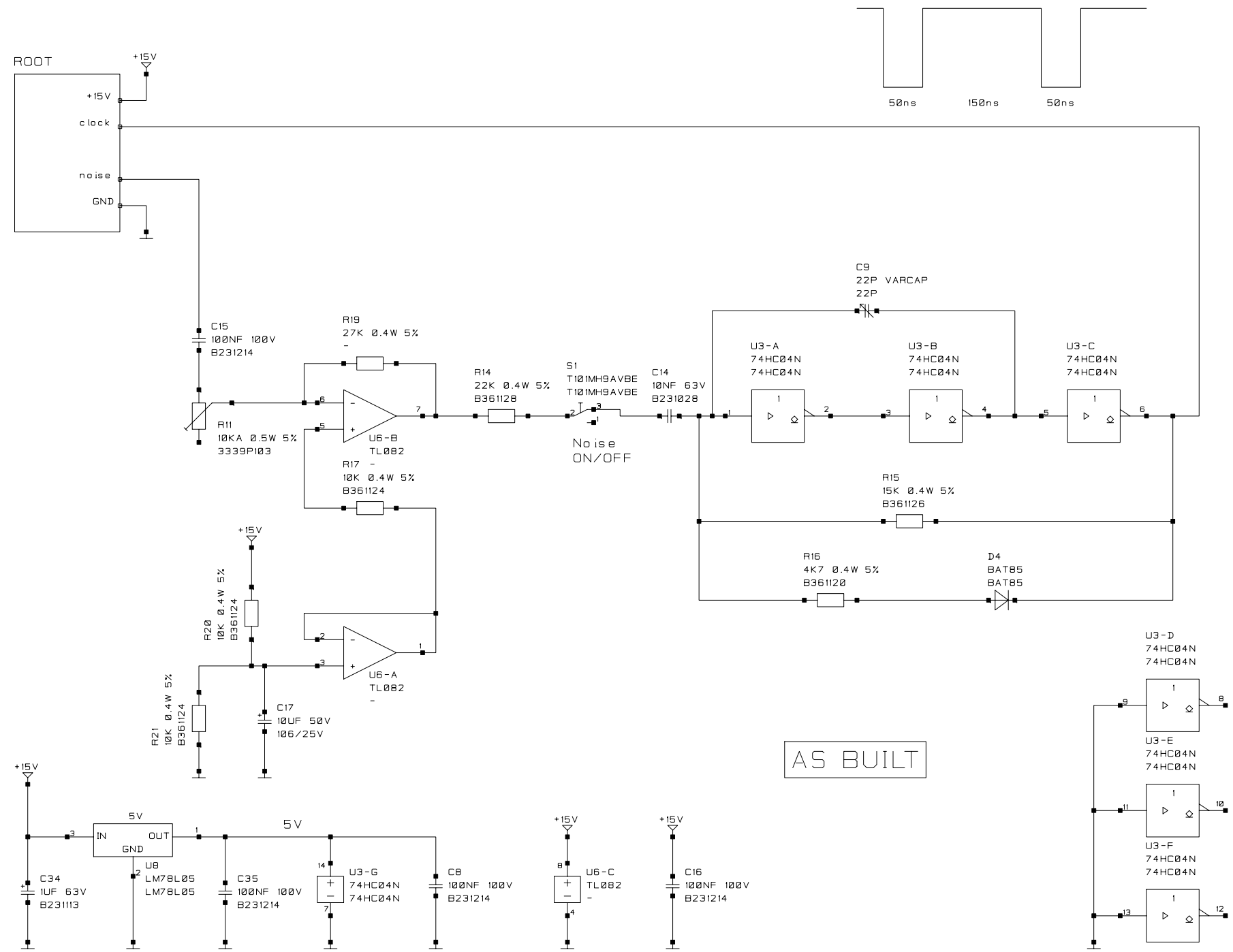
B

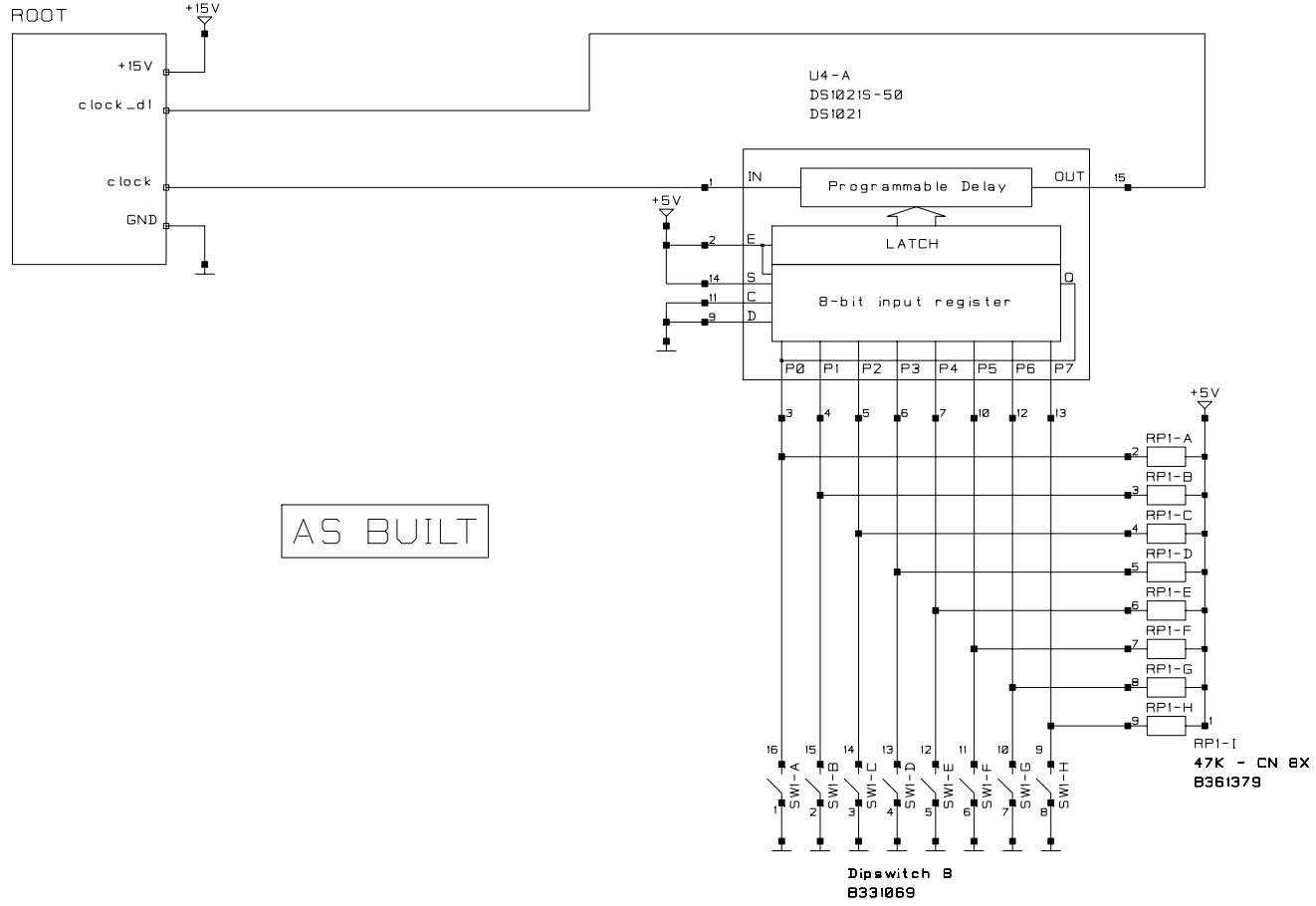
A



AS BUILT

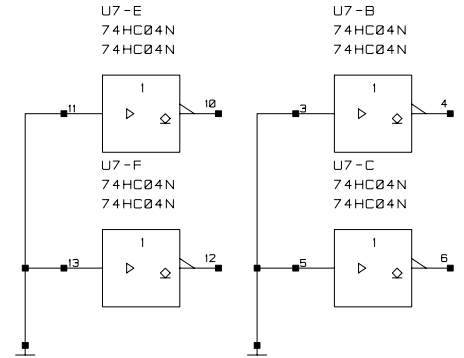
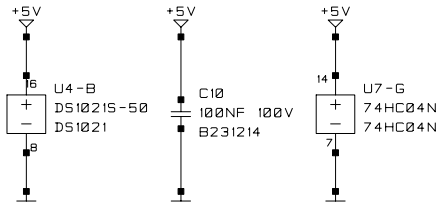
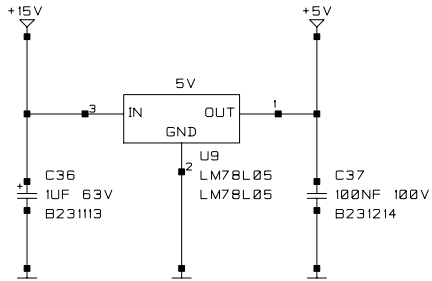




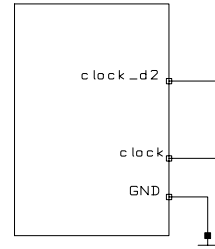


AS BUILT

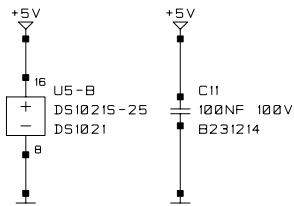
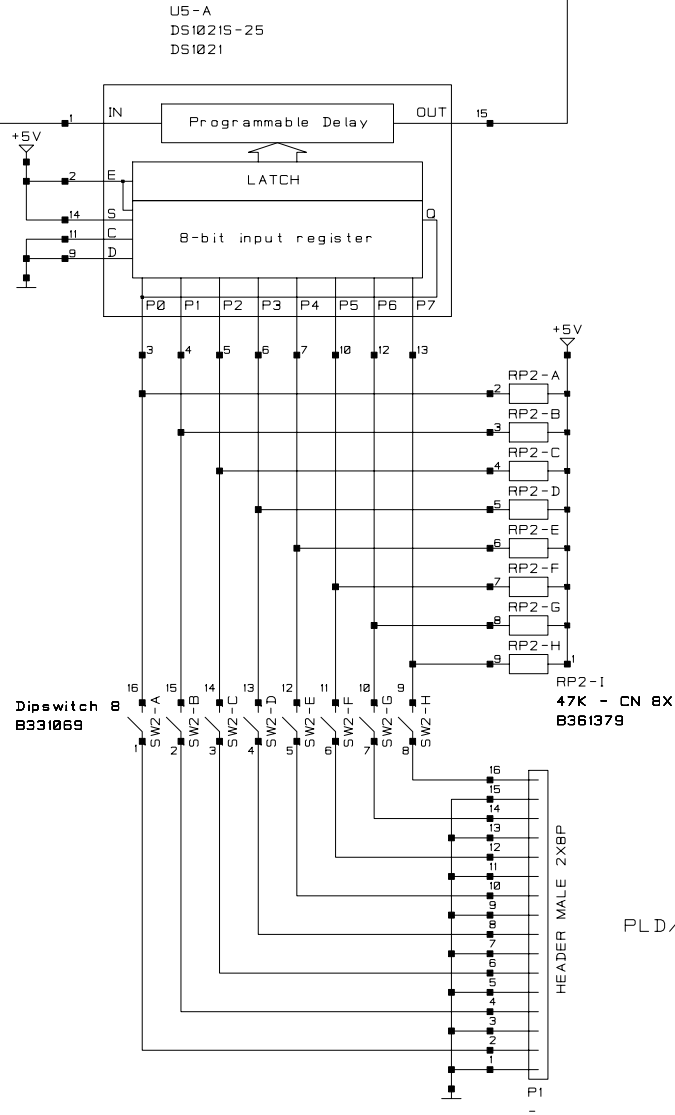
0-63 // 10-42 ns



ROOT



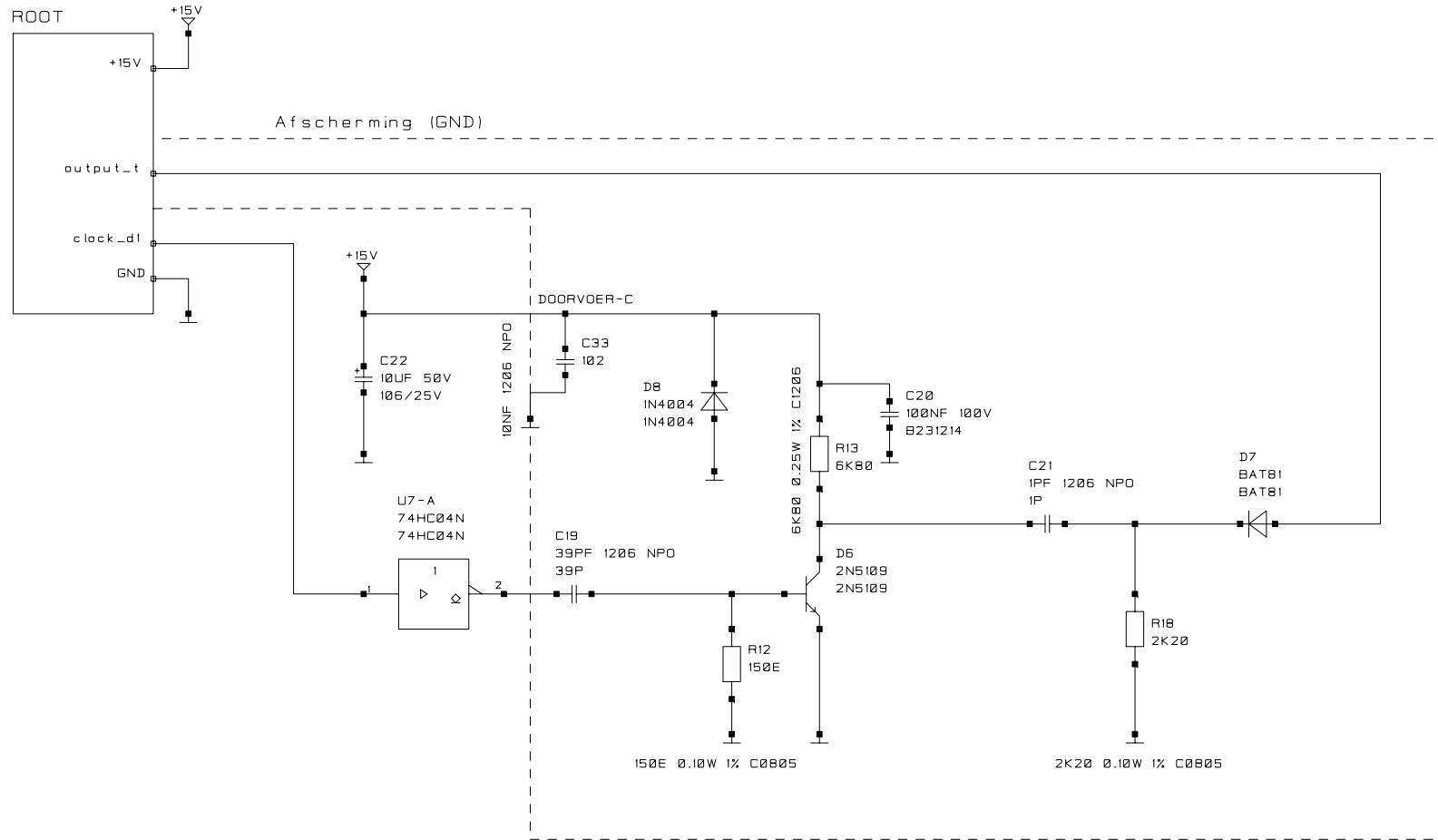
AS BUILT



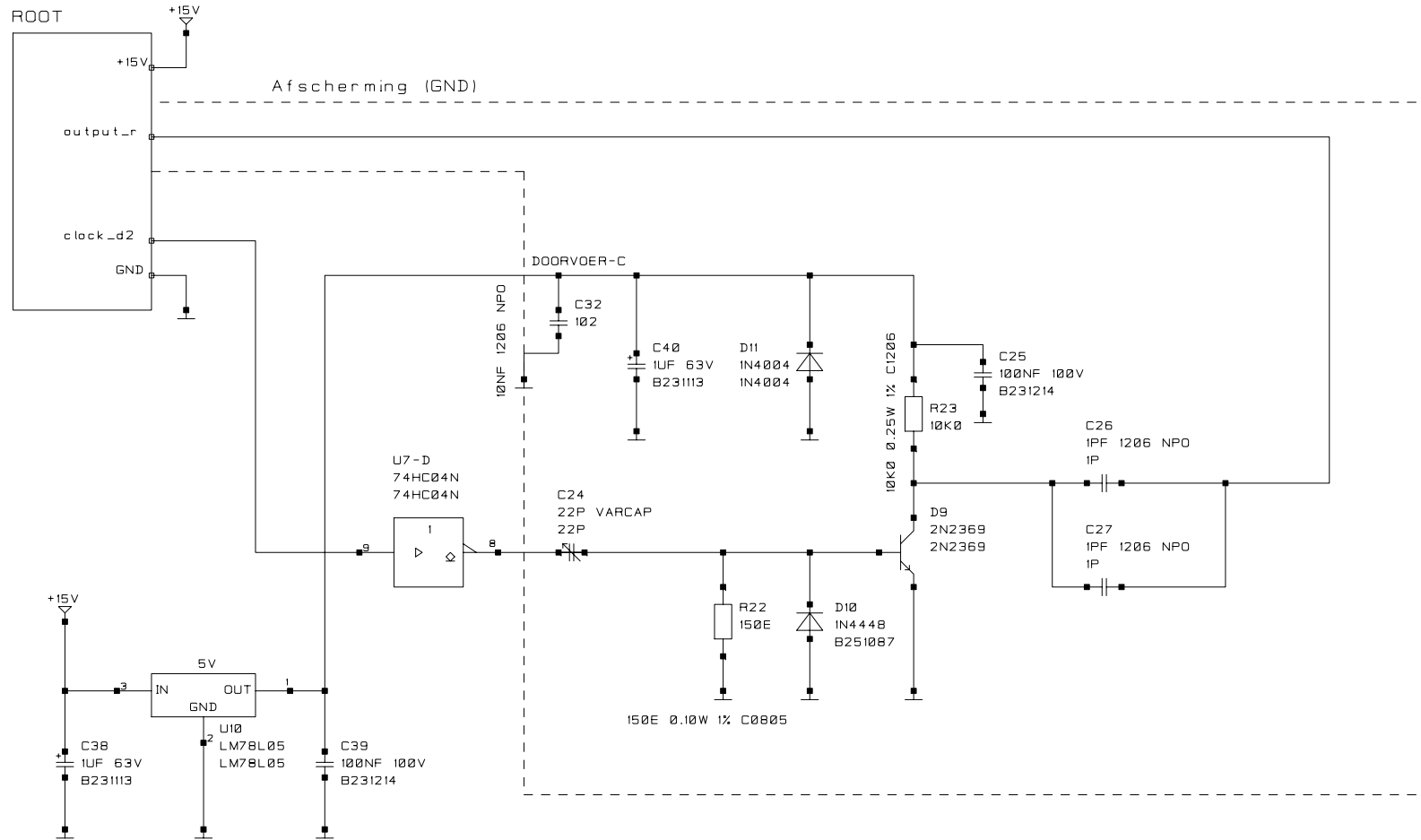
0-127 // 10-42 ns

PLD/jumpers

Get.	BHA
D.D.	05052004
Gec.	
Nr.:	9990601



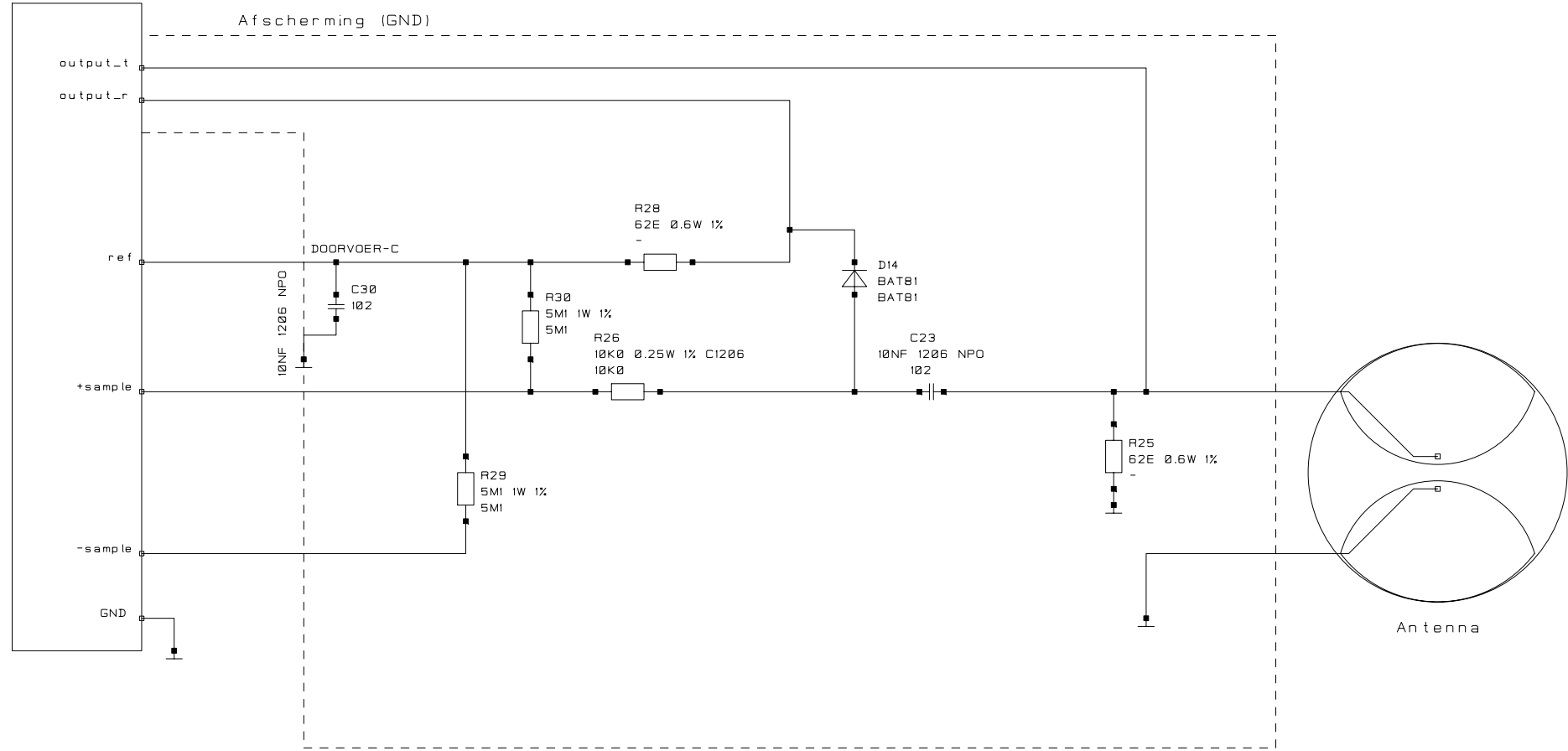
AS BUILT



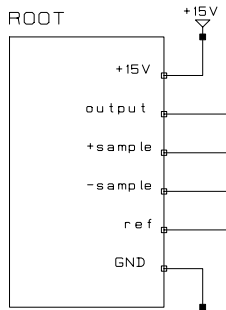
AS BUILT

Get.	BHA
D.D.	05052004
Gec.	
Nr.:	9990801

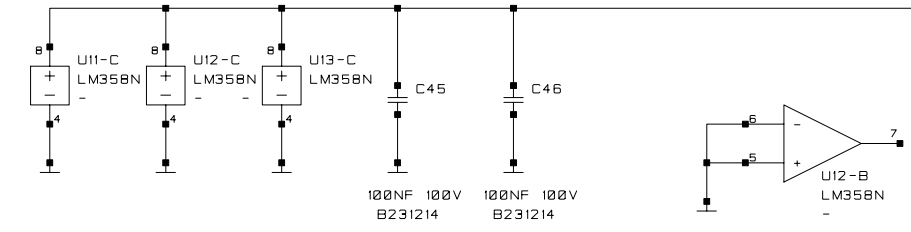
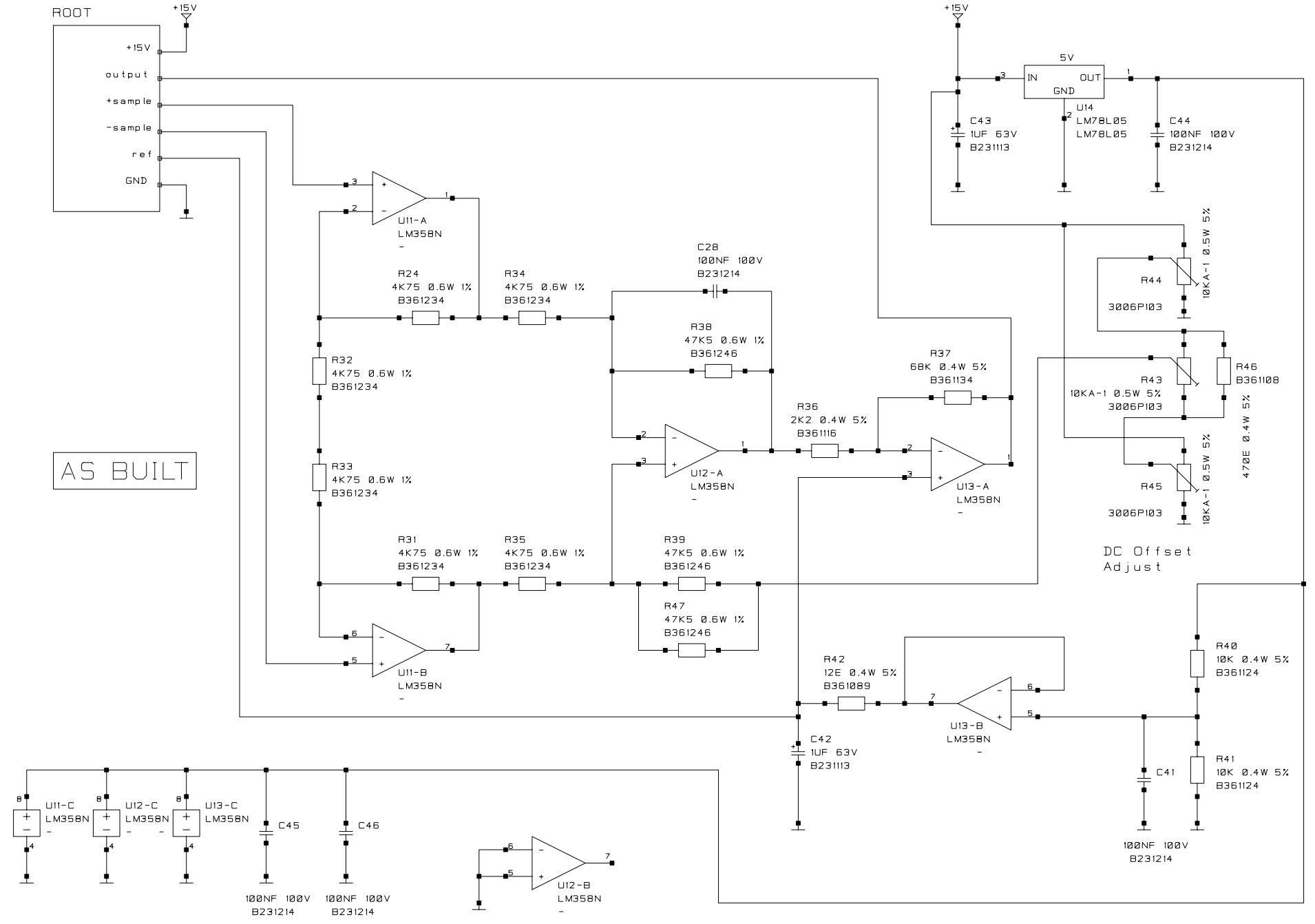
ROOT



AS BUILT



AS BUILT



DC Offset Adjust