

# Ontwerp DATV stuurtrap 2m en 70cm, ca 1 tot 5W

Door Richard Schulting (PA1RAM)

## Introductie

In de afgelopen maanden zijn er bij onze DATV hobby diverse LDMOS FET's gesneuveld in de Chinese eindtrappen bij zowel jullie als bij ikzelf door waarschijnlijk de RF inschakelpiek van de ADALM Pluto. De gebruikte MRF9120 en MRF9180 kunnen maar een -Ugs van een 0,5V verdragen, dat is bij een Ugs bias instelling van 4V ca 800mW (29dBm) en de Pluto piekt bij het starten van de max 0dBm naar kortstondig 10dBm, als dat met een stuurversterker wordt versterkt met 25dB dan ga je al snel over de limiet. Waarschijnlijk blijft het een tijd goed gaan maar op een gegeven moment legt de MRF het loodje...

*Opmerking: Waarschijnlijk is het mogelijk om dit inschakelgedrag te onderdrukken met een TX-enable signaal vanuit de Pluto zelf. Ik heb dat verder nog niet onderzocht, het is dan van belang dat dit signaal hoog (of laag?) gaat ná de inschakelpiek, of anders dient er een instelbare vertraging op te worden gebouwd.*

Nieuw aangeschafte MRF's zijn helaas niet altijd echte exemplaren en dit probleem wordt alleen maar groter omdat de originele versies niet meer worden geproduceerd en China voorziet ons in tal van slechte klonen. Hetzelfde verhaal geldt voor de Chinese stuurtrappen die achter de Pluto worden gebruikt. De Mitsubishi RA modules sneuvelen nog al eens en maar al te vaak gaat het dan ook weer om plagiaat onderdelen. Het is nooit zeker dat je een origineel exemplaar koopt, niet in Europa en zelfs niet in Nederland. Los daarvan zijn de prestaties van deze Chinese stuurtrappen én klonen echt belabberd, zelfs met een hogere IDQ instelling...

Daarom heb ik besloten om zelf maar een stuurtrap te ontwikkelen met goed verkrijgbare en echte onderdelen voor om te beginnen de 2m en 70cm band voor gebruik met DATV met een uitgangsvermogen van 1 tot 5W DATV. De stuurtrap gaat uit 2 trappen bestaan om zo aan voldoende versterking te komen voor de Pluto. Ik wil het project zo documenteren dat het door iedereen is na te bouwen. En desgewenst ga ik ze op afroep zelf bouwen. Ik heb de benodigde onderdelen in 5-voud besteld voor ons groepje in Flevoland, maar voel je niet verplicht om dat bij mij af te nemen. Ik probeer de kosten zo laag mogelijk te houden maar hou er rekening mee dat courante onderdelen een stuk duurder zijn dan die uit China...

## Opmerking (maart 2024)

Even voor de goede orde, dit project is in ontwikkeling en een eerste exemplaar moet nog worden gebouwd. Het kan dus zijn dat er op de testbank blijkt dat er nog wijzigingen moeten worden doorgevoerd...

## Opmerking (mei 2024)

Dit project heb ik nu stopgezet omdat de gebruikte FET niet in staat blijkt om meer dan 1W aan DATV te produceren. Versie 2.0 wordt overwogen maar ik wil dan wel zeker zijn dat de geselecteerde FET in staat is om max 5W aan DATV te maken. En dan begint het hele verhaal weer opnieuw en zijn we zo maanden verder. Maar dát is ook de hobby...

# Inhoudsopgave

Ontwerp DATV stuurtrap 2m en 70cm, ca 1 tot 5W .....	1
Introductie .....	1
Opmerking (maart 2024) .....	1
Opmerking (mei 2024).....	1
Ontwerpeisen .....	4
1 <sup>e</sup> RF trap: .....	5
Waarom de SPF5189? .....	5
SPF5189 - Specificaties .....	5
1 <sup>e</sup> RF trap - Impedantie aanpassing .....	7
1e RF trap - S11 .....	7
1 <sup>e</sup> RF trap - S22 .....	7
2 <sup>e</sup> RF trap .....	8
Waarom de RD15HVF1? .....	8
RD15HVF1 Specificaties .....	8
2 <sup>e</sup> RF trap - Impedantie aanpassing .....	9
2 <sup>e</sup> RF trap - S11 .....	9
2 <sup>e</sup> RF trap - S22 .....	9
RF stabilisatie circuits .....	10
RF ontkoppelingen .....	10
Bias regeling.....	10
SWR circuit.....	10
Low Pass Filter .....	11
TX Enable ingang .....	11
Voeding 1 <sup>e</sup> RF trap.....	11
Ventilator besturing .....	11
Schema 2m DATV .....	11
Schema 70cm DATV.....	12
Printontwerp.....	13
Print Lay-out .....	13
Part list.....	14
Opmerkingen bij partlist.....	15
Koelprofiel .....	15
Inducties maken voor UHF .....	15

De resultaten vallen tegen.....	18
Project is gestopt.....	18
Foto eerste opbouw .....	18
Foto na alle modificaties .....	18
Meetresultaat .....	19
Nog uit te werken notities .....	19

## Ontwerpeisen

Versterking >35dB

Ingangsvermogen max 0dBm (rechtstreeks uit een Adalm Pluto, instelbaar met b.v. DATV Easy)

Uitgangsvermogen 30-37dBm (1 tot ca 5W DATV)

DATV RF signaal-schouders >45dB

Harmonischen onderdrukking >50dBc

Bias regeling mét temperatuurcompensatie

Bias instelling met meerslagen instelpotentiometer

Voeding 12V (13,8V)

RF ontkoppeling op alle externe in/uitgangen

Beveiliging tegen ompolen mét SMD on-print zekering

Gebruik van courante, originele en goed verkrijgbare onderdelen

Passend in een standaard TEKO RF blik (120 x 65 x 30mm), printplaat 60 x 110mm

Te voorzien van standaard koelblok (100 x 80 x 40mm), optioneel te voorzien van ventilatoren

Voedingsaansluiting met schroefbare "banaan"-aansluitingen

RF in- en uitgang met SMA Female

Bestand tegen SWR 20:1 bij 5W in 50Ω

Dubbelzijdige FR4 print, voorzien van VIA's en een vertind massavlak aan onderzijde

Gebruik van SMD1206 onderdelen waar mogelijk

Ontwerp moet goed reproduceerbaar zijn (KISS ontwerp)

Optionele externe TX-enable ingang voor bias regeling

Temperatuurregeling FAN's (Aan bij 40°C, uit bij 30°C)

Ingebouwde SWR brug met FWD en REV uitgangen

# 1<sup>e</sup> RF trap:

## Waarom de SPF5189?

Het uitgangssignaal van de Adalm Pluto (max 0dBm) dient met minimaal 15dB versterkt te worden willen we in 2 trappen naar 30dB versterking. We hebben allemaal al ervaring met de Chinese LNA versterkerprintjes welke zeer breedbandig versterken en gebruik maken van een MMIC chip, de SPF5189. Wel geven deze trapjes wel eens de geest, onduidelijk is of dit wordt veroorzaakt door het feit dat het een plagiaat chip is of dat het komt door de inschakelpiek van de Pluto. Maar de chip is goed verkrijgbaar en heeft nagenoeg perfecte eigenschappen voor DATV gebruik. Dit wordt dus de 1<sup>e</sup> RF trap.

## SPF5189 - Specificaties

18.7dB gain @900MHz -> bij 1mW input ca 100mW output. (max 500mW...)

Broadband internal matching, 50MHz – 4GHz

Ultra-low noise: 0,6dB @ 900MHz

Voeding: 5V, 90mA.

Interne bias regeling mét temperatuurcompensatie.

Surface mount, koeling en massa door speciaal patroon van VIA's

Eventueel met de hand te solderen maar gebruik van een heat-gun is beter...

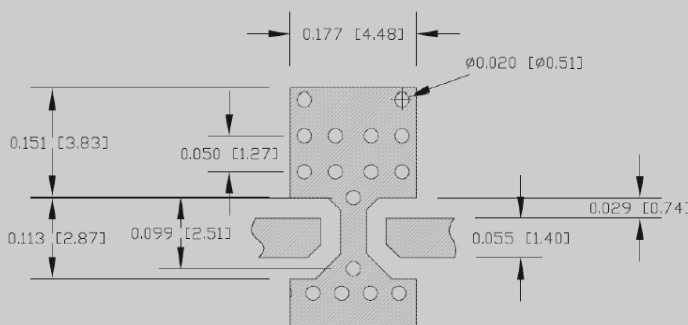
DC blocking condensatoren zijn nodig op zowel in- als uitgang

### Absolute Maximum Ratings

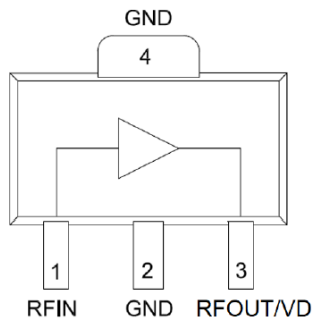
Parameter	Rating
Maximum Storage Temperature Range	-60 °C to +150 °C
Device Voltage (VD)	+5.5 V
Device Current (ID)	120 mA
RF Input Power	27 dBm
Maximum Power Dissipation	660 mW
Junction Temperature (T <sub>J</sub> )	+150 °C

Exceeding any one or a combination of the Absolute Maximum Rating conditions may cause permanent damage to the device. Extended application of Absolute Maximum Rating conditions to the device may reduce device reliability.

### PCB Mounting Pattern



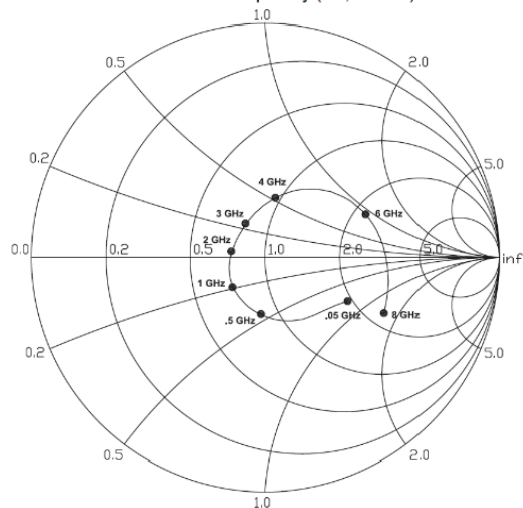
## Pad Configuration and Description



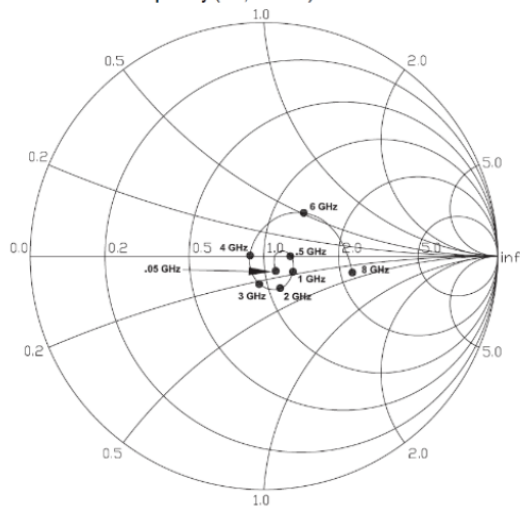
Top View

Pad No.	Label	Description
1	RFIN	RF input, External DC Blocking capacitor required.
3	RFOUT/VD	RF output and DC Supply input, External DC Block capacitor required.
2, 4 Backside Paddle	GND	RF and DC ground, Use recommended via hole pattern to minimize inductance and thermal resistance. See PCB Mounting Pattern for suggested footprint.

S11 versus Frequency (5V, 90mA)



S22 versus Frequency (5V, 90mA)



## 1<sup>e</sup> RF trap - Impedantie aanpassing

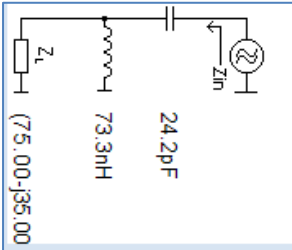
De S11 eigenschappen zijn zodanig dat aanpassingsnetwerken op de beide frequenties wél noodzakelijk zijn. In tegenstelling tot het gemis hiervan op de Chinese LNA printjes... 🙄

De aanpassingen zijn berekend met de Smith v4.1 applicatie.

### 1e RF trap - S11

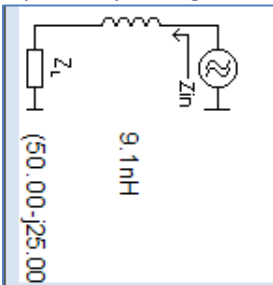
S11 (145MHz):  $(1,5-j0,7)\Omega = (75-j35)\Omega$

Input aanpassing 145MHz naar  $Z=50\Omega$



S11 (440MHz):  $1\Omega -0,5j \Rightarrow (50-j25)\Omega$

Input aanpassing 440 MHz naar  $Z=50\Omega$

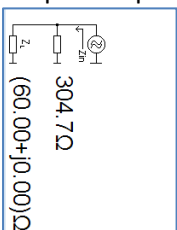


### 1<sup>e</sup> RF trap - S22

De S22 gegevens laten een nagenoeg ohms gedrag zien voor onze frequenties, impedantie aanpassing is waarschijnlijk niet nodig of hooguit een parallel weerstand.

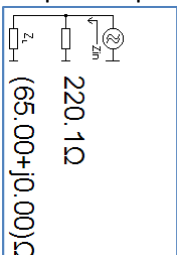
S22 (145MHz):  $(1,2-j0,0)\Omega = (60-j0,0)\Omega \rightarrow$  VSWR = 1.21:1 zonder aanpassing...

Output aanpassing 145MHz naar  $Z=50\Omega$



S22 (440MHz):  $(1,3-j0,0)\Omega = (65-j0,0)\Omega \rightarrow$  VSWR = 1,30 : 1 zonder aanpassing...

Output aanpassing 440MHz naar  $Z=50\Omega$



## 2<sup>e</sup> RF trap

### Waarom de RD15HVF1?

Gebruikmakend van redelijk courante datasheets zijn er een aantal mogelijkheden bekeken. Veel chips zijn tegenwoordig Surface Mount en dus lastig om te solderen met een soldeerbout en veel van ons beschikken (nog) niet over SMD soldeerapparatuur. Juist om deze reden heb ik gekozen voor de RD15HVF1 (of de kleinere broer RD06HVF1 die waarschijnlijk ook nog wel zou voldoen), deze beschikt namelijk over een TO-220S behuizing met de source aan de metalen achterplaat en is dus voorzien van poten om te solderen. Het is dan wel zaak om die dan zo kort mogelijk te houden...

### RD15HVF1 Specificaties

14dB gain @175MHz -> bij 100mW input ca 1,5W output.

Max Pout 15W in CW/FM mode maar waarschijnlijker is 3W met DATV.

Kan met 12V worden gevoed.

IDQ 0,5A bij 15W Pout. Waarschijnlijk rond de 1A voor DATV.

TO-220S behuizing (normaal soldeerbaar) met de source aan de backplate

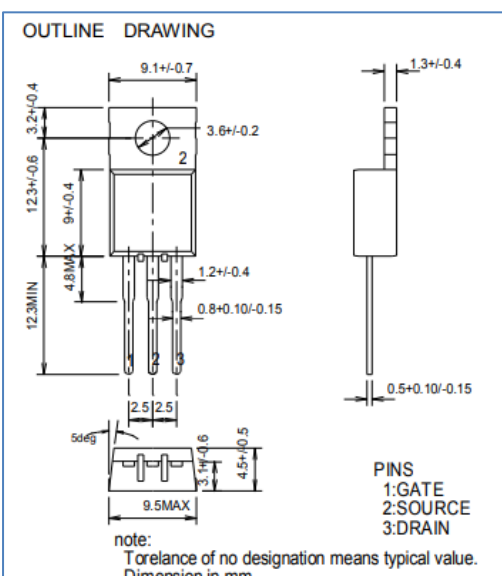
Vgss min-max -5 tot +10V (dus veel beter dan de -0,5V van de MRF9120/9180...)

■175/520MHz Band									
Type Number	Structure	Max.ratings		Vdd (V)	f (MHz)	Pin (W)	Po(min) (W)	nd(min) (%)	Package outline
		VDSS (V)	Pch (W)						
RD06HVF1	Si,MOS	50	27.8	12.5	175	0.3	6	60	TO-220S
RD15HVF1	Si,MOS	30	48	12.5	175/520	0.6/3	15/15	55/50	TO-220S

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

(Tc=25°C , UNLESS OTHERWISE NOTED)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	RATINGS	UNIT
Vdss	Drain to source voltage	Vgs=0V	30	V
Vgss	Gate to source voltage	Vds=0V	-5 to +10	V
Pch	Channel dissipation	Tc=25°C	48	W
Pin	Input power	Zg=Zl=50Ω	1.5	W
Ids	Drain current	-	4	A





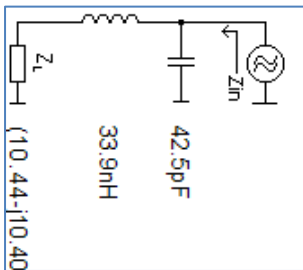
## RD15HVF1 S-PARAMETER DATA (@V<sub>ds</sub>=12.5V, I<sub>d</sub>=500mA)

Freq. [MHz]	S11		S21		S12		S22	
	(mag)	(ang)	(mag)	(ang)	(mag)	(ang)	(mag)	(ang)
50	0.669	-129.4	33.102	99.5	0.017	27.3	0.516	-118.9
100	0.637	-148.3	16.405	78.3	0.016	28.4	0.545	-141.0
150	0.667	-155.5	10.443	65.0	0.015	47.4	0.606	-148.4
175	0.687	-158.0	8.723	59.3	0.016	58.1	0.632	-151.4
200	0.708	-160.4	7.390	54.0	0.018	68.4	0.664	-154.5
250	0.746	-164.7	5.529	44.9	0.025	80.2	0.718	-158.8
300	0.780	-168.7	4.302	36.4	0.034	85.1	0.758	-164.6
350	0.808	-172.6	3.449	29.6	0.045	86.2	0.803	-168.2
400	0.833	-176.3	2.802	22.5	0.055	84.5	0.826	-174.6
450	0.852	-179.8	2.341	17.2	0.066	82.8	0.853	-177.5
500	0.869	176.6	1.949	11.5	0.075	80.0	0.854	176.7

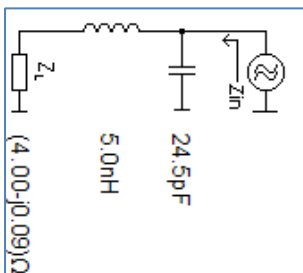
### 2<sup>e</sup> RF trap - Impedantie aanpassing

#### 2<sup>e</sup> RF trap - S11

S11 (145MHz) mag & angle: 0,667 -155,5 = (10,44 -j0,99) $\Omega$   
 Input aanpassing 145MHz naar Z=50 $\Omega$

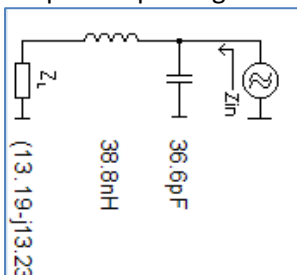


S11 (440MHz) mag & angle: 0,852 -179,8 = (4,00 -j0,09) $\Omega$   
 Input aanpassing 440 MHz naar Z=50 $\Omega$



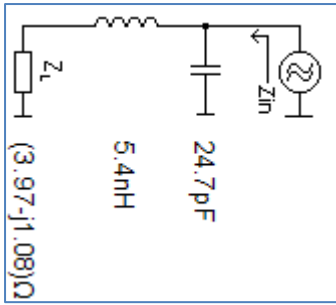
#### 2<sup>e</sup> RF trap - S22

S22 (145MHz) magnitude & angle: 0,606 -148,4 = (13,19 -j13,23) $\Omega$   
 Output aanpassing 145MHz naar Z=50 $\Omega$



S22 (440MHz) magnitude & angle:  $0,853 -177,5 = (3,97-j1,08)\Omega$

Output aanpassing 440MHz naar  $Z=50\Omega$



## RF stabilisatie circuits

RF FET's zijn door hun hoge versterking over een grote bandbreedte gevoelig voor spontane oscillaties. In het ontwerp zijn 2 netwerkjes opgenomen om dat tegen te gaan. Omdat ik deze FET persoonlijk nog niet ken weet ik niet of ze nodig gaan zijn. De stabiliteit zal moeten blijken wanneer we de versterker aan de tand gaan voelen met de spectrum analyzer. Deze onderdelen staan in het schema rood gekleurd weergegeven. De  $150\Omega/1W$  weerstand dient iets los van de print te worden gesoldeerd (korte draden!) omdat deze aardig heet kan worden als die zijn werk doet...

## RF ontkoppelingen

Het ontwerp zit vol met RF ontkoppelingen. In elk geval is elke externe verbinding met uitzondering van de RF in/uit gangen voorzien van een 6-gats ferriet ontkoppeling, maar ook de voedingslijnen maken er gebruik van. Op het oog misschien een beetje veel van dit alles maar in mijn praktijk waren deze toch altijd (vaak achteraf) nodig. De voedingslijn gebruikt bij de ingang overigens een zwaardere 2-gats varkensneus met 2 windingen van 1mm enamel draad.

## Bias regeling

De bias regeling van de 2<sup>e</sup> trap zorgt voor een temperatuur-gecompenseerde Gate-Source voorspanning. De Ugs spanning is instelbaar met een 10-slags potmeter van ca 3,6 tot 6,5V. De hoger de spanning de hoger de ruststroom door de FET ( $I_{DQ}$ ). Waarschijnlijk is ca 4V voldoende voor 1A  $I_{DQ}$  maar dat zal blijken wanneer we gaan testen, let er wel op dat je de spanning helemaal omlaag draait zodat de FET er niet gelijk tussenuit stapt... (Het beste is om deze in te stellen op minimale Ugs met een voltmeter vóórdát de FET wordt gemonteerd)

De temperatuur compensatie wordt bereikt met een NTC weerstand. Het type B57045K103K is voorzien van een M3 schroefdraad waarmee deze, nabij de FET, in de koelplaat kan worden gedraaid. De NTC is voorzien van een zeskant schroefaansluiting. Let op dat je deze eerst monteert voordat je de draden gaat vast solderen. Bovendien deze NTC monteren vóórdát de FET wordt gemonteerd omdat je anders geen ruimte hebt om het vast te draaien.



NTC weerstand

## SWR circuit

Het ontwerp is op verzoek voorzien van een ingebouwd SWR circuit op de uitgang van de versterker voor het monitoren van de Forward en Reverse RF waardes.

## Low Pass Filter

Voor het onderdrukken van de harmonischen is er een 7-pole Chebyshev Pi LC Low Pass Filter opgenomen na de uitgang van de 2<sup>e</sup> RF trap. De opgegeven spoel- en condensator- waarden kunnen nog wat variëren indien het gedrag na meting moet worden bijgesteld.

## TX Enable ingang

Op verzoek heb ik een TX Enable circuit toegevoegd. Het bias circuit wordt aangestuurd door een PMIC power switch type BTS4142N welke letterlijk als een aan/uit schakelaar functioneert. Het gedrag is normally-off en het TX signaal mag tussen +5V en +12V liggen. De ingang van de BTS4142N mag niet zweven! Aan de ingang heb je óf de keuze om deze permanent hoog te maken met een pull-up weerstand, in dat geval maak je dus geen gebruik van de TX-Enable ingang, óf wanneer je deze wel wilt gebruiken monteer je (alleen) de pull-down weerstand.

## Voeding 1<sup>e</sup> RF trap

De gebruikte MMIC in de 1<sup>e</sup> RFtrap mag max 5,5V hebben. In het schema wordt deze gevoed via een 78L05 in SMD uitvoering welke max 100mA kan leveren bij een 0,5W dissipatie. We zitten wel redelijk aan de bovengrens met 90mA voor de MMIC, de praktijk zal moeten uitwijzen of de 78L05 heel gaat blijven...

Omdat we deze stabilisator voeden vanuit de 12V is een voorschakelweerstand van ca 40Ω noodzakelijk. Dit dient minimaal een 1/2W exemplaar te zijn, op de print kan dit een reguliere weerstand zijn of eventueel kunnen 2 SMD weerstanden (2 x R1206 = 0,25W of 1 x R2010 = 0,5W) worden gebruikt om het vermogen aan te kunnen. Op de printplaat zit een voorziening voor beide mogelijkheden.

## Ventilator besturing

De ventilatoren (indien gebruikt) kunnen automatisch worden geschakeld met de uit China bekende KSD-01F halfgeleider schakelaar. Deze zijn leverbaar voor verschillende temperaturen waarbij die dan de voedingspanning doorverbinden naar de fan(s) dus let op dat je het juiste exemplaar neemt: inschakeling b.v. bij 40° en uitschakeling bij 30°.

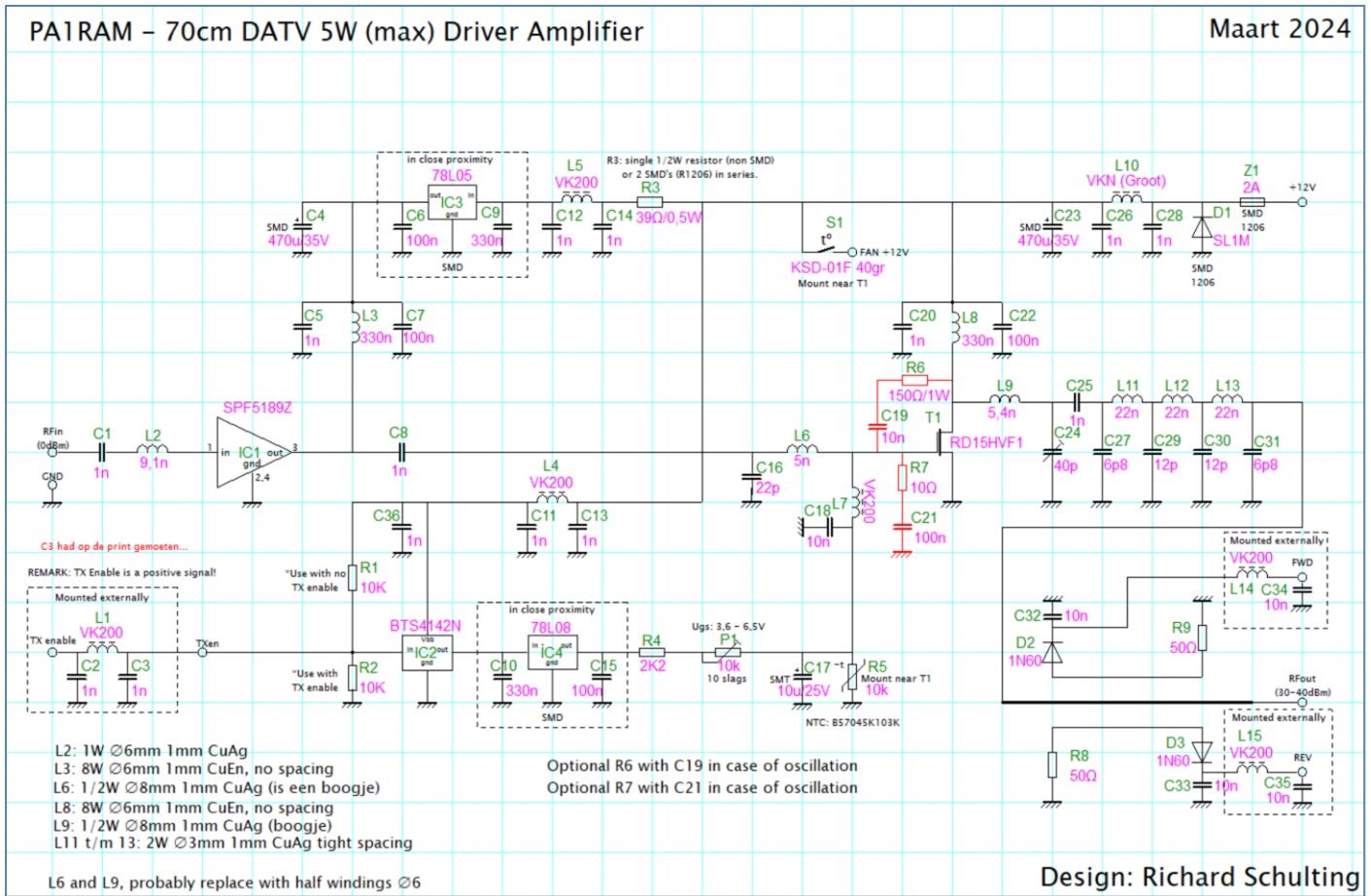
De chip dient op de koelplaat te worden gemonteerd, uiteraard in de buurt van de FET. De bedrading loopt dan van de +12V via de chip naar de plusaansluiting van de fans. Deze besturing is optioneel maar ik heb deze wel op de print meegenomen voor een plaatsing nabij de FET (uitsparing in printplaat)

Datasheet voorbeeld: [https://ruelectronics.com/files/Datasheet\\_110654-82e42dc947e292a49ac0b1d56ad565e9.pdf](https://ruelectronics.com/files/Datasheet_110654-82e42dc947e292a49ac0b1d56ad565e9.pdf)

## Schema 2m DATV

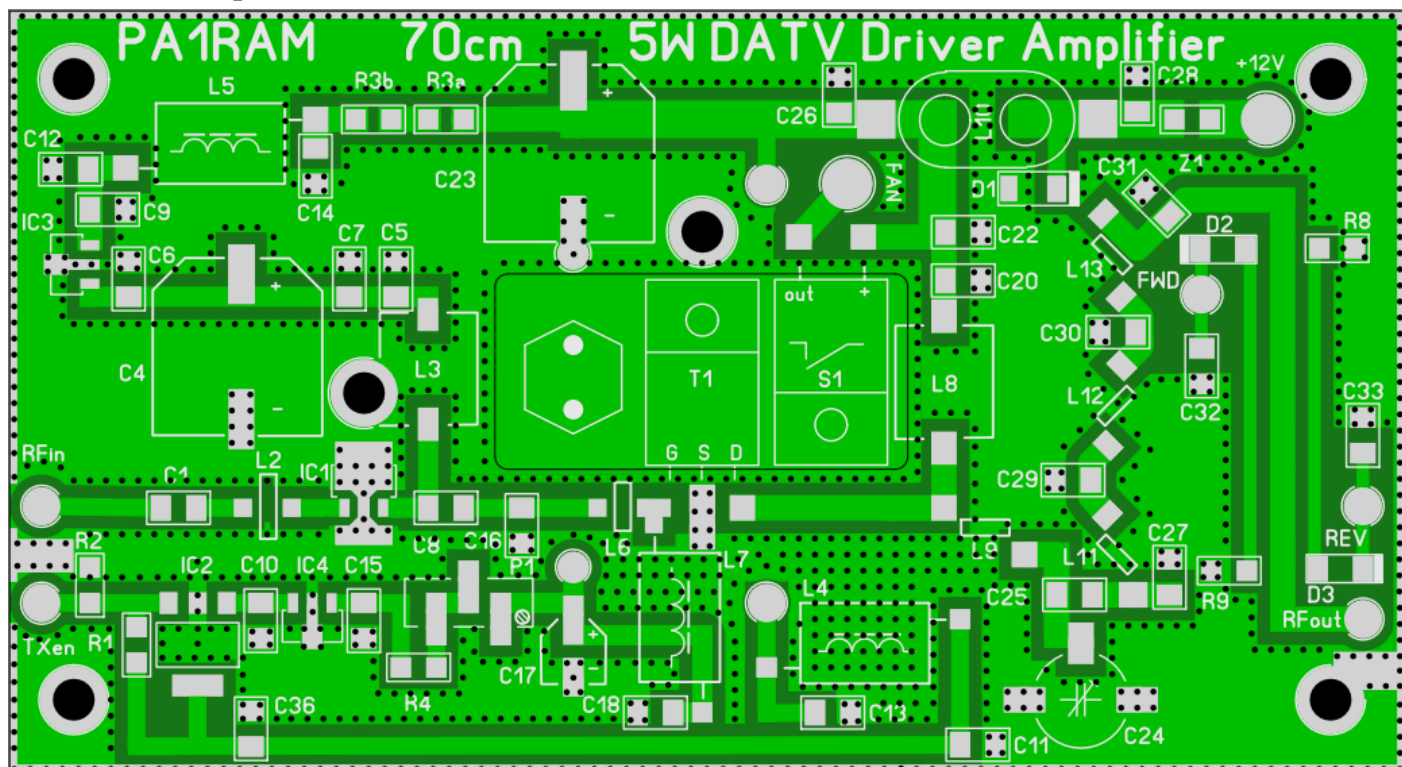
Dit schema wordt grotendeels gelijk aan die van 70cm maar de diverse aanpassingen en het LPF zal anders zijn kwa waardes.

# Schema 70cm DATV

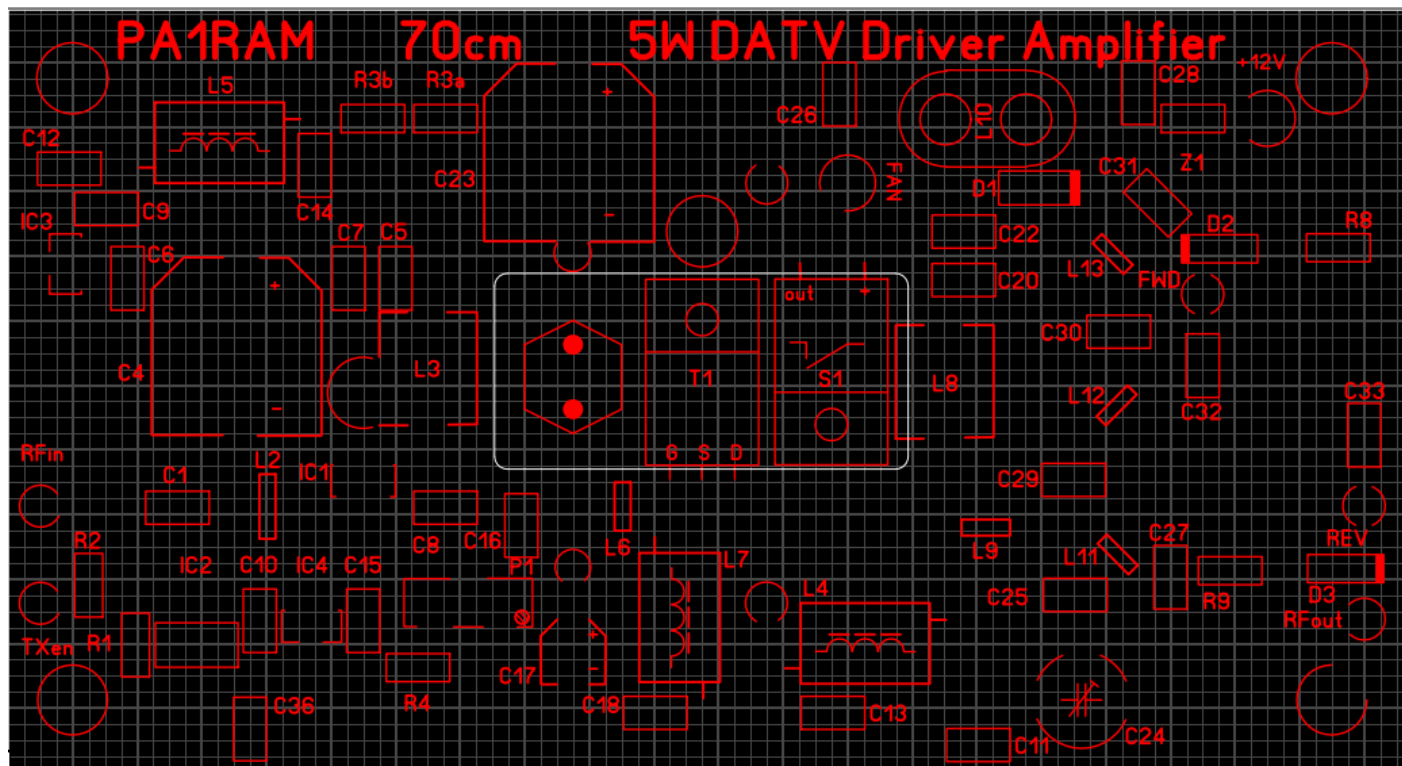


De eerder opgegeven spoel gegevens heb ik later veranderd door het gebruik van een andere calculator

# Printontwerp



# Print Lay-out



## Part list

Partnumber	Value	Type	Model	Supplier	Price (€)
C1	1nF	SMD	1206	Amazon	0,25
C2*	1nF	Keramisch	Through hole	Conrad	0,12
C3*	1nF	Keramisch	Through hole	Conrad	0,12
C4	470uF/35V	SMD Elco	EEVFK1V471Q	Conrad	1,83
C5	1nF	SMD	1206	Amazon	0,25
C6	100nF	SMD	1206	Amazon	0,25
C7	100nF	SMD	1206	Amazon	0,25
C8	1nF	SMD	1206	Amazon	0,25
C9	330nF	SMD	1206	Amazon	0,25
C10	330nF	SMD	1206	Amazon	0,25
C11	1nF	SMD	1206	Amazon	0,25
C12	1nF	SMD	1206	Amazon	0,25
C13	1nF	SMD	1206	Amazon	0,25
C14	1nF	SMD	1206	Amazon	0,25
C15	100nF	SMD	1206	Amazon	0,25
C16	22pF	SMD	1206	Amazon	0,25
C17	10uF/25V	SMD Elco	EEFFP1E100AR	Conrad	0,37
C18	10nF	SMD	1206	Amazon	0,25
C19*	10nF/400V	MKT	B32560-J6103-K1	Conrad	0,20
C20	1nF	SMD	1206	Amazon	0,25
C21*	100nF	SMD	1206	Amazon	0,25
C22	100nF	SMD	1206	Amazon	0,25
C23	470uF/25V	SMD Elco	EEVFK1V471Q	Conrad	1,83
C24	40pF Trimmer	Folie 7,5mm	2222-808-11229	Rens	2,75
C25	1nF	SMD	1206	Amazon	0,25
C26	1nF	SMD	1206	Amazon	0,25
C27	6p8	SMD	1206	Amazon	0,25
C28	1nF	SMD	1206	Amazon	0,25
C29	12pF	SMD	1206	Amazon	0,25
C30	12pF	SMD	1206	Amazon	0,25
C31	6p8	SMD	1206	Amazon	0,25
C32	1nF	SMD	1206	Amazon	0,25
C33	1nF	SMD	1206	Amazon	0,25
C36	1nF	SMD	1206	Amazon	0,25
D1	Diode SL1D 1A/200V	SMD	SOD123F	TME	1,05
D2	1N60 or equivalent	Germanium DO-7	162205	Conrad	2,58
D3	1N60 or equivalent	Germanium DO-7	162205	Conrad	2,58
IC1	SPF5189Z	SMD	SOT of TO	Enigma UK	3,95
IC2	BTS4142N	SMD	SOT223-3	TME	2,00
IC3	78L05	SMD	DI78L05UAB	TME	0,90
IC4	78L08	SMD	DI78L08UAB	TME	0,90
L1*					
L2	9,1nH lucht spoel	CuAg 1mm			0,10
L3	330nH lucht spoel	CuEn 1mm			0,10
L4	VK200	6 gats varkensneusje	B82114-R-A1	Van Dijken	0,35
L5	VK200	6 gats varkensneusje	B82114-R-A1	Van Dijken	0,35
L6	5nH lucht spoel	CuAg 1mm			0,10
L7	VK200	6 gats varkensneusje	B82114-R-A1	Van Dijken	0,35
L8	330nH lucht spoel	CuEn 1mm			0,10
L9	5,4nH lucht spoel	CuAg 1mm			0,10
L10	VKN 2W 1mm CuEm)	2 gats varkensneus	4312 020 36700	Van Dijken	0,20
L11	22nH lucht spoel	CuAg 1mm			0,10



L12	22nH lucht spoel	CuAg 1mm			0,10
L13	22nH lucht spoel	CuAg 1mm			0,10
P1	Instel Pot, meerslags	CMT 6mm 10KΩ	636-343-08	Conrad	1,49
R1	10kΩ	SMD	1206	Amazon	0,25
R2	10kΩ	SMD	1206	Amazon	0,25
R3	2 x 20Ω	SMD (totaal 1/2W)	1206	Amazon	0,25
R4	2k2	SMD	1206	Amazon	0,25
R5	10kΩ	500490 - 8J	B57045K103K	Conrad	2,99
R6*	150Ω/1W	Metaalfilm	MFR1145	Conrad	0,15
R7*	10Ω/0,25W	Metaalfilm	1584925 - 8J	Conrad	0,05
R8	50Ω	SMD	1206	Amazon	0,25
R9	50Ω	SMD	1206	Amazon	0,25
S1	Thermostaat 40gr	BA06-KSD01F-N.O.40	KSD01F	Vanallesenmeer	1,95
T1	Power Mosfet	RD15HVF1	TO-220S	Enigma UK	5,95
Z1	2AT, 63V	SMD	1206	Conrad	0,64
Koelplaat	Zie foto	100x80x40mm	MoreSunsDIY	AliExpress	14,25
RF Blik	Teko RF blik	122x68x28mm	Teko 393.16	TME	13,50
Ventilator	12VDC	diameter 40mm	EE40100S2	Conrad	2,99
RF Connector	SMA-F	met smalle flens	145-484	Amateurradioshop	1,25
Printplaat	FR4	YT2410421901000612		jlpcb.com	2,00
Voeding Plug	2x (Rood en zwart)	SKS Hirschmann PKI	10 A Poolklem	Conrad	8,00

## Opmerkingen bij partlist

SMD componenten kan je niet los bestellen, ik heb ze in een boekvorm besteld van Amazon met 2000 stuks of zo. De prijs heb ik bepaald rekening houdend met het feit dat je de meeste waardes nooit gebruikt en het aanvullen een stuk duurder is (grotere aantallen zijn dan verplicht).

De met een \* gemarkeerde onderdelen zijn óf optioneel (als de boel oscilleert, is nog niet zeker) of niet op print uitgevoerd (koppeling print naar connector).

Wanneer je alles optelt kom je op nog geen 100€, dat valt eigenlijk best mee vind ik maar is wel zo'n 3x zo duur dan de China exemplaren...

## Koelprofiel



Formaat is 100 x 80 x 40 uit China met mogelijkheid tot monteren van twee 40mm ventilatoren, deze zitten ook veel op computer CPU's en in geschakelde voedingen. Dit is overigens geen optie, de extra koeling is gewoon noodzakelijk. Eventueel kan je de herrie beperken met een voorschakelweerstand. De fans lopen dan wel wat langer.

Helaas past de print niet met deze koelplaat. De bevestigingsgaten vallen nét buiten het profiel.

## Inducties maken voor UHF

Ik heb al jaren een strijd om een spoel te maken waarvan ik de inductie heb bepaald met de smith tool.

Wanneer ik de diverse calculators gebruik voor het bouwen van een "air core helical inductor" en ik ga die dan meten

met de NanoVNA dan klopt er geen  $r^*k$  van. Waarschijnlijk door de parasitaire inducties en capaciteit op deze hoge frequenties...

Meestal pas ik dan achteraf het aantal wikkelingen aan door een S11 meting met de NanoVNA, net zo lang tot ik op ca. 500 Ohm impedantie uitkom. Dit werkt wel voor een RF ingang maar niet als de spoel halverwege tussen 2 actieve componenten zit. In dat geval zit er niets anders op dan met diverse spoelen te testen voor max output...

Maar nu heb ik een calculator gevonden van ON4AA die wél rekening houdt met de parasitaire eigenschappen en bovendien ook met het skineffect van het gebruikte draad.

<https://hamwaves.com/inductance/en/index.html>

Ik ga die dus toepassen en dan zien we wel wat het resultaat is...

**Table 1: Input**

round wire coil with dimensions and current-sheet approximation<sup>1</sup>



mean diameter of the air core coil, measured from conductor centre to conductor centre (include the wire insulation thickness, if any)	D	7 mm
number of turns	N	1
length of the coil, measured from the connecting wires centre to centre	ℓ	1.2 mm
wire or tubing diameter	d	1 mm
plating material		Ag
plating conductivity	ρ	15.90 nΩ·m
plating permeability	μ <sub>r,w</sub>	0.99997380
design frequency	f	440 MHz

De uitkomst van deze calculator voor de 9nH spoel:

QOIL™ – <https://hamwaves.com/qoil/> – v20181217  
Coil design 2024-04-27 16:45

#### INPUT

mean diameter of the coil D = 7 mm (Wanneer ik een standaard calculator gebruik is dit 5mm...)  
 number of turns N = 1  
 length of the coil ℓ = 1.2 mm  
 wire or tubing diameter d = 1 mm  
 design frequency f = 440 MHz  
 The (plating) material is silver.

#### INTERMEDIATE RESULTS

winding pitch p = 1.20 mm  
 physical conductor length ℓ<sub>w\_phys</sub> = 22.0 mm  
 effective pitch angle ψ = 3.33°

#### RESULTS

##### Effective equivalent circuit

effective series inductance @ design frequency **L<sub>eff\_s</sub> = 0.009 μH**  
 effective series reactance @ design frequency X<sub>eff\_s</sub> = 23.6 Ω  
 effective series AC resistance @ design frequency R<sub>eff\_s</sub> = 0.110 Ω  
 effective unloaded quality factor @ design frequency Q<sub>eff</sub> = 214

##### Lumped circuit equivalent

f-independent series inductance; geometrical formula L<sub>s</sub> = 0.009 μH  
 series AC resistance @ design frequency R<sub>s</sub> = 0.127 Ω  
 parallel stray capacitance @ design frequency C<sub>p</sub> = -1.0 pF  
 Self-resonant frequency f<sub>res</sub> = 3684.267 MHz



De uitkomst voor de 5nH spoel:

QOIL™ – <https://hamwaves.com/qoil/> – v20181217

Coil design 2024-04-27 17:27

#### INPUT

mean diameter of the coil  $D = 9$  mm  
number of turns  $N = 0.5$  (halve winding is dus een boogje)  
length of the coil  $\ell = 1.2$  mm  
wire or tubing diameter  $d = 1$  mm  
design frequency  $f = 440$  MHz  
The (plating) material is silver.

#### INTERMEDIATE RESULTS

winding pitch  $p = 2.40$  mm  
physical conductor length  $\ell_{w\_phys} = 14.2$  mm  
effective pitch angle  $\psi = 4.92^\circ$

#### RESULTS

##### Effective equivalent circuit

effective series inductance @ design frequency  $L_{eff\_s} = 0.005$   $\mu$ H  
effective series reactance @ design frequency  $X_{eff\_s} = 13.1$   $\Omega$   
effective series AC resistance @ design frequency  $R_{eff\_s} = 0.031$   $\Omega$   
effective unloaded quality factor @ design frequency  $Q_{eff} = 429$

##### Lumped circuit equivalent

f-independent series inductance; geometrical formula  $L_s = 0.005$   $\mu$ H  
series AC resistance @ design frequency  $R_s = 0.032$   $\Omega$   
parallel stray capacitance @ design frequency  $C_p = -0.8$  pF

## De resultaten vallen tegen...

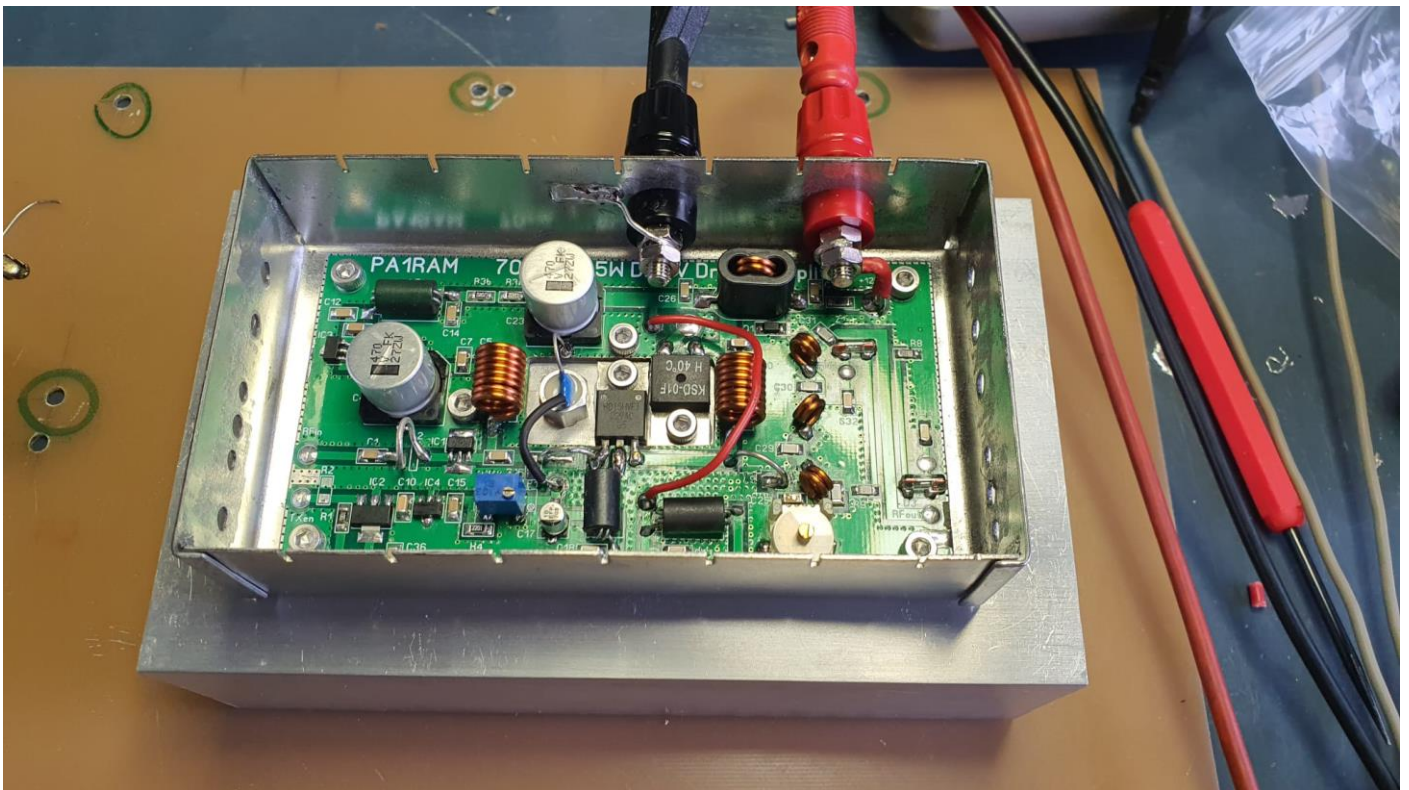
Dit deel moet nog verder worden uitgewerkt wat zeker gaat gebeuren met lessons learned etc.

## Project is gestopt

Helaas stopt dit project omdat de gebruikte FET gewoon niet geschikt is voor het bereiken van 3-5W. Ik haal er maximaal 1W aan DATV uit met 40dB schouders. Er komt dus een versie 2.0 waar ik een andere LDMOS FET wil gaan gebruiken.

## Foto eerste opbouw

Nog niet helemaal afgebouwd hier maar ik heb geen foto gemaakt van toen die net klaar was. Dit was tijdens het testen van de bias regeling en de temperatuurcompensatie. Omdat ik geen rekening had gehouden met de maat van het eerder gekozen koelprofiel moest ik een ander profiel gebruiken, hierdoor moesten de SMA in- en uitgangen wat hoger komen dan gepland, ook een les voor versie 2.0.



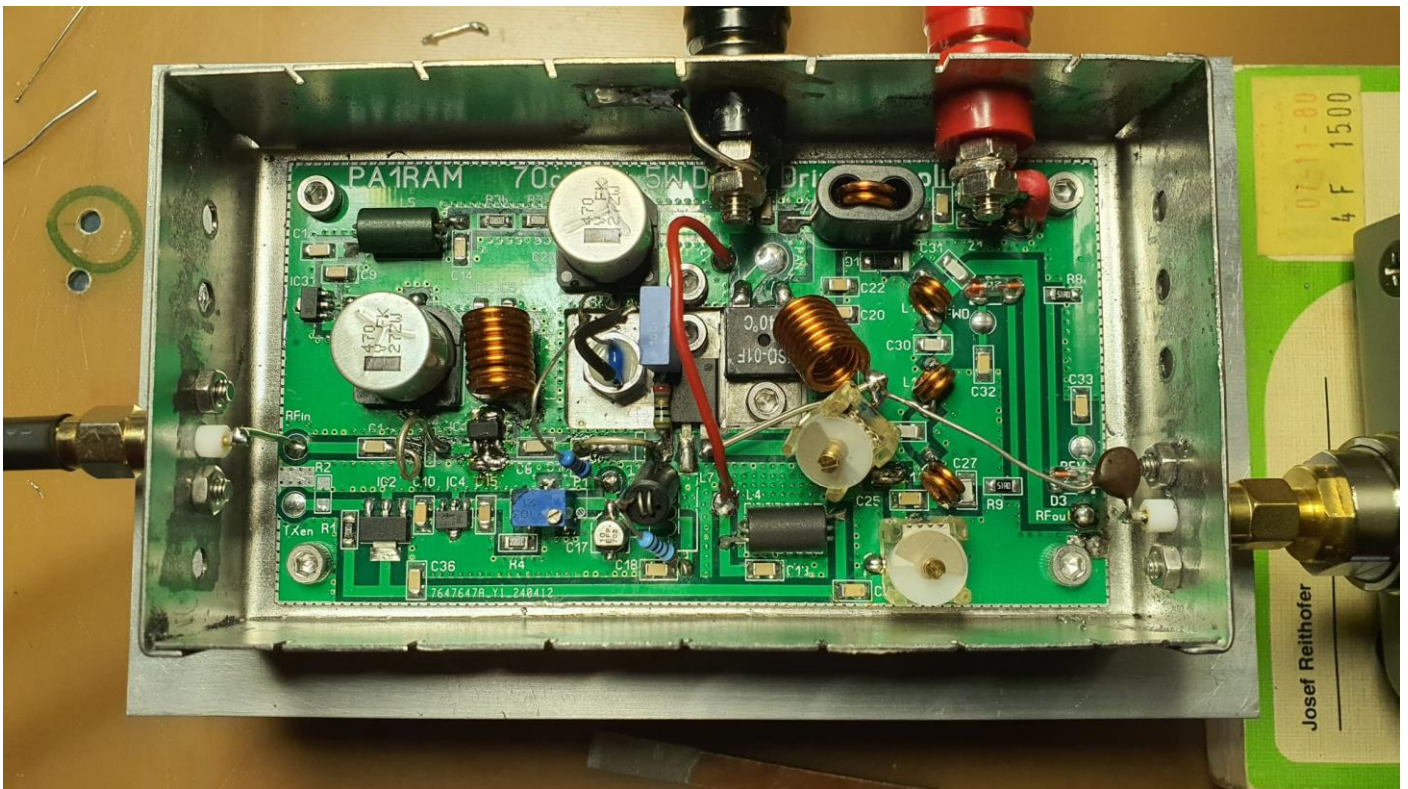
## Foto na alle modificaties

Het is er niet mooier op geworden na alle modificaties/tests/etc:

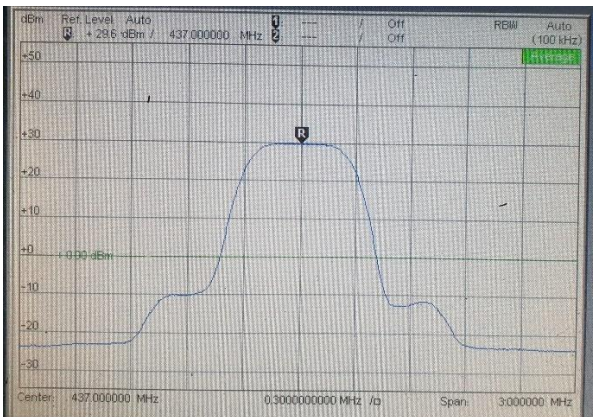
- De MMIC is vervangen omdat ik twijfelde aan de juiste werking van het eerste exemplaar (te lage output). Omdat er onder de MMIC veel VIA's naar massa lopen is het lastig solderen met de print op de koelplaat.
- De NTC is vervangen door een vaste R van 10k want de invloed was te groot (IDQ liep terug). IDQ verloop was vervolgens niet aanwezig...
- Ik heb een weerstand in de bias gezet van 1k (in serie met de choke spoel) om te kijken of dit niet te veel belasting was voor de MMIC, was overigens niet het geval.
- De printplaat geeft te veel verlies, waarschijnlijk door spoorbreedte en het gebruik van FR4 printplaat, ik heb uiteindelijk het LPF deel overbrugd en ook het spoor tussen drain en spoel is zwevend gemaakt. Die ingreep alleen al maakte dat ik van 10dBm naar 30dBm kon komen maar meer zit er niet meer in helaas.



- Ik heb nog een andere FET getest (verkregen uit NL, de andere kwam uit de UK) omdat ik vermoedde dat het om een Chinese kopie zou gaan maar dat was niet het geval.



## Meetresultaat



## Nog uit te werken notities

De VIA's groter maken, gotere diameter en minder VIA's

De VIA's aan de randen verder van de rand af  
VIA rand bij RFout weghalen

De VIA's onder T1 en S1 weghalen (sluiting kans)

Gat (massa) boven T1 hoger zetten, ca 3mm

Extra massa-gat onder T1 (onder L7)

printlayout voor 78L05 en 05 groter maken (meer massa), zie b.v. zo als IC1

Uitsparing is te smal, zeker 2mm extra maken, breedte is o.k. maar mag ook 2mm breder.

Teksten vallen weg waar ze over VIA's lopen.

L4 en L7 wellicht rechtop zetten voor meer ruimte aan de onderkant, voedingslijn onderin dan hoger leggen

Spoel aansluitpunten (pads) moeten iets groter, sporen breken los van print als je de spoel gaat bijbuigen...  
De aansluitstrips op de print (voor de LPF spoelen) moeten veel langer  
Potmeter werkt verkeerd om: lagere spanning wanneer je rechtersom draait en vice versa.  
Ingangsnetwerkje is wel nodig om oscillaties tegen te gaan.  
Slechts 1W DATV uitgangsvermogen