

AGENDA



- ▶ Introducción
- ▶ Proyecto Pluto RTX EA
 - ▶ Antecedentes – Versión1.0
- ▶ Adalm Pluto
- ▶ Proyecto Langstone y Porstdown 4
- ▶ Proyecto Pluto RTX EA
 - ▶ Especificaciones y Esquema de Bloques
 - ▶ Esquema Placa RX
- ▶ Diseño de LNA's
 - ▶ Herramientas software
 - ▶ Impedancia y Coeficiente de Reflexión
 - ▶ El Chart de Smith y Adaptación de Impedancias
 - ▶ Amplificadores de RF y LNA's
- ▶ Diseño del LNA de 435 MHz paso a paso
- ▶ Próximos retos
- ▶ Agradecimientos
- ▶ Bibliografía y Enlaces útiles

INTRODUCCIÓN



► Soluciones actuales para trabajar en Microondas

- 1296 MHz: Equipos comerciales ó Transverter + Equipo de 144/432
- 2320 MHz: Transverter + Equipo de 144/432
- 5650 MHz: Transverter + Equipo de 144/432
- 10 GHz: Transverter + Equipo de 144/432
- 24 GHz: Transverter + Equipo de 144/432
- 76 GHz: Transverter + Equipo de 144/432



INTRODUCCIÓN



► Soluciones actuales para trabajar en Microondas

- 1296 MHz: Equipos comerciales ó Transverter + Equipo de 144/432
- 2320 MHz: Transverter + Equipo de 144/432
- 5650 MHz: Transverter + Equipo de 144/432
- 10 GHz: Transverter + Equipo de 144/432
- 24 GHz: Transverter + Equipo de 144/432
- 76 GHz: Transverter + Equipo de 144/432



► ¿Es posible integrar las bandas más bajas en un sistema SDR sin Tranverters?

INTRODUCCIÓN



► Soluciones actuales para trabajar en Microondas

- 1296 MHz: Equipos comerciales ó Transverter + Equipo de 144/432
- 2320 MHz: Transverter + Equipo de 144/432
- 5650 MHz: Transverter + Equipo de 144/432
- 10 GHz: Transverter + Equipo de 144/432
- 24 GHz: Transverter + Equipo de 144/432
- 76 GHz: Transverter + Equipo de 144/432



► ¿Es posible integrar las bandas más bajas en un sistema SDR sin Tranverters?

Pluto RTX EA + Langstone



INTRODUCCIÓN



► Soluciones actuales para trabajar en Microondas

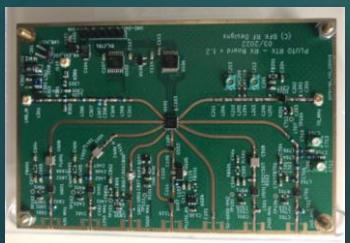
- 1296 MHz: Equipos comerciales ó Transverter + Equipo de 144/432
- 2320 MHz: Transverter + Equipo de 144/432
- 5650 MHz: Transverter + Equipo de 144/432
- 10 GHz: Transverter + Equipo de 144/432
- 24 GHz: Transverter + Equipo de 144/432
- 76 GHz: Transverter + Equipo de 144/432



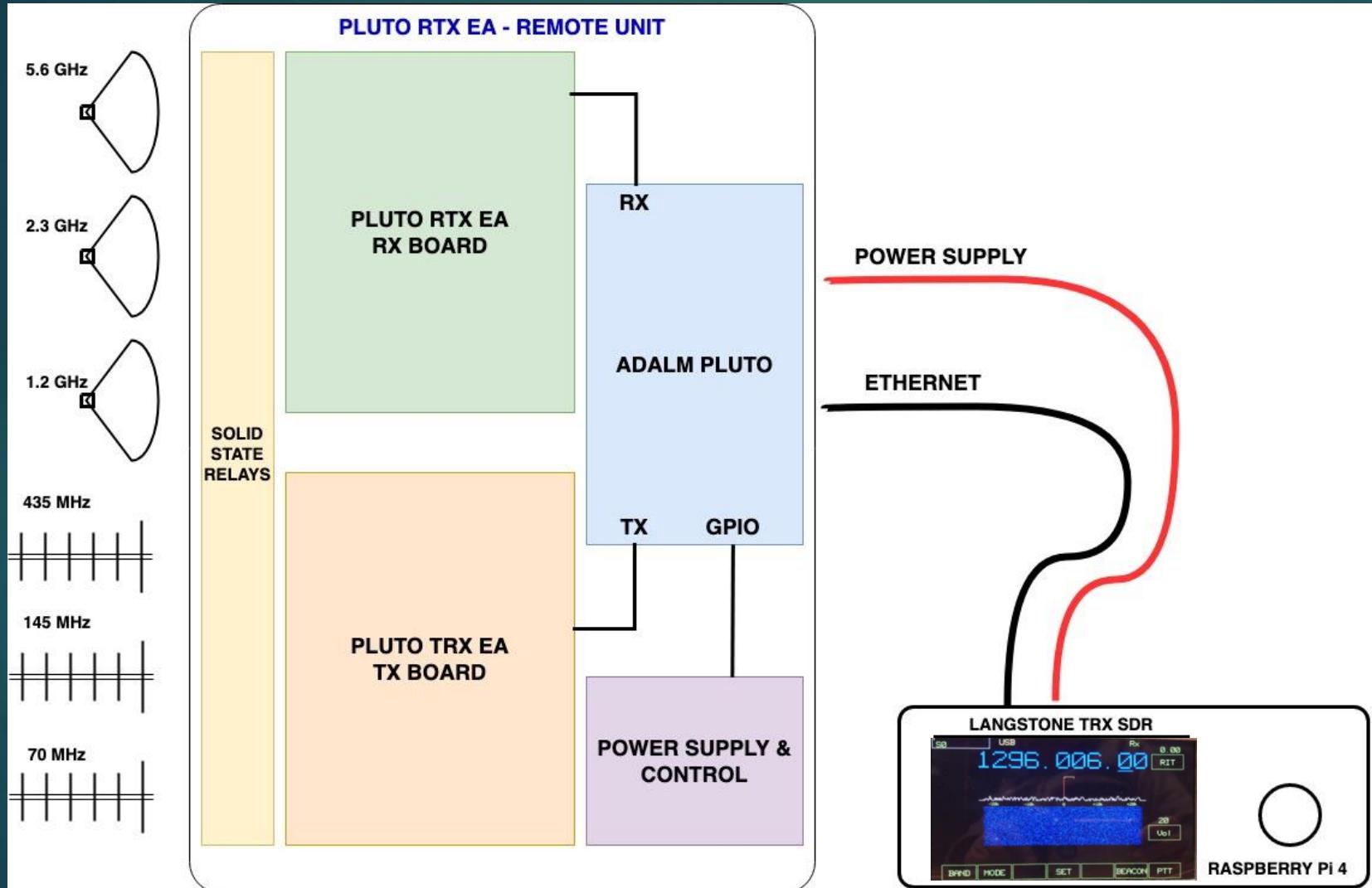
► ¿Es posible integrar las bandas más bajas en un sistema SDR sin Tranverters?

Pluto RTX EA + Langstone

IC-905



PROYECTO *Pluto RTX EA* – Esquema de Bloques



- Unidad Remota para instalar junto a las antenas
- Unidad de Control y Display
- Conexión Ethernet standard sin necesidad de router
- Conexión de Alimentación
- Modular
- Compatible con Lime SDR

ANTECEDENTES



- ▶ Proyecto iniciado en Septiembre de 2020
- ▶ Parte I presentada en la Reunión virtual del Micromeet Guadarrama en Feb de 2021

The screenshot shows the YouTube channel page for 'MicroMeet Guadarrama'. At the top, it displays '161 suscriptores' and a 'SUSCRIBIRME' button. Below this, the main video thumbnail for 'MICROMEET 2021 - EMISIÓN COMPLETA' is shown, along with its 414 visualizaciones and 'hace 1 año' timestamp. A description below the video states: 'Grabación completa de la Reunión Virtual "Micromeet 2021" con todas las Presentaciones y las preguntas y respuestas a cada una de ellas.' It also mentions that presentations are available at <https://micromeet.org/MM/2021/>. Below the main video, there's a section titled 'Subidas' with several smaller video thumbnails, each with its title, duration, and view count.

- MM 2021 CT1BYM - WEAK SIGNALS (43:02)
- MM 2021 EB3FRN - DE GUADARRAMA A LA LUNA... (47:35)
- PROPAGACIÓN TROPÓSFERICA (41:50)
- Diseño de PCB's para RF (50:07)
- Iluminador Hélice LHCP (1:22:00)
- MM 2021 EA8CXN - DX's ATLÁNTICOS DE BAJO... (170 visualizaciones)
- MM 2021 EA4BFK - PLUTO RTX EA - Diseño en RF por... (294 visualizaciones)
- MM 2021 EB2AT - SATÉLITE QO100 3 en 1+ Créditos... (602 visualizaciones)

https://www.youtube.com/channel/UCq_Ohta0X7jrMRR-aLMYrPA

The screenshot shows a YouTube video player. The video title is 'Pluto RTX EA' and the subtitle is 'Diseño en RF por Aficionados'. The author is listed as 'ALEJANDRO FERNÁNDEZ - EA4BFK'. The video has a duration of '2:12 / 50:06'. The video content shows a complex green printed circuit board (PCB) with various electronic components and traces. In the bottom right corner of the video frame, there is a small video window showing a man with glasses and a beard, presumably the author, Alejandro Fernández, EA4BFK.

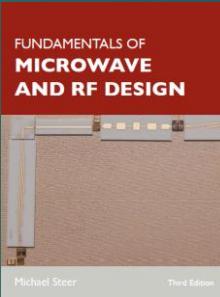
<https://www.youtube.com/watch?v=80r13qrW34c&t=1634s>
https://github.com/EA4BFK/Micromeet_2020

ANTECEDENTES



► ¿Por qué meterse en este lío?

- Solución a una necesidad
- Oportunidad de experimentar y aprender
- Disponibilidad de componentes para MW's a precios muy asequibles
- Información y modelos de componentes (*S – Parameters*)
- Programas CAD y de Análisis de Circuitos de Software Libre y Gratuitos
- Instrumentación asequible (nanoVNA's)
- Fabricantes de PCB's de calidad y económicos



GRF2070
Ultra-Low Noise Amplifier
Tuning Range: 0.1 to 1.5 GHz

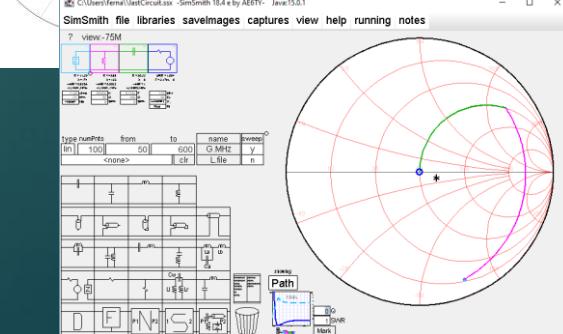
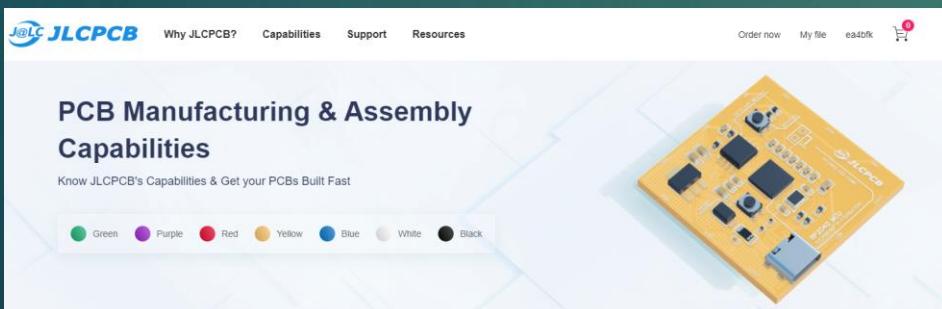
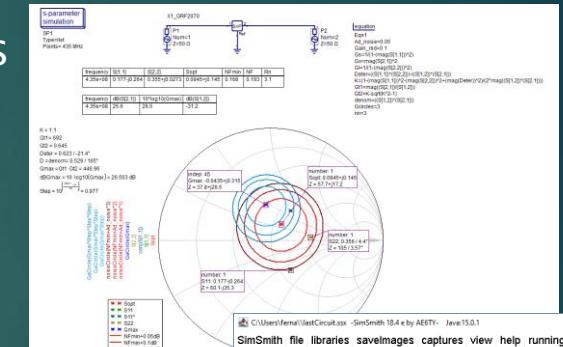
Product Description

GRF2070 is a broadband, linear, ultra-low noise amplifier designed for small cell, wireless infrastructure and other high performance RF applications requiring ultra-low NF, high gain and linearity.

This device is a member of a family of pin compatible, ultra low noise devices which cover a wide range of frequency bands with industry leading NF and gain:

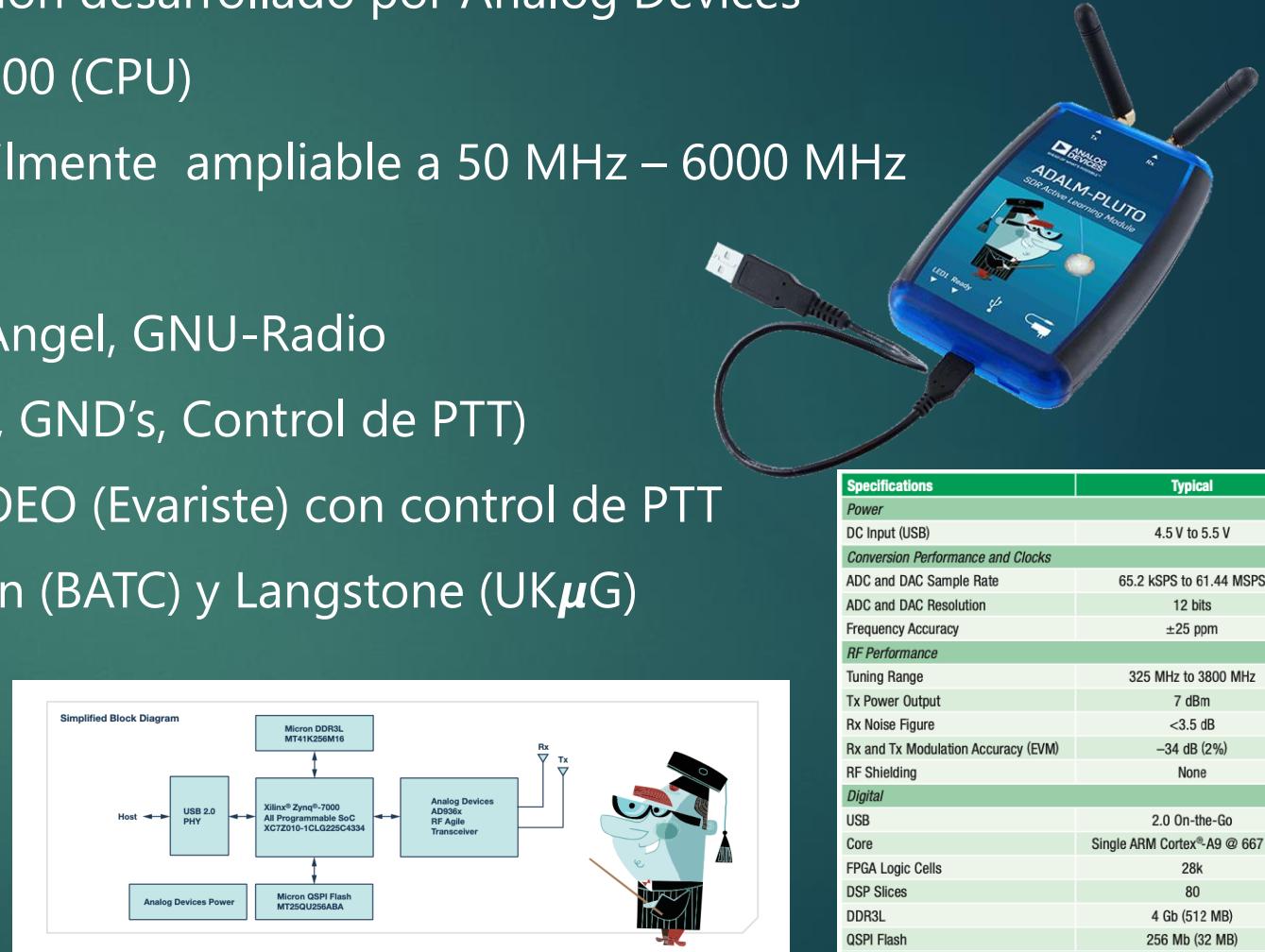
GRF2070: 0.1 to 1.5 GHz
GRF2071: 0.7 to 2.7 GHz
GRF2072: 1.5 to 3.8 GHz
GRF2073: 2.0 to 6.0 GHz
GRF2074: 1.0 to 6.0 GHz (next gen process)

Consult with the GRF applications engineering team for application notes, custom tuning/evaluation board data and device s-parameters.



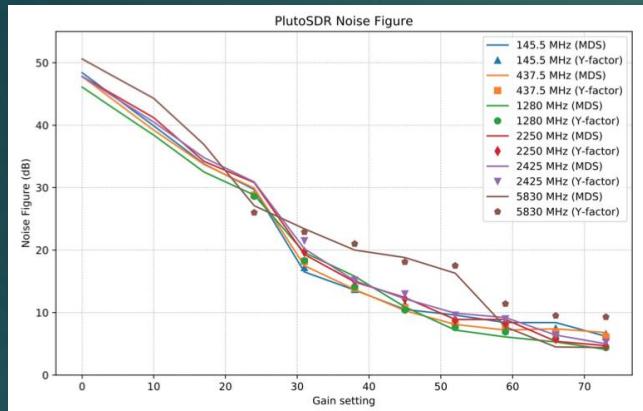


- ▶ Transceptor SDR destinado a la educación desarrollado por Analog Devices
- ▶ TRX: AD936x (12 bits) + Xilinx Zynq-7000 (CPU)
- ▶ Rango Fcias.: 325 MHz – 3800 MHz fácilmente ampliable a 50 MHz – 6000 MHz
- ▶ Conexión USB / Ethernet
- ▶ Softwares: SDR Console, SDR++, SDR Angel, GNU-Radio
- ▶ Modificaciones documentadas (VTCXO, GND's, Control de PTT)
- ▶ Firmware específico para DATV por F5OEO (Evariste) con control de PTT
- ▶ Soportado en los proyectos Porstadow (BATC) y Langstone (UKμG)
- ▶ Versión C actual con 2 x RX y 2 x TX
- ▶ Coste razonable (aprox 225€ IVA incl.)



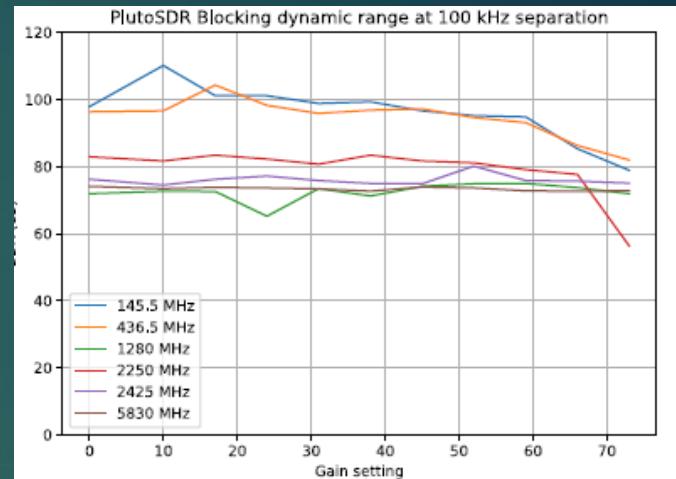


- ▶ Recepción y Transmisión sin ningún tipo de filtrado de RF
- ▶ Sensibilidad Rx (NF @ 500Hz) *

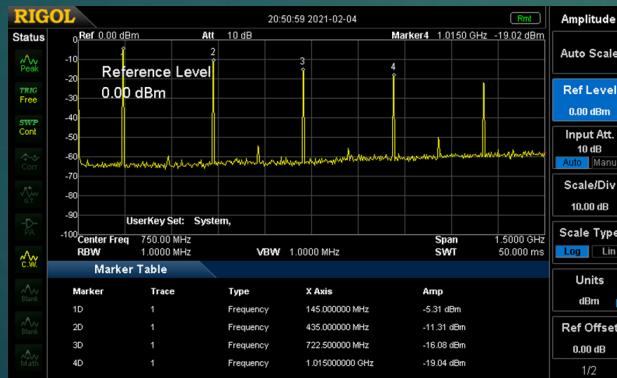


Frecuencia	NF (dB)
145 MHz	6,2
437 MHz	6,1
1.280 MHz	4,1
2.250 MHz	4,7
2.425 MHz	5,0
5.830 MHz	9,3

$$MDS = -174 \text{ dBm} + NF + \log_{10}(B)$$



- ▶ Potencia max. en Tx *. Armónicos y señales espúreas



Frecuencia	Pw (dBm)
145 MHz	3,7
437 MHz	8,4
1.280 MHz	7,7
2.250 MHz	6,7
2.425 MHz	6,3
5.830 MHz	1,8

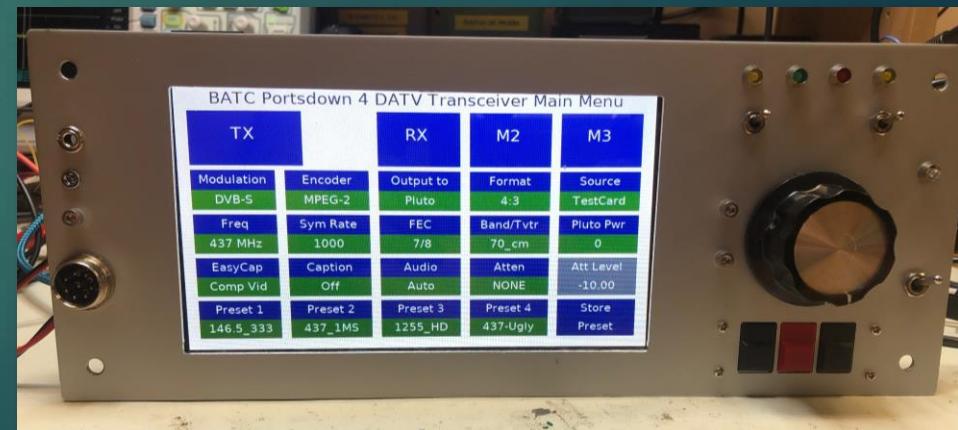
* Medidas: "Evaluation of SDR Boards and Toolchains" – SDR Makerspace

PROYECTO “Langstone” UK Microwave Group



- ▶ Software Transceptor SDR para RPi 4 + Adalm Pluto y Lime SDR
- ▶ Programa único o como parte del TRX Porstdown 4 (DATV)
- ▶ Hardware
 - ▶ Raspeberry Pi 4 (4GB)
 - ▶ Pantalla 7" Oficial Raspberry Pi (otras alternativas posibles)
 - ▶ Tarjeta de Audio USB (2€)
 - ▶ Ratón o Arduino Pro Micro con Encoder para emular el ratón
 - ▶ Control de Bandas, PTT y TX ON mediante los pins del GPIO de la Raspberry Pi

A screenshot of a Wikipedia-like page titled "Langstone Project". The page header includes links for "Page", "Discussion", "Read", "View source", "View history", and "Search UK Microwave Group Wiki". The main content area describes the Langstone Project as an all-mode microwave transceiver covering bands from 70MHz to 5.7GHz, running on a Raspberry Pi4 and the Adalm Pluto. It notes that the project started life as an early prototype for the Hayling project and is named Langstone as it is on its way to Hayling Island! Since the demise of the Hayling project, the Langstone has now gone mainstream! On the right, there is a photograph of a prototype device with a small screen displaying frequency information and several knobs and buttons. A sidebar on the left lists various microwave bands and other project-related links.

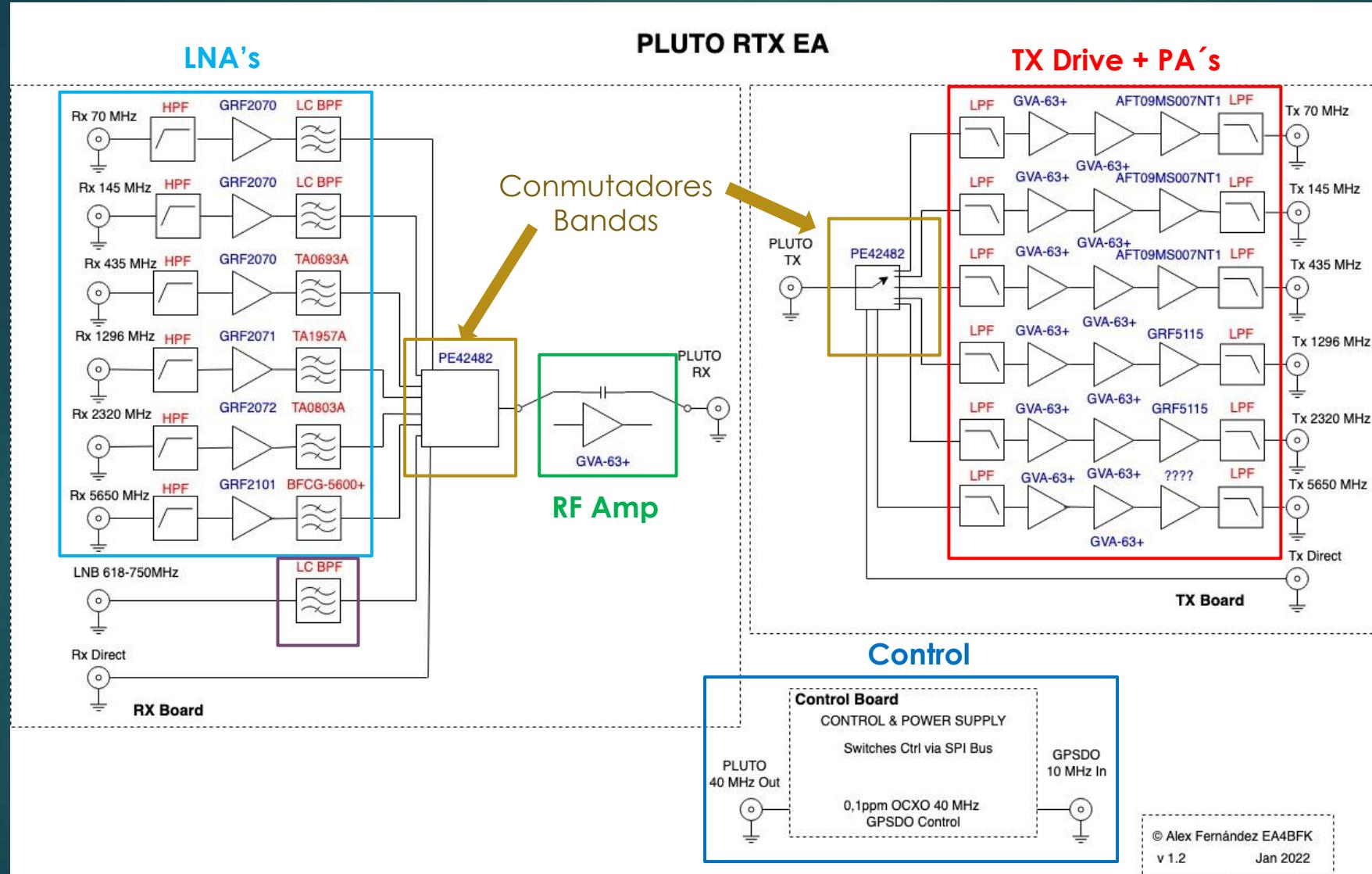


ESPECIFICACIONES *Pluto RTX EA*

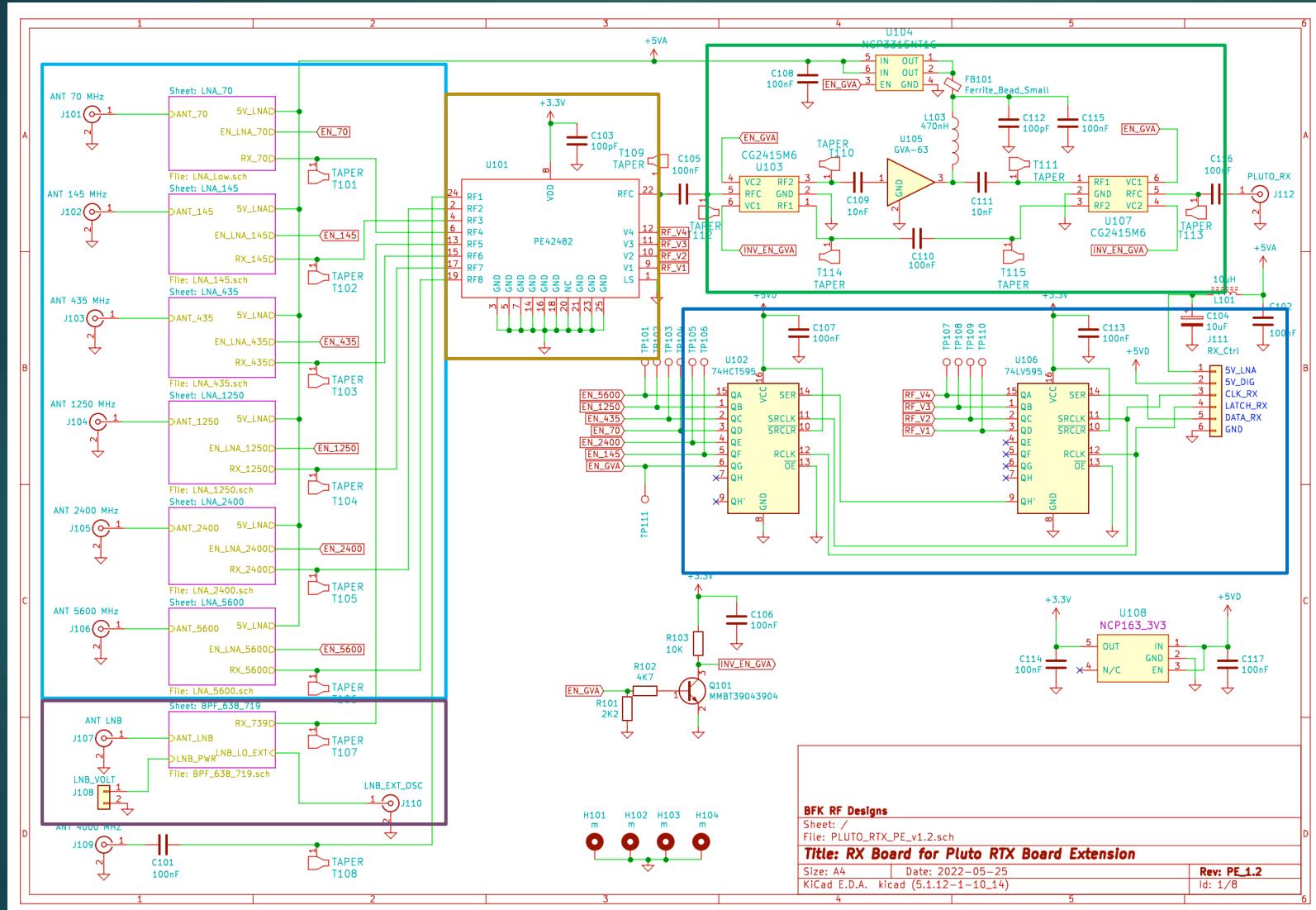


- ▶ Placas externas al Adalm Pluto para permitir su uso como transceptor de las Bandas de 70 / 145 / 435 / 1296 / 2320 / 2400 (QO-100) / 5650 MHz y posibilidad de añadir 10 GHz mediante transverter.
- ▶ Especificaciones Recepción:
 - ▶ LNA's por banda con NF = < 1dB
 - ▶ Ganancia > 20 dB // RL < -10dB
 - ▶ Filtros pasabanda por banda.
 - ▶ OIP3 > 30 dBm
- ▶ Especificaciones Transmisión
 - ▶ 70 / 145 / 435 – 5 Watts
 - ▶ 1296 / 2320 – 2 Watts
 - ▶ 5650 MHz – 1 Watt
 - ▶ Filtrado de espúreas y armónicos (3r armónico < 50 dB)
- ▶ Posibilidad de uso en Banda Cruzada
- ▶ PCB's separados para RX, TX y Control (Incluyendo VTCXO de 0,5ppm / Referencia Externa 10 Mhz)
- ▶ Controlable por Software / Proyecto "Langstone"
- ▶ Coste Razonable

PROYECTO *Pluto RTX EA* – Esquema de Bloques



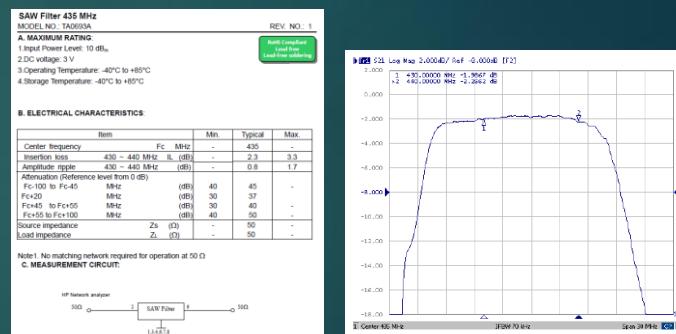
PROYECTO *Pluto RTX EA* – Esquema RX Board



► MMIC LNA's GRF207x



► Filtros SAW



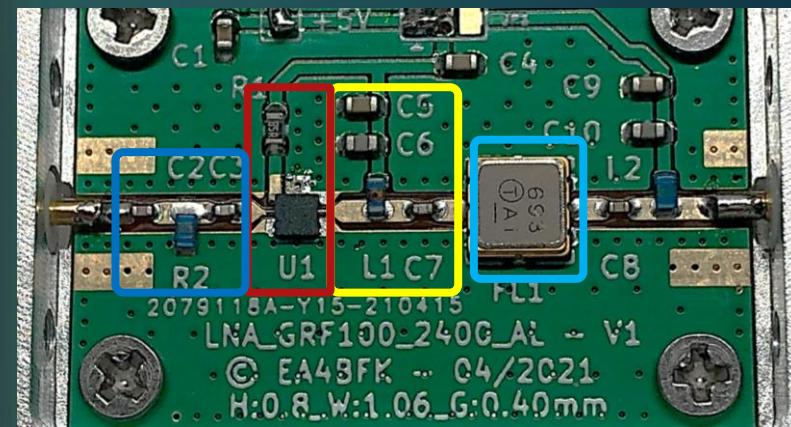
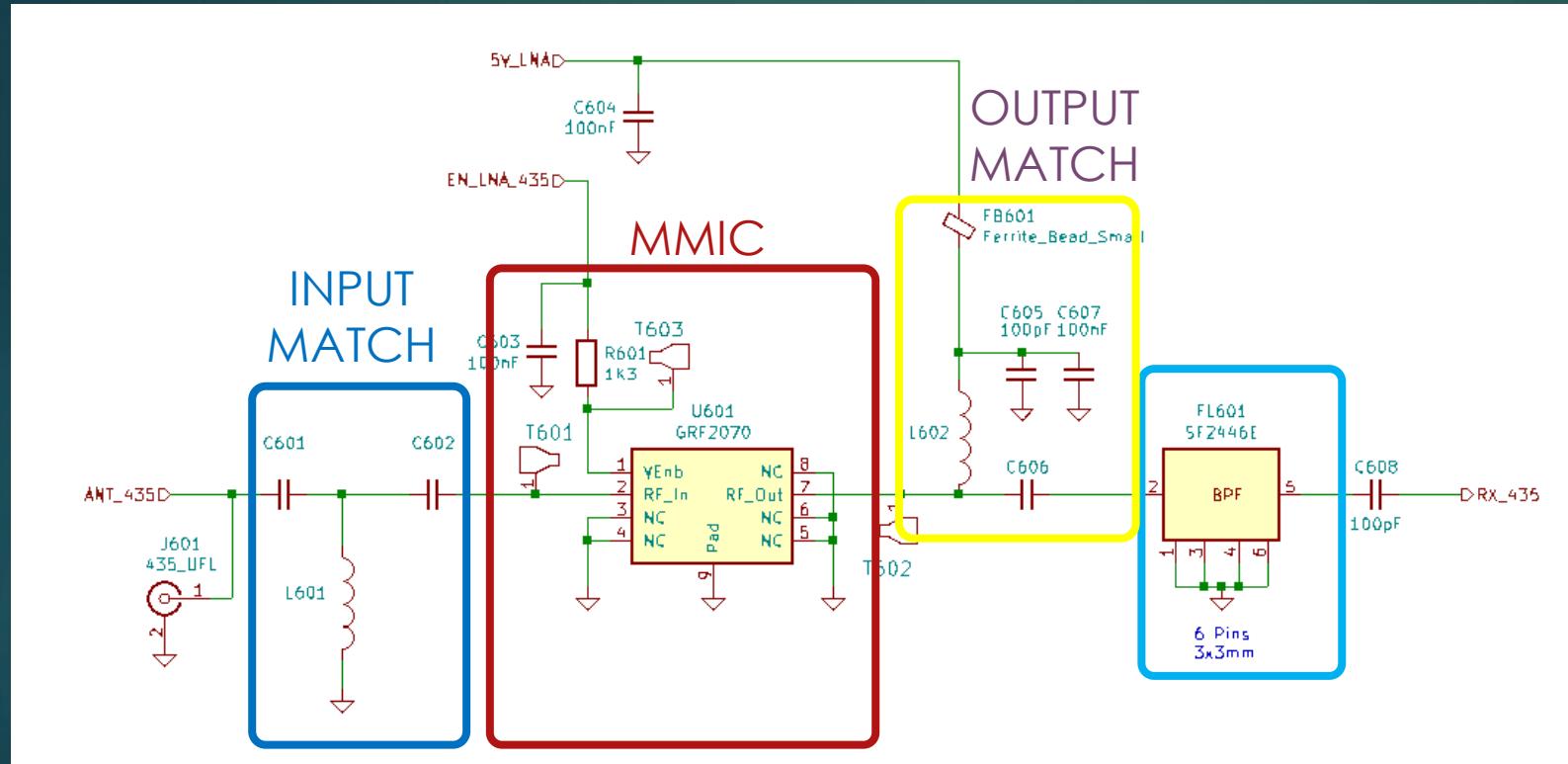
► Comutador PE42482

- IL: 1.1dB @ 6GHz

PROYECTO *Pluto RTX EA - LNA's*



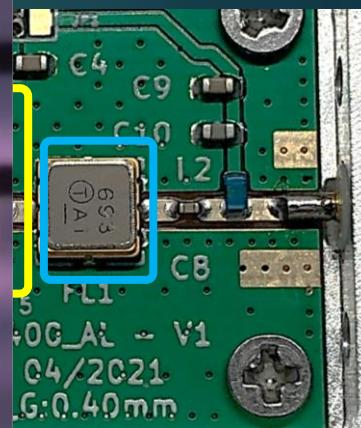
LNA 435 MHz



PROYECTO *Pluto RTX EA - LNA's*



LNA 435 MHz

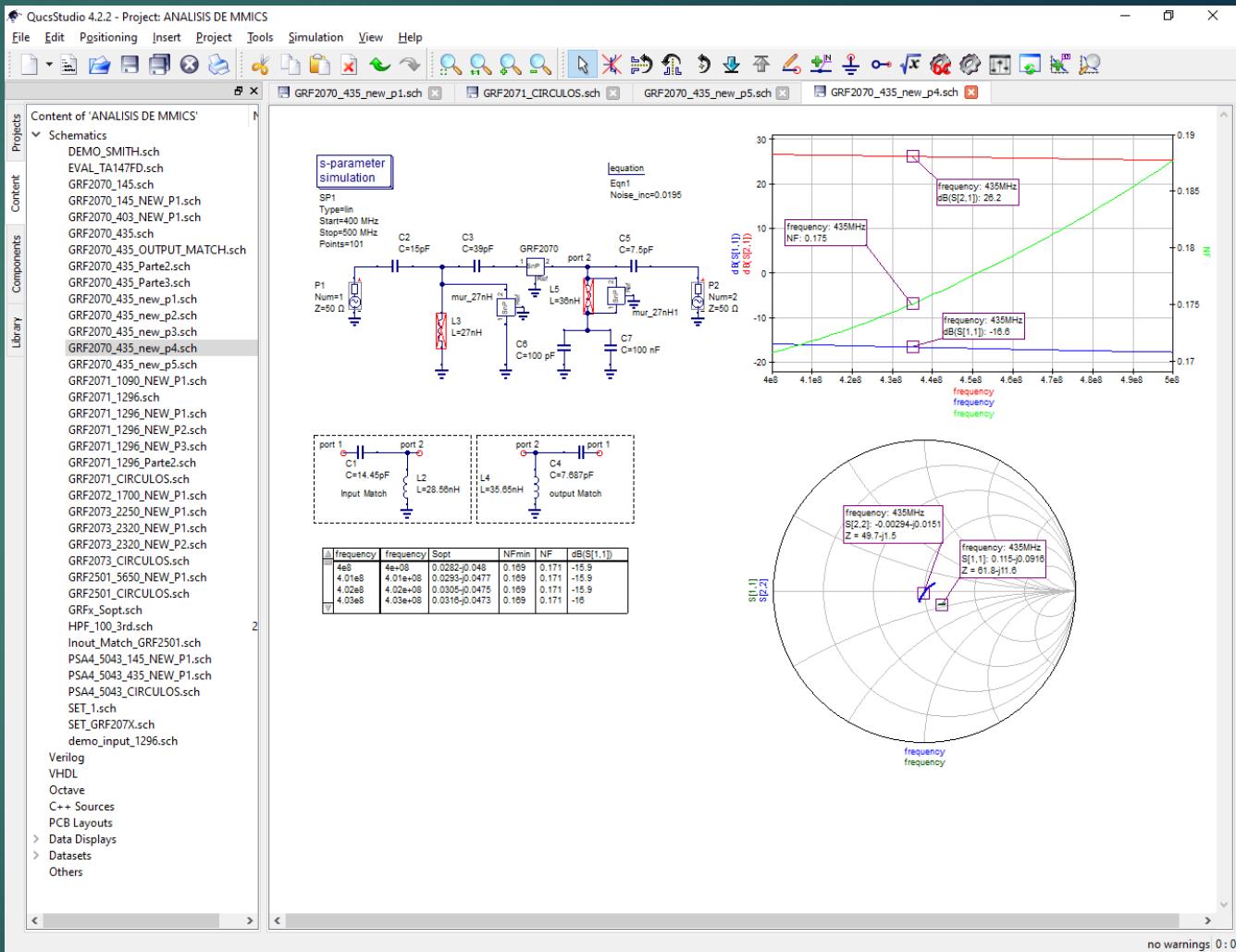


HERRAMIENTAS DE DISEÑO - Software



QUCS Studio 4.2.2

- ▶ Simulación de Circuitos Electrónicos
- ▶ Más de 100 componentes (Discretos, líneas de transmisión, BJT, FETs', Dispositivos SnP,....)
- ▶ Simulación DC / AC
- ▶ Simulación Lineal (Parámetros – S / análisis de ruido)
- ▶ Optimizador y Valores ajustables dinámicamente
- ▶ Calculador de líneas de RF
- ▶ Calculador de Filtros
- ▶

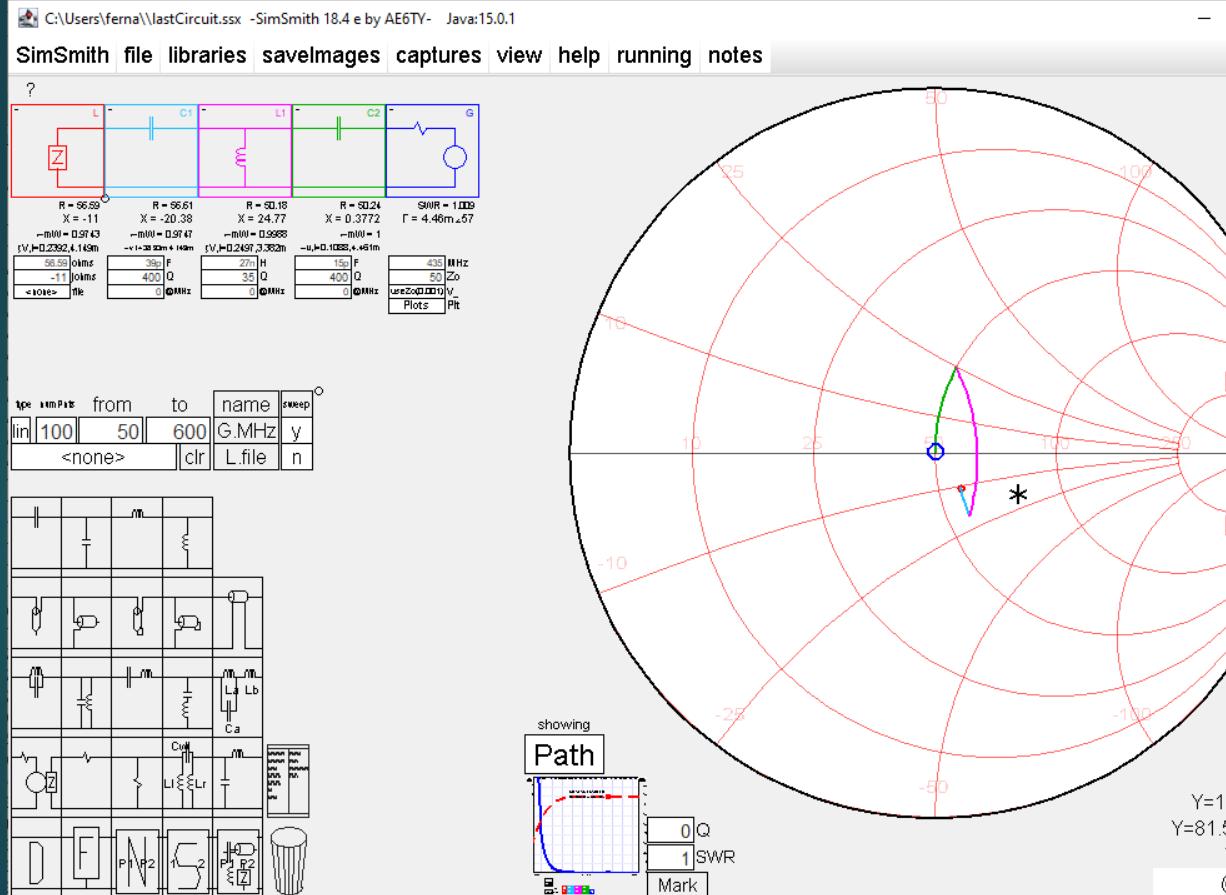


<https://dd6um.darc.de/QucsStudio/qucsstudio.html>

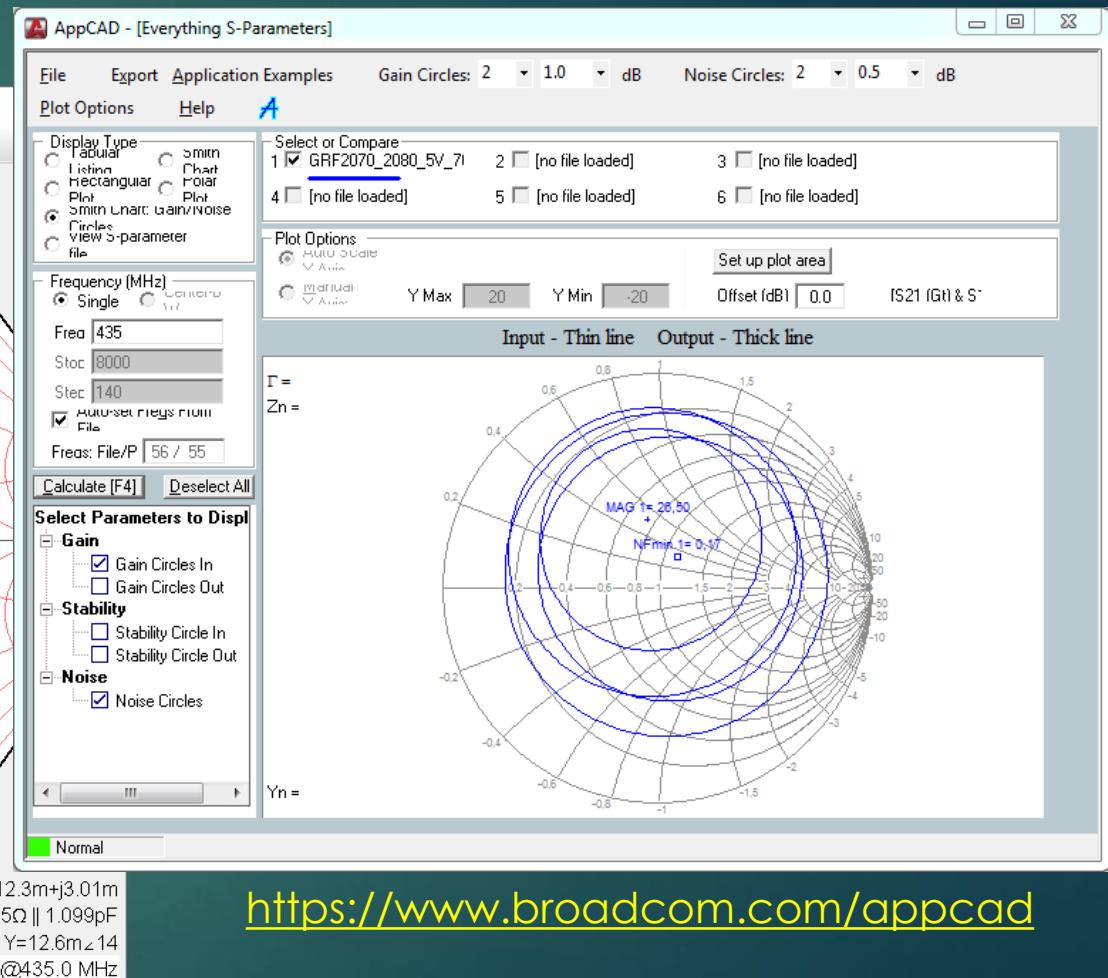
HERRAMIENTAS DE DISEÑO - Software



SimSmith



AppCAD

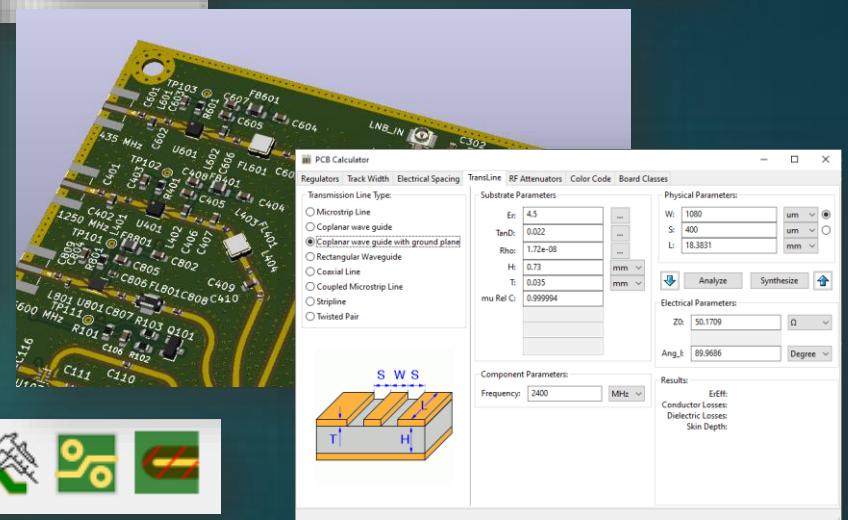
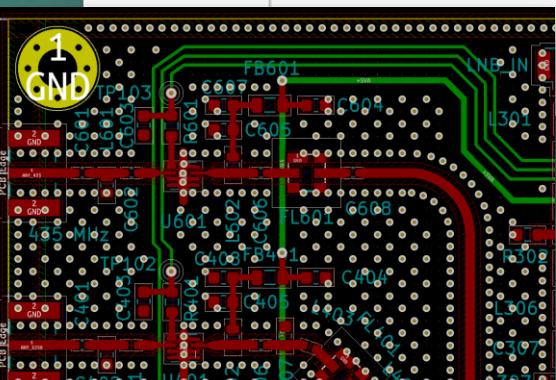
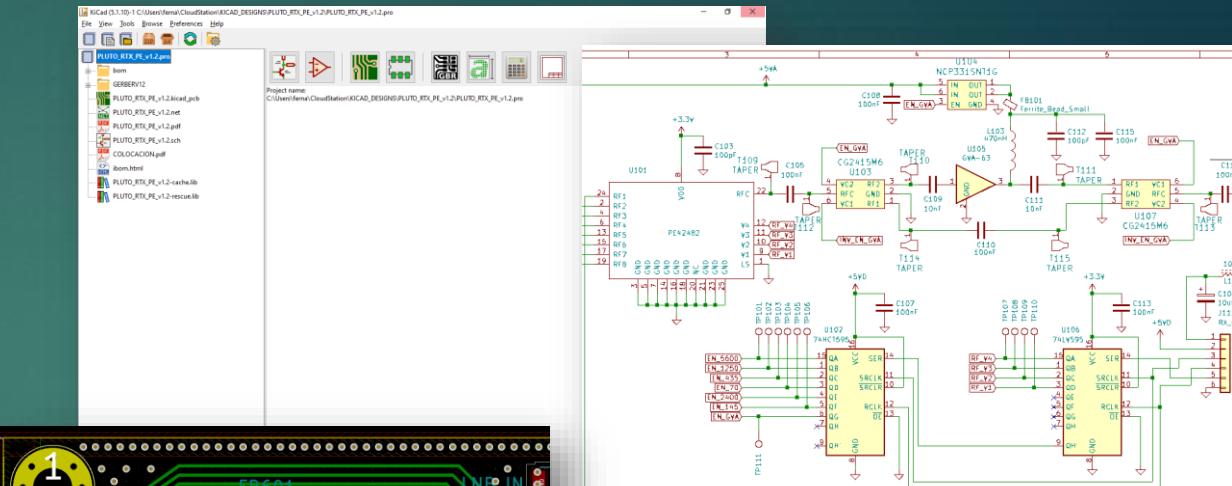


http://www.ae6ty.com/smith_charts.html

HERRAMIENTAS DE DISEÑO - Software



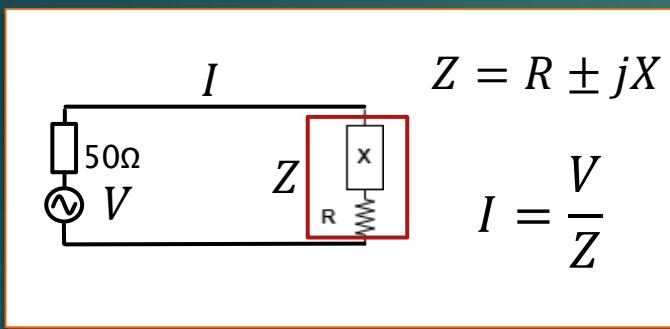
- ▶ Open Source. **V5.1.12**
- ▶ Editor de símbolos y huellas PCB
- ▶ Diseño de esquemas, PCB's y ficheros Gerber para fabricación
- ▶ Visualización 3D
- ▶ Plug-in's (RF Tools, BOM Management, ...)
- ▶ Calculador de líneas de RF
- ▶ Importa librerías de Eagle
- ▶ Librerías extra disponibles en distintas webs (SnapEda, Octopart)



IMPEDANCIA



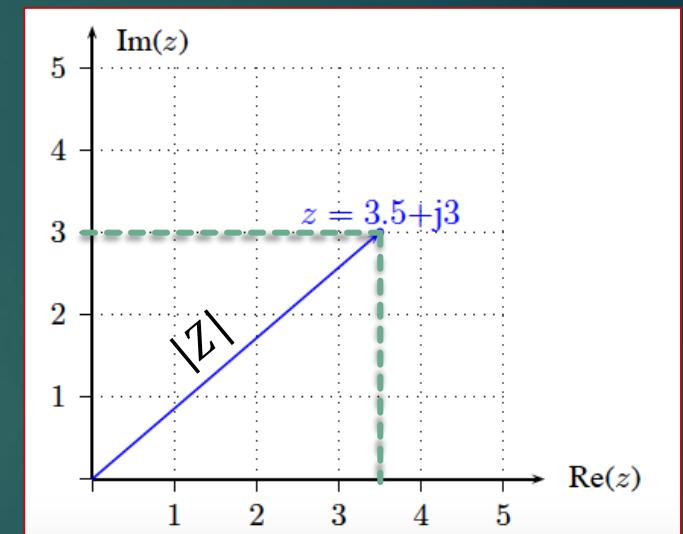
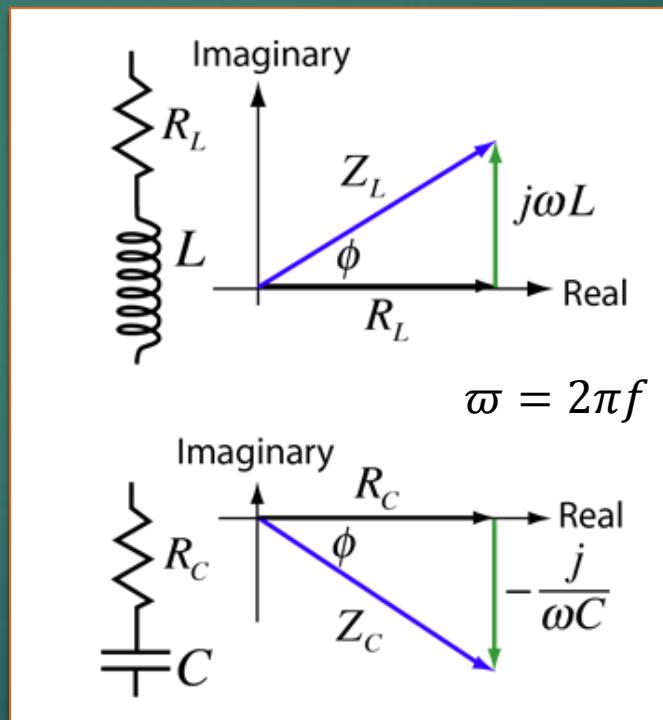
- ▶ **Impedancia:** La oposición que presenta un dispositivo al paso de la corriente alterna (RF) debido a la resistencia (R) y a la reactancia (X)
- ▶ Es una magnitud con una parte Real (Resistencia) y una parte imaginaria (Reactancia)



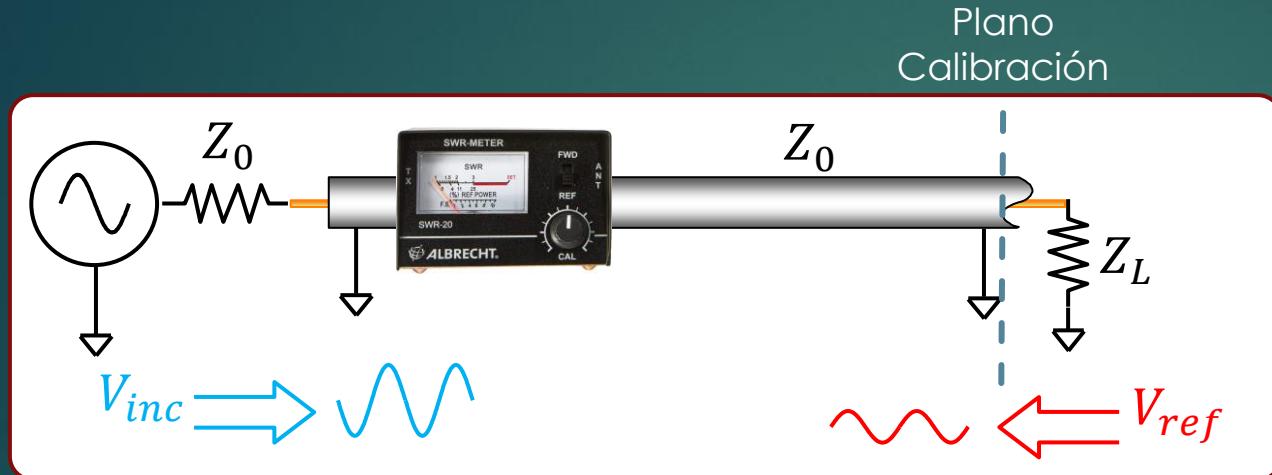
La Impedancia es función de la **frecuencia** y del valor de C y/o L

$$X_L = 2\pi f L$$

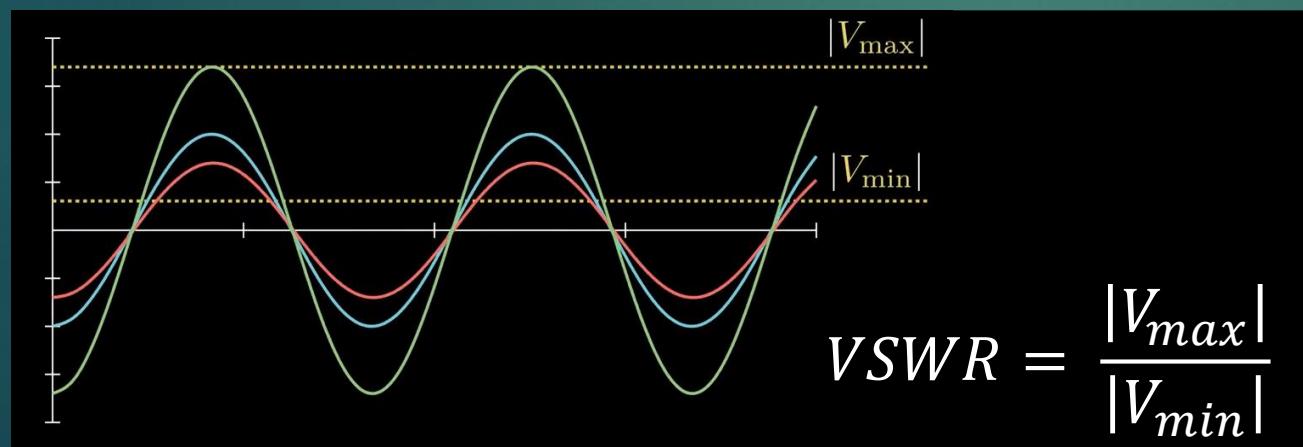
$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$



COEFICIENTE DE REFLEXION



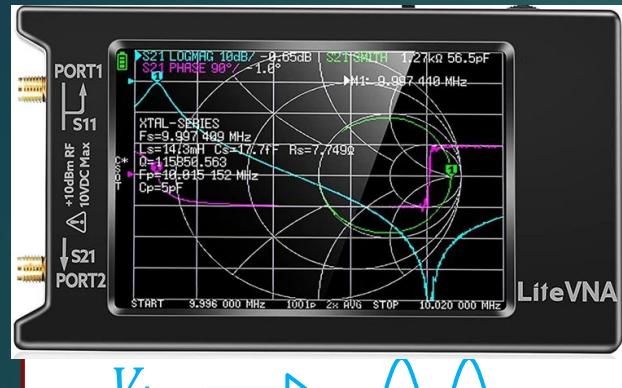
$Z_L \neq Z_0$ **Reflexión**



$$VSWR = \frac{|V_{max}|}{|V_{min}|}$$

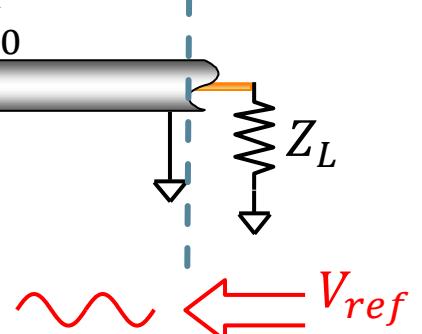
El medidor de ROE solo nos informa del % de la señal reflejada no de la diferencia de fase

COEFICIENTE DE REFLEXION



V_{inc}

Plano
Calibración



$Z_L \neq Z_0$ **Reflexión**



El medidor de ROE solo nos informa del % de la señal reflejada no de la diferencia de fase

Coeficiente Reflexión

$$\Gamma_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

$$\Gamma_L = |\Gamma_L| \angle \theta^\circ$$

$$\begin{aligned} Z_L = 0 &\longrightarrow \Gamma_L = -1 \\ Z_L = Z_0 &\longrightarrow \Gamma_L = 0 \\ Z_L = \infty &\longrightarrow \Gamma_L = 1 \end{aligned}$$

$$RL = -20 \log(|\Gamma_L|)$$

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma_L|}{1 - |\Gamma_L|}$$

Número
Complejo
Magnitud y
Fase

COEFICIENTE DE REFLEXIÓN



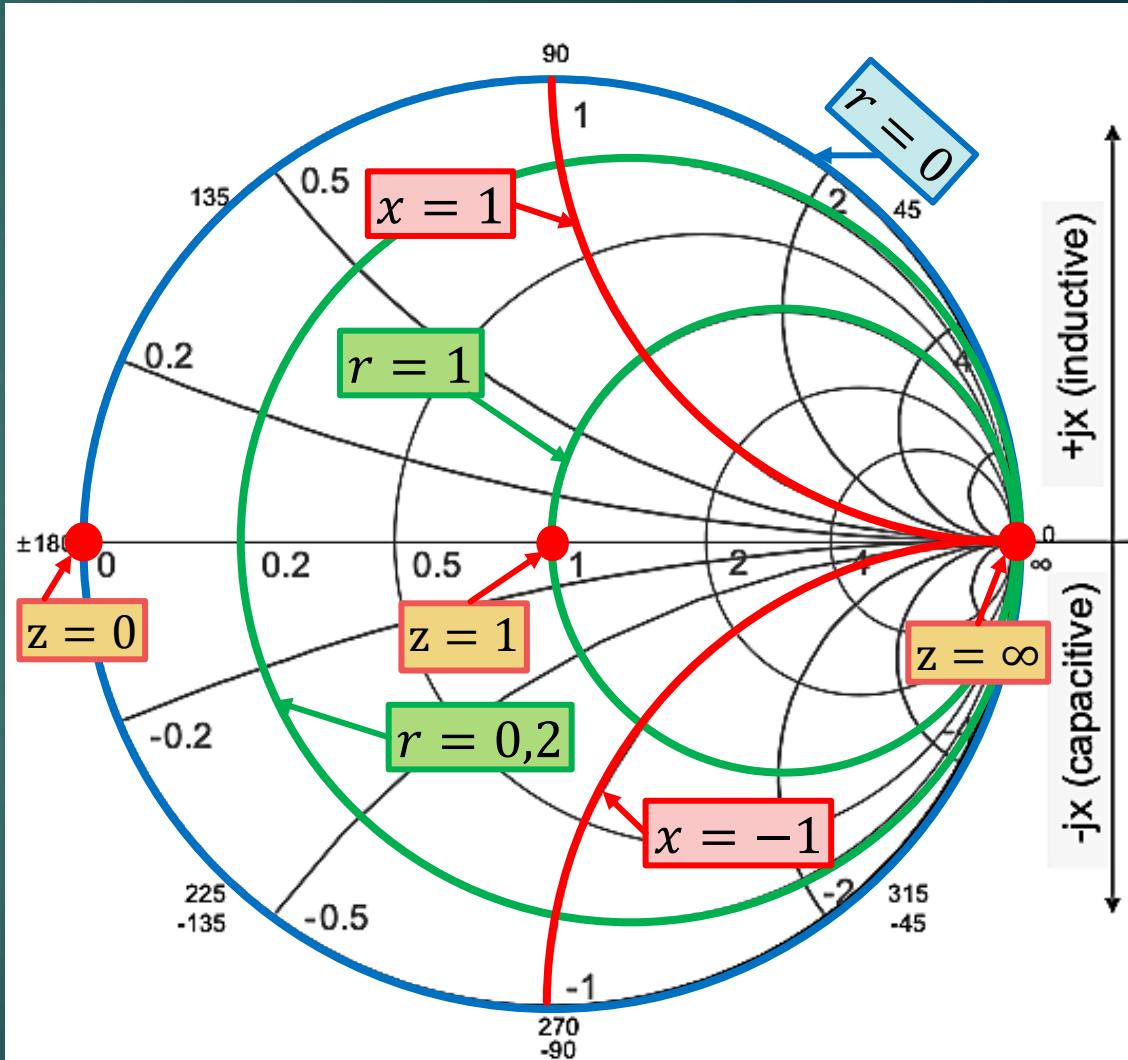
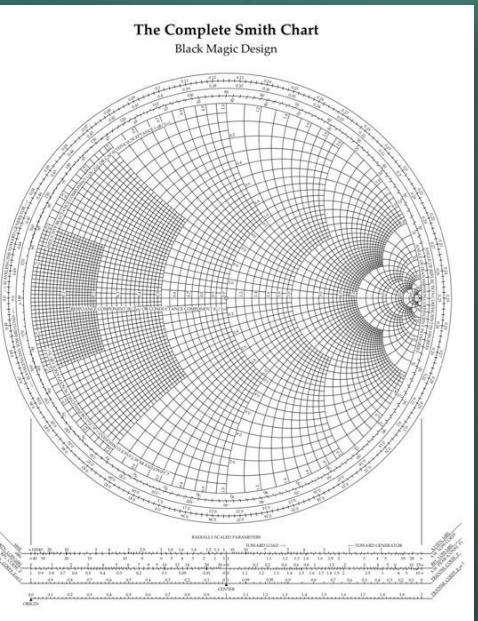
- ▶ Impedancia normalizada a $Z_0 = 50\Omega$

$$z = \frac{Z}{Z_0} = \frac{Z}{50}$$

$$z = \frac{R}{50} \pm j \frac{X}{50} = r \pm jx$$

- ▶ Representación gráfica de las impedancia.
- ▶ El Chart de Smith

- Mizuhashi Tosaku - 1937
- Phillip Smith - 1939



COEFICIENTE DE REFLEXIÓN



- ▶ Impedancia normalizada a $Z_0 = 50\Omega$

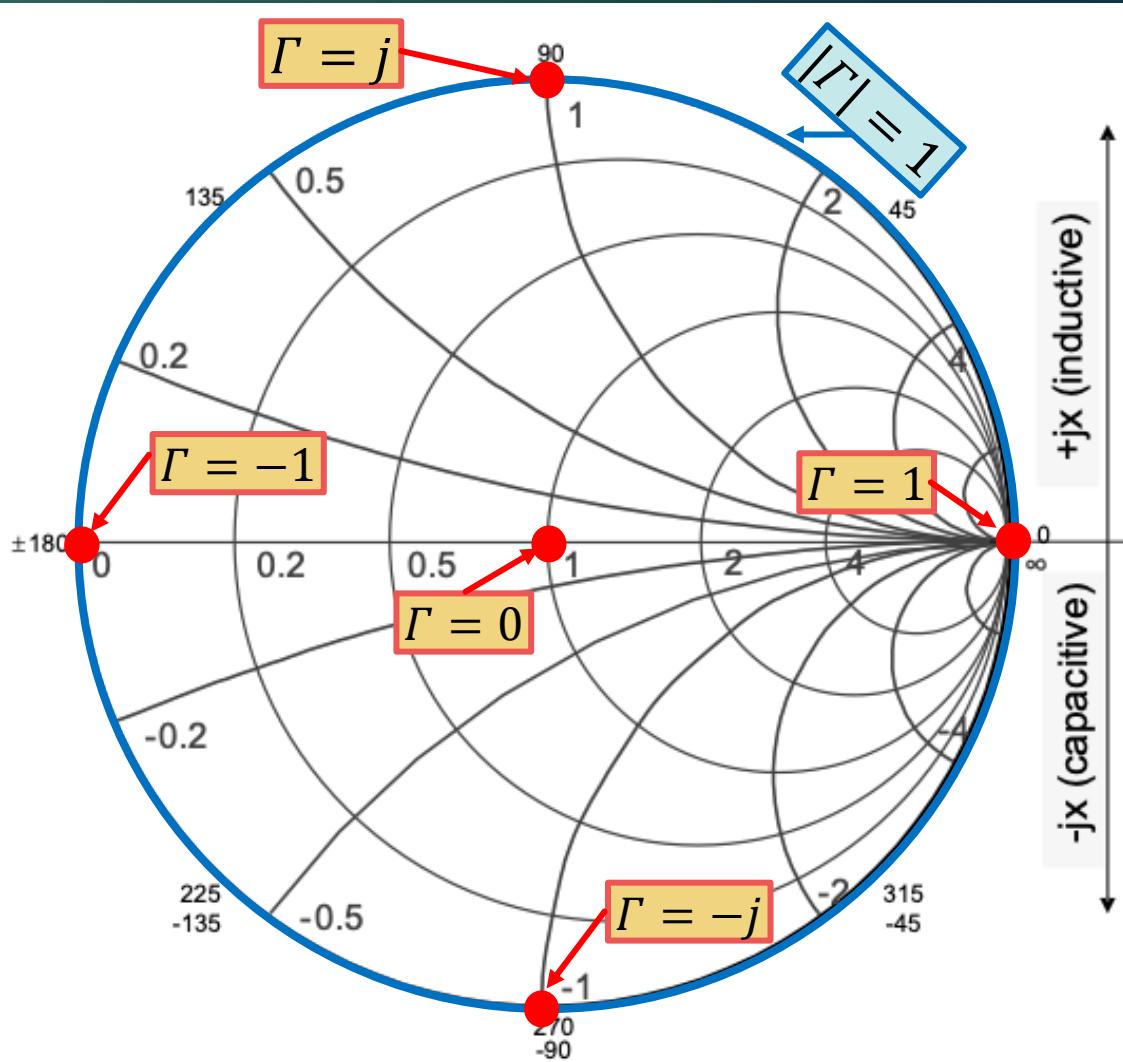
$$z' = \frac{Z}{Z_0} = \frac{Z}{50}$$

- ▶ Representación gráfica del Coeficiente de reflexión

$$\Gamma = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0}$$



$$\Gamma = \frac{z - 1}{z + 1}$$



COEFICIENTE DE REFLEXIÓN



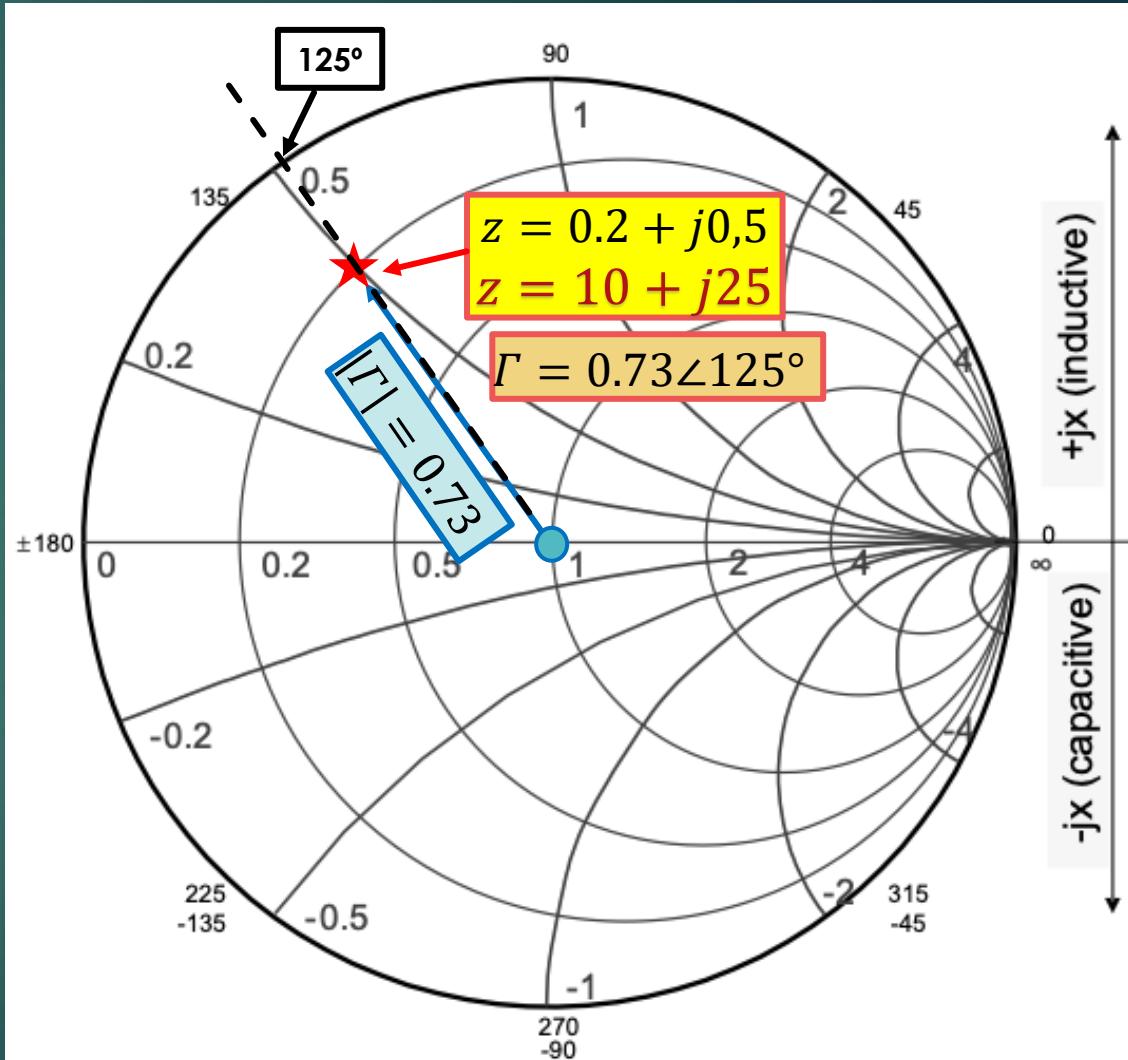
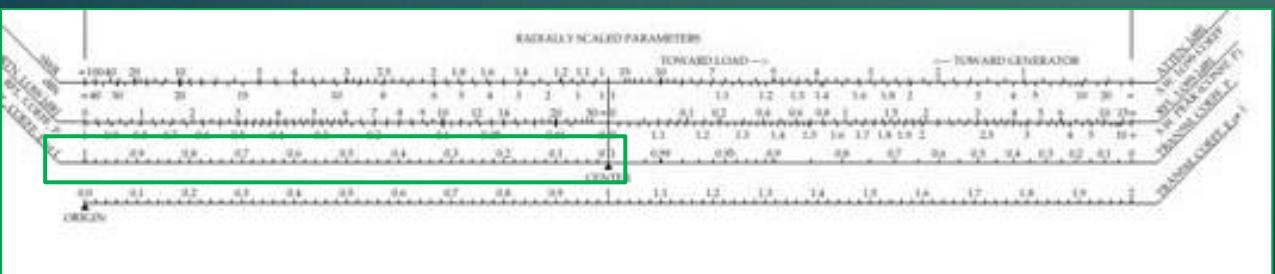
- ▶ Impedancia normalizada a $Z_0 = 50\Omega$

$$z' = \frac{Z}{Z_0} = \frac{Z}{50}$$

- ▶ Representación gráfica del Coeficiente de reflexión

$$\Gamma = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0}$$

$$\Gamma = \frac{z - 1}{z + 1}$$

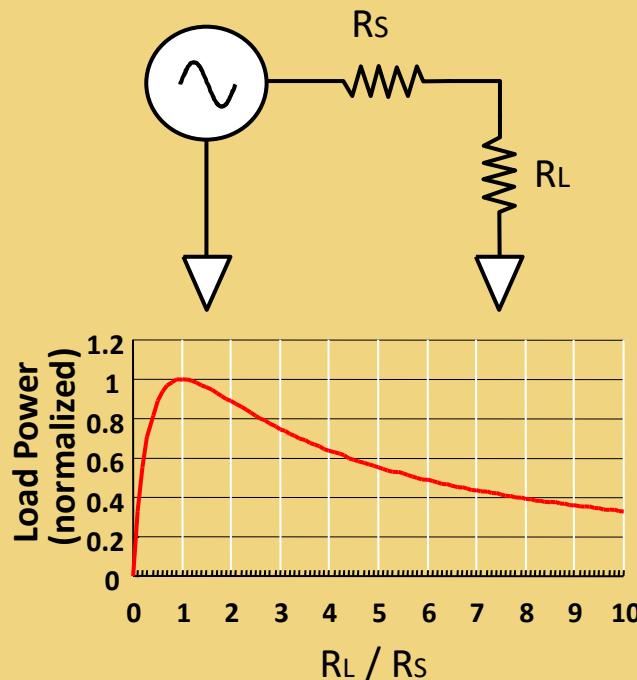


ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIAS



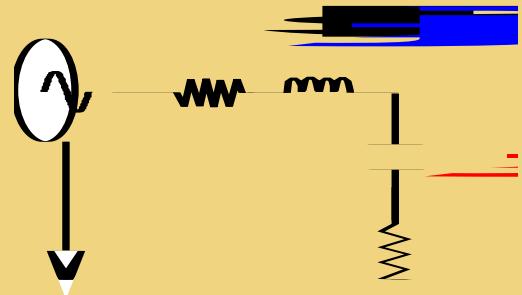
Impedancia = Resistencia

La máxima transferencia de potencia se produce cuando la **Impedancia de Carga (R_L) es igual a la impedancia del generador (R_S)**



Impedancia = Resistencia + Reactancia

La máxima transferencia de potencia de RF se logra cuando la **Impedancia de Carga (Z_L) es igual a la Impedancia conjugada del generador (Z_S)**.



$$Z_S = R_S + jX_S$$
$$Z_L = R_L - jX_L$$

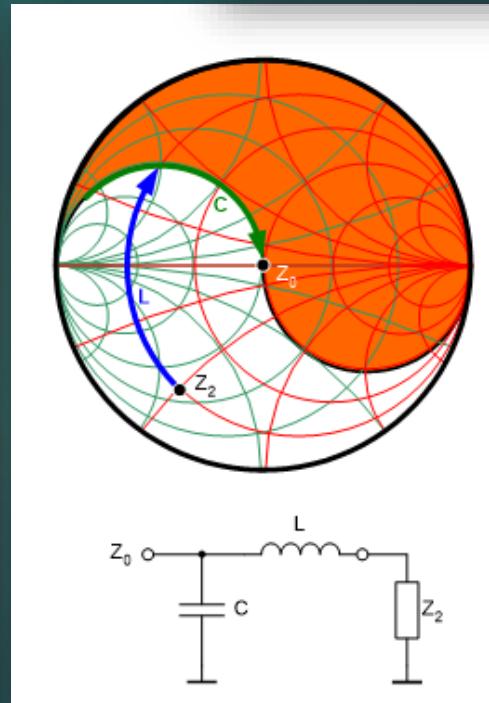
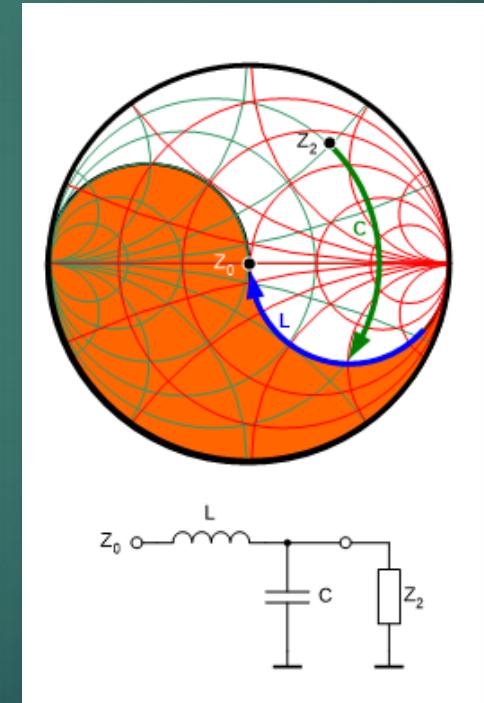
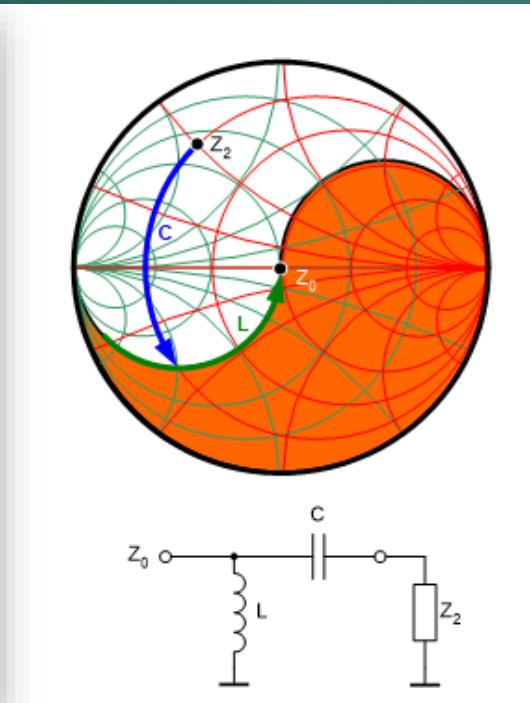
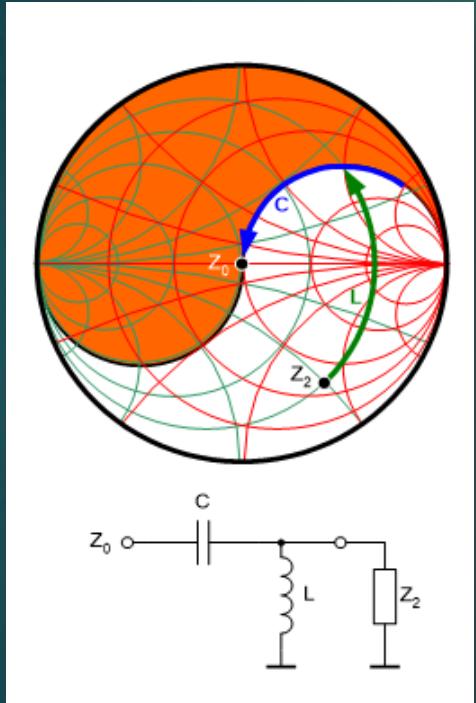
$$\Gamma_L = \Gamma_S^*$$

$$X_L = X_S$$

ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIAS



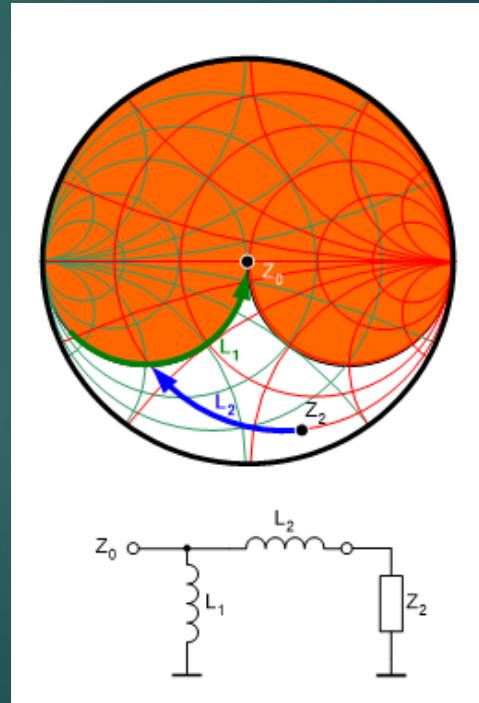
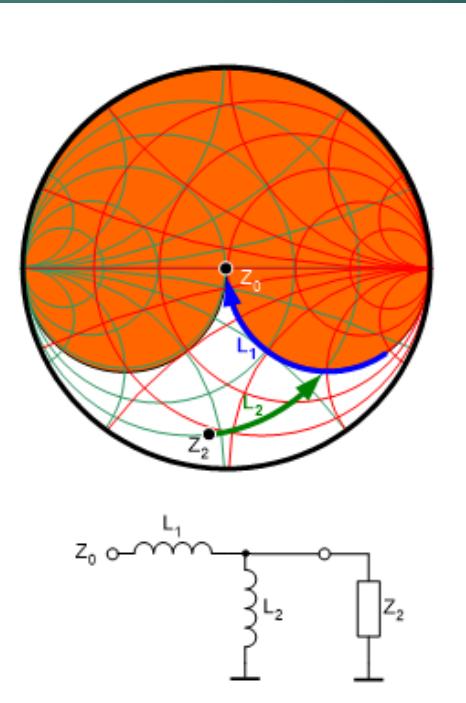
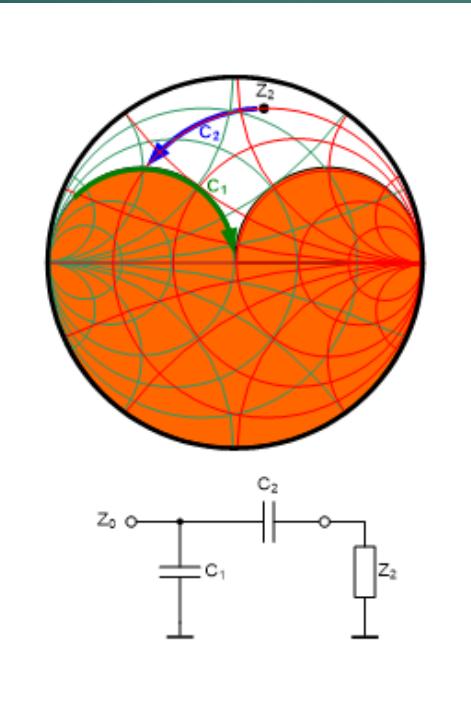
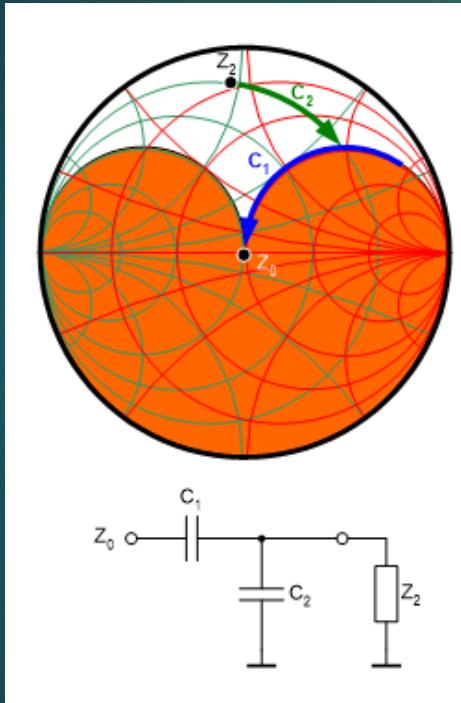
- Adaptaciones de impedancia simples: Circuito en "L" con:
 - Condensador + Inductancia



ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIAS



- Adaptaciones de impedancia simples: Circuito en "L" con:
 - 2 Condensadores ó 2 Inductancias



PARÁMETROS - S



- Describen el comportamiento eléctrico de dispositivo lineal cuando se les somete al estímulo de una señal

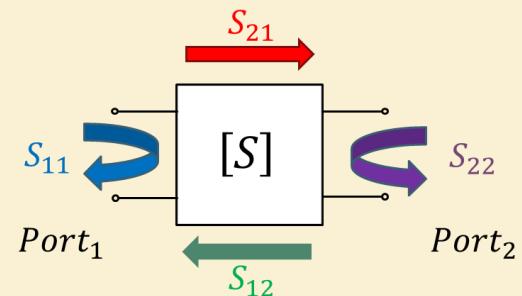
- ❖ Están relacionados con medidas habituales (Ganancia, Pérdida de inserción, coeficiente de reflexión, SWR, ...)
- ❖ Los parámetros-S representan en una matriz de $N \times N$ ($N = \text{Número de puertos del dispositivo}$) y son valores complejos con Magnitud y Fase
- ❖ Se exportan e importan los datos en formatos standard para emplearlos en herramientas de simulación.
- ❖ Los coeficientes de reflexión S_{11} y S_{22} se pueden representar en el chart de Smith

S_{11} = Coeficiente de reflexión Entrada (**Adaptación de Entrada**)

S_{21} = Coeficiente de Transmisión (**Ganancia o Pérdidas**)

S_{22} = Coeficiente de reflexión Salida (**Adaptación de Salida**)

S_{12} = Coeficiente de Transmisión reciproca (**Aislamiento Salida Entrada**)



<https://www.youtube.com/c/OpenEngineeringRF>
<https://www.youtube.com/watch?v=-Pi0UbErHTY>

AMPLIFICADORES DE RF

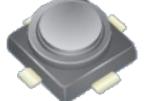


FICHERO de PARÁMETROS - S

! CEL									
! CE3512K2									
! N-channel HJ-FET									
! Vds = 2 V Id = 10 mA									
# Hz	S	MA	R	50					
! f									
S11									
! Hz	MAG	ANG	MAG	ANG	MAG	ANG	MAG	ANG	
2000000000	0,97177219	-24,32888600	5,58713820	151,12015000	0,02699212	73,65338100	0,57072973	-17,36515200	
2100000000	0,96829450	-25,44962300	5,58195260	149,69766000	0,02837960	73,52549000	0,56972295	-18,35747100	
2200000000	0,96534210	-26,66554600	5,57658820	148,23921000	0,02977163	72,68383800	0,56795651	-19,25816500	
2300000000	0,96315169	-27,83938600	5,56018210	146,84393000	0,03108898	71,95884700	0,56653577	-20,10929500	
2400000000	0,96085638	-29,11352700	5,55815460	145,37415000	0,03223483	70,79731000	0,56359941	-20,98279800	
2500000000	0,95607460	-30,33653500	5,54114250	143,91405000	0,03361253	70,40294600	0,56268531	-21,78016100	
2600000000	0,95094842	-31,42640100	5,53553060	142,53767000	0,03509443	69,37891400	0,56179637	-22,76385100	
2700000000	0,94639868	-32,76823800	5,52990060	141,12160000	0,03647162	68,91941800	0,56035799	-23,55203200	
2800000000	0,94281596	-33,93867900	5,51791670	139,70532000	0,03766074	67,80019400	0,55869651	-24,50079000	
2900000000	0,93858606	-35,14165900	5,50412560	138,28088000	0,03902225	67,18132000	0,55696255	-25,26776300	
.....									
! f									
Fmin									
Gammaopt									
# Hz	dB	MAG	ANG	-					
8000000000	0,28	0,554	70,9	0,136					
8500000000	0,29	0,531	77,5	0,124					
9000000000	0,30	0,508	84,1	0,112					
9500000000	0,32	0,480	91,3	0,104					
10000000000	0,34	0,452	98,5	0,096					
10500000000	0,36	0,429	106,1	0,079					
11000000000	0,37	0,405	113,6	0,062					

CEL RF Low Noise FET
CE3512K2

12 GHz Super Low Noise FET in Hollow Plastic PKG

DESCRIPTION <ul style="list-style-type: none"> Super Low Noise and High Gain Hollow (Air Cavity) Plastic package 	PACKAGE <ul style="list-style-type: none"> Micro-X plastic package
	
FEATURES <ul style="list-style-type: none"> Super Low noise figure and high associated gain: NF = 0.30 dB TYP., Ga = 13.7 dB TYP. @Vds = 2 V, Id = 10 mA, f = 12 GHz 	
APPLICATIONS <ul style="list-style-type: none"> KU Band LNB (Low Noise Block) Suitable for 1st Stage 	

 **Modelithics®**

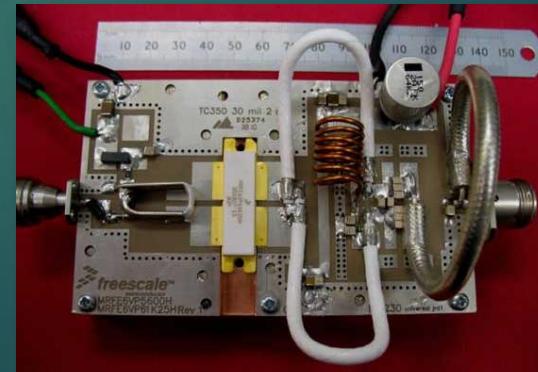
World's Best RF & Microwave Simulation Models

<https://www.modelithics.com/model/sparamvendors>



TIPOS DE AMPLIFICADORES

Baja señal (Receptores)	Potencia (Transmisores)
• Señales de entrada muy pequeñas	• Potencias de salida importantes
• Señales de entrada muy débiles (μW)	• Potencias de salida importantes (W)
• Importancia de la contribución al ruido (NF)	• Alta ganancia
• La eficiencia no es importante	• Eficiencia (Pot. Salida / Pot. Consumida)
• Comportamiento lineal (0IP3)	• Comportamiento no lineal (P1dB /0IP3/armónicos)



AMPLIFICADORES DE RF



PARÁMETROS CLAVE AMPLIFICADOR de LNA's

Parámetro
• Estabilidad
• Ganancia
• Cifra de Ruido (NF)
• Rango dinámico
• Adaptación Entrada / Salida
• OIP3 dBm
• OP1dB

Low Noise, High IP3
Monolithic Amplifier
50Ω 0.05 to 4 GHz

The Big Deal

- Ultra Low Noise Figure, 0.75 dB
- High IP3 and Po at low DC power consumption
- May be used as a replacement for SPF5043Z^{a,b}
- Class 1B HBM ESD rating (500V)

Product Overview

Mini-Circuits PSA4-5043+ is a E-PHEMT based Ultra-Low Noise MMIC Amplifier operating from 50 MHz to 4 GHz with a unique combination of low noise and high IP3 making this amplifier ideal for sensitive high dynamic range receiver applications. This design operates on +3 to +5V supply at only 33 mA at 3V and 56mA at +5V. **is internally matched to 50 ohms** and is supplied in a super small SC-70 (SOT-343) MSL 1 package.

IMPORTANT
Seleccionar el dispositivo con un
NFmin < ½ NF OBJETIVO

CASE STYLE: MMM1362



Features

Reference: 5V/70mA/0.9 GHz

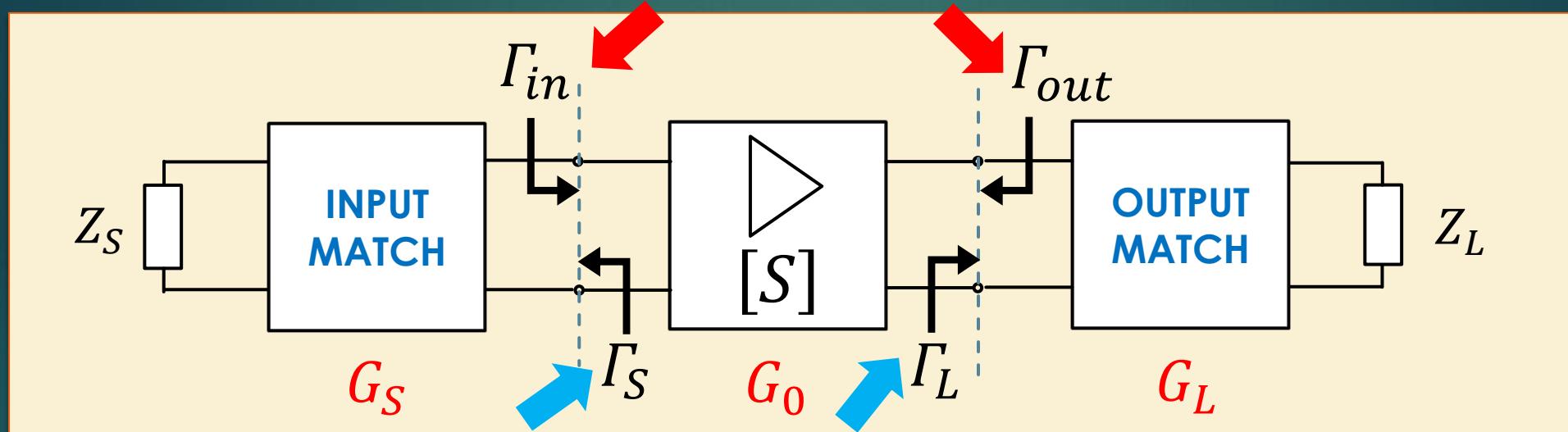
- Gain: 20.8 dB
- Eval Board NF: 0.38 dB
- OP1dB: 20.1 dBm
- OIP3: 38.8 dBm
- Flexible Bias Voltage and Current
- Process: GaAs pHEMT

DISPONIBILIDAD
Parámetros – S con datos de NF y Γ_{opt}

AMPLIFICADORES DE RF



FUNCIONAMIENTO DEL AMPLIFICADOR



$$G_T = \frac{P_L}{P_{av,s}} = G_S G_0 G_L$$

$$G_T = \frac{1 - |\Gamma_S|^2}{|1 - \Gamma_{in}\Gamma_S|^2} * |S_{21}|^2$$

 G_S

$$G_0$$

$$\frac{1 - |\Gamma_L|^2}{|1 - S_{22}\Gamma_L|^2}$$

 G_L

Máxima Ganancia cuando $\Gamma_S = \Gamma_{in}^*$ y $\Gamma_L = \Gamma_{out}^*$

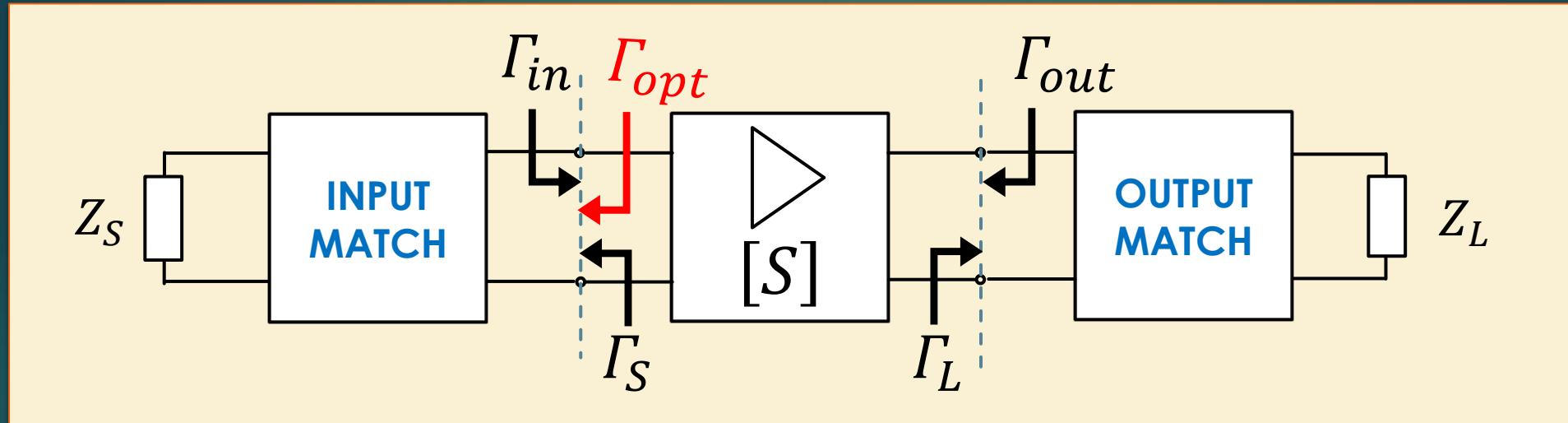
$$\Gamma_{in} = S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_L}{1 - S_{22}\Gamma_L}$$

$$\Gamma_{out} = S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_S}{1 - S_{11}\Gamma_S}$$

AMPLIFICADORES DE RF



ADAPTACION DE IMPEDANCIAS (Máxima Ganancia / Mínimo Ruido)



Γ_{opt} = Coeficiente de reflexión óptimo para el Mínimo Ruido $\neq S_{11}^* \neq \Gamma_S$

MÍNIMO RUIDO

INPUT MATCH: Adaptar Γ_S a Γ_{opt}

MÁXIMA GANANCIA

INPUT MATCH: Adaptar Γ_S a Γ_{in}^*

OUTPUT MATCH: Adaptar Γ_L a Γ_{out}^*

DISEÑO DE LNA's – El Proceso



- 1) Identificar áreas de inestabilidad (Círculos de Estabilidad)
- 2) Simulación S del dispositivo (MMIC / FET) incluyendo Círculos de Ganancia y de Ruido
- 3) Determinar el valor de Γ_S objetivo ($= \Gamma_{opt}$) **Compromiso Input NF / Ganancia / In RL**
- 4) Diseñar la adaptación de Impedancias de entrada 50Ω a Γ_S **Topología HPF / LPF / TL'**
- 5) Evaluar del adaptador de impedancias de entrada. (S_{21})
 - Valores teóricos
 - Componentes reales Γ_S final
- 6) Determinar Γ_L^* con los datos S del MMIC y Γ_S final.
- 7) Diseñar la adaptación de impedancias de salida Γ_L^* a 50Ω
- 8) Simulación el circuito completo (input match / MMIC / output match)
 - S_{21} , S_{11} , S_{22} , NF y Análisis de estabilidad
- 9) Optimización con componentes reales (modelos)
- 10) Construcción y Medidas

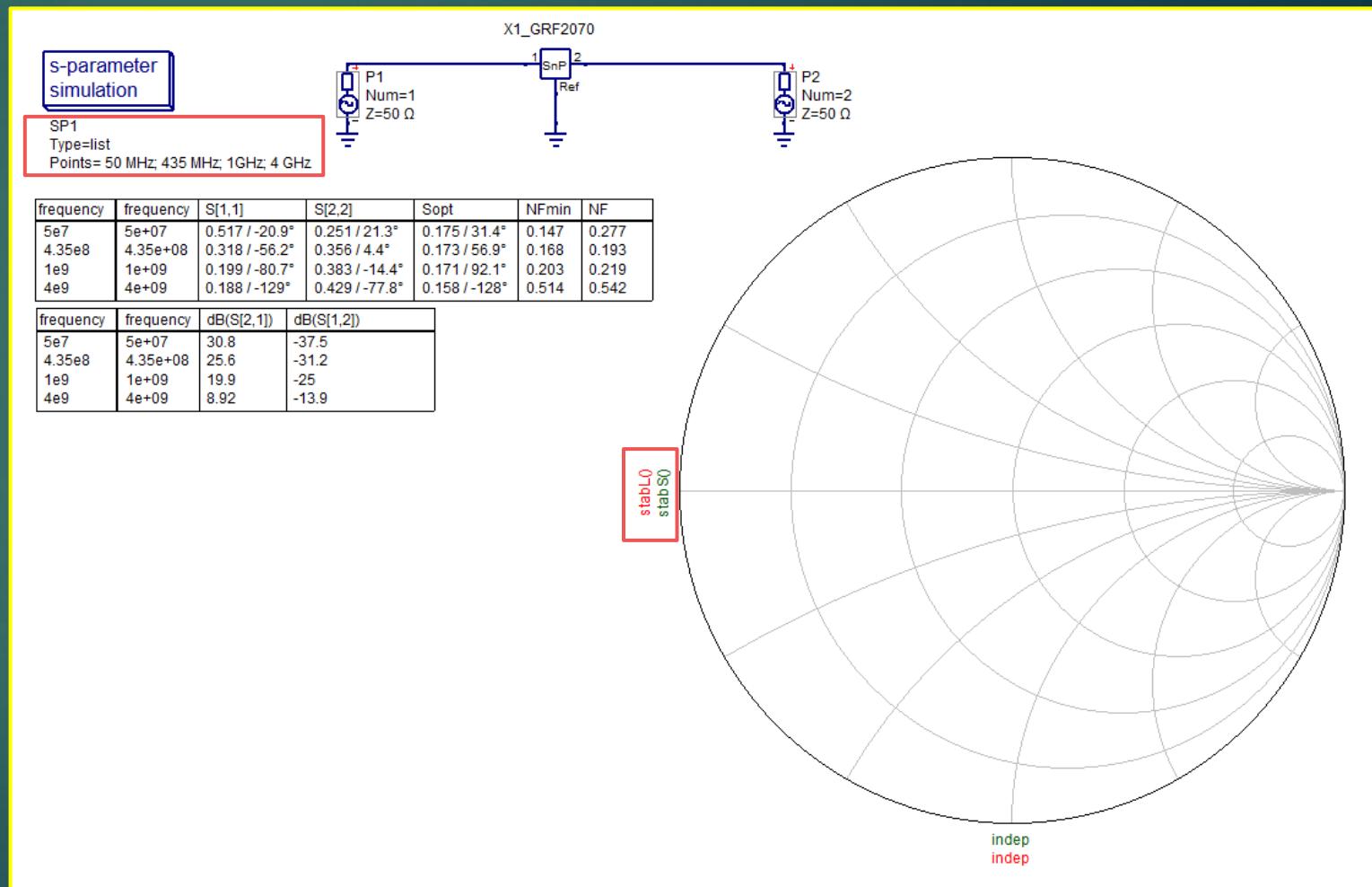
$$\Gamma_L^* = S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_{opt}}{1 - S_{11}\Gamma_{opt}}$$

DISEÑO LNA 435MHz



ESTABILIDAD

- ▶ Gráfico de stabS() y stabL() para identificar que áreas son inestables
- ▶ Analizar rango de frecuencias amplio no solo la frecuencia de diseño
- ▶ Ejemplo AFT09MS007N
- ▶ Si alguno de los círculos de estabilidad corta el Plano de reflexión hay estabilizar primero.

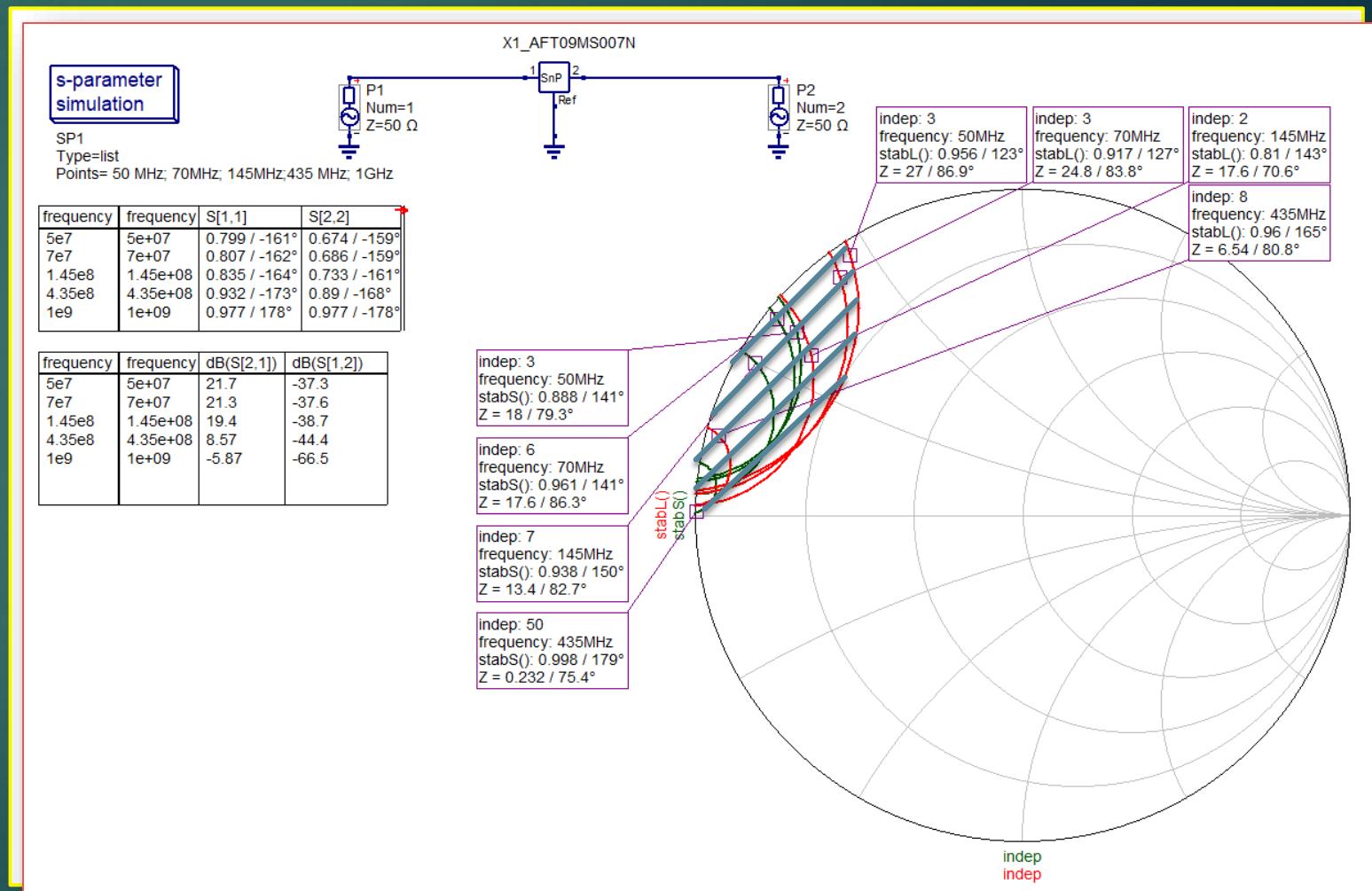


DISEÑO LNA 435MHz



ESTABILIDAD

- ▶ Gráfico de stabS() y stabL() para identificar que áreas son inestables
- ▶ Analizar rango de frecuencias amplio no solo la frecuencia de diseño
- ▶ Ejemplo AFT09MS007N
- ▶ Si alguno de los círculos de estabilidad corta el Plano de reflexión hay estabilizar primero.

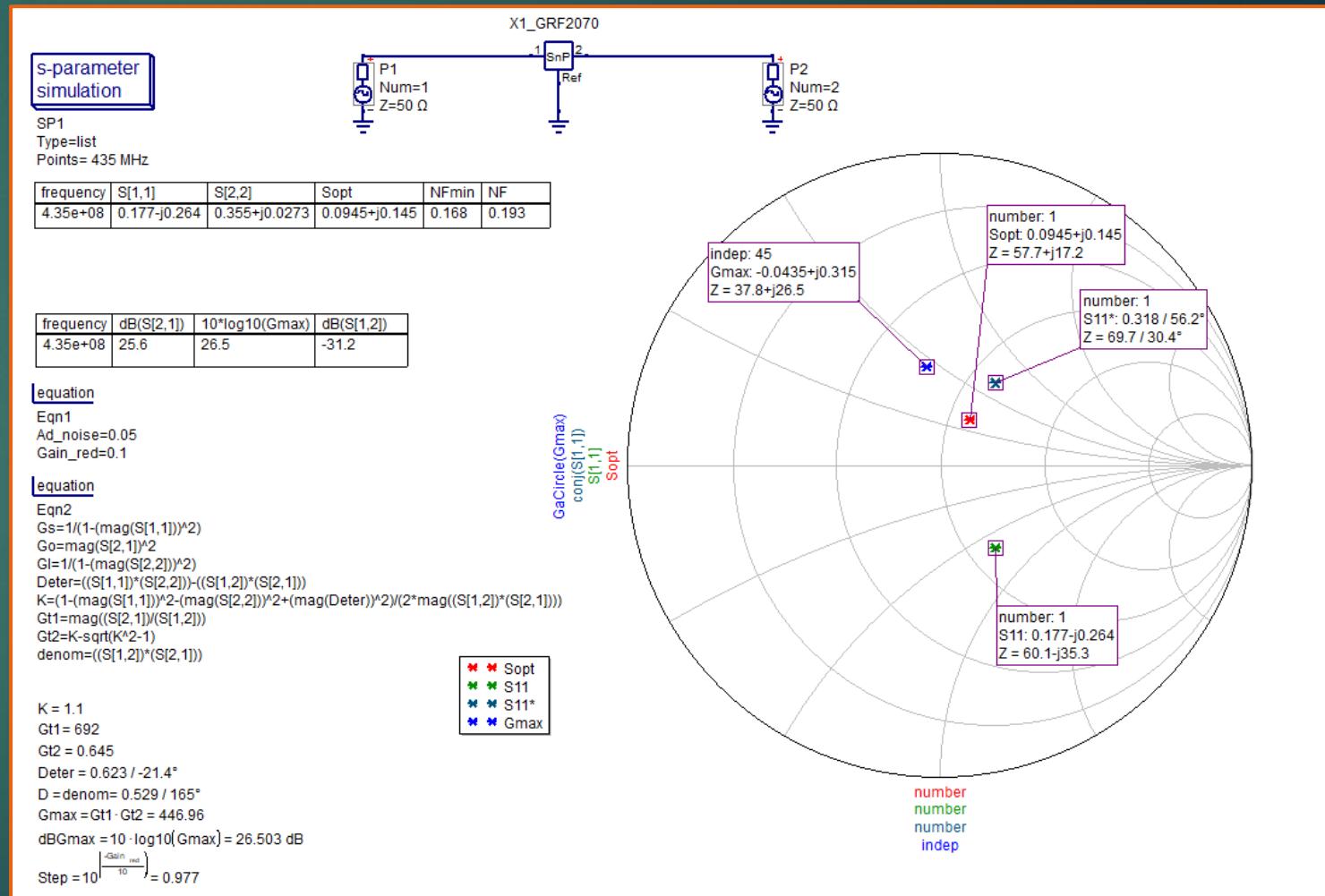


DISEÑO LNA 435MHz



INPUT MATCH

- ▶ Simulación en la frecuencia de diseño
- ▶ Círculos Ganancia y de Ruido
- ▶ Cálculo de la red de adaptación de 50Ω de entrada a Γ_{opt}

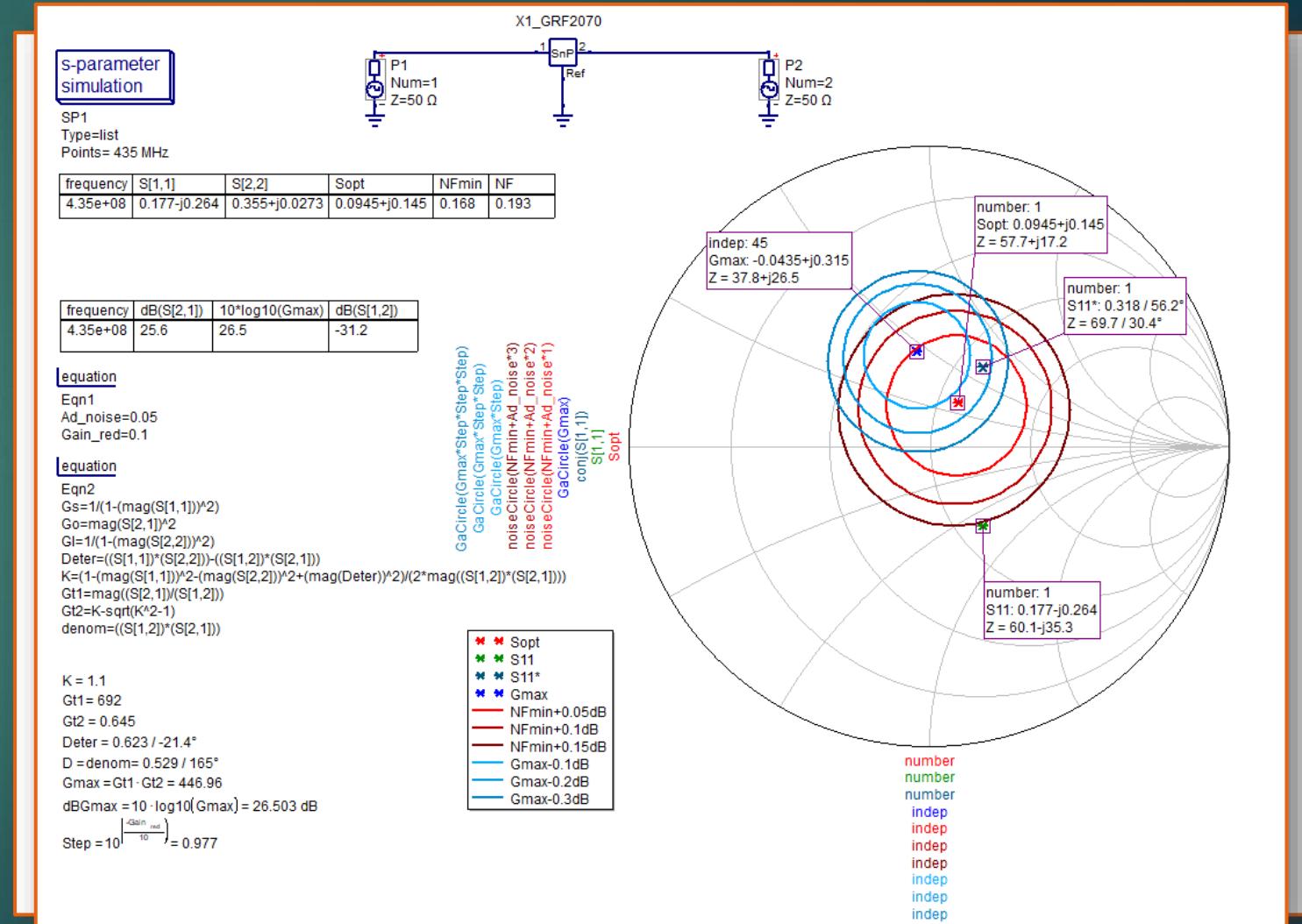


DISEÑO LNA 435MHz



INPUT MATCH

- ▶ Simulación en la frecuencia de diseño
- ▶ Círculos Ganancia y de Ruido
- ▶ Cálculo de la red de adaptación de 50Ω de entrada a Γ_{opt}

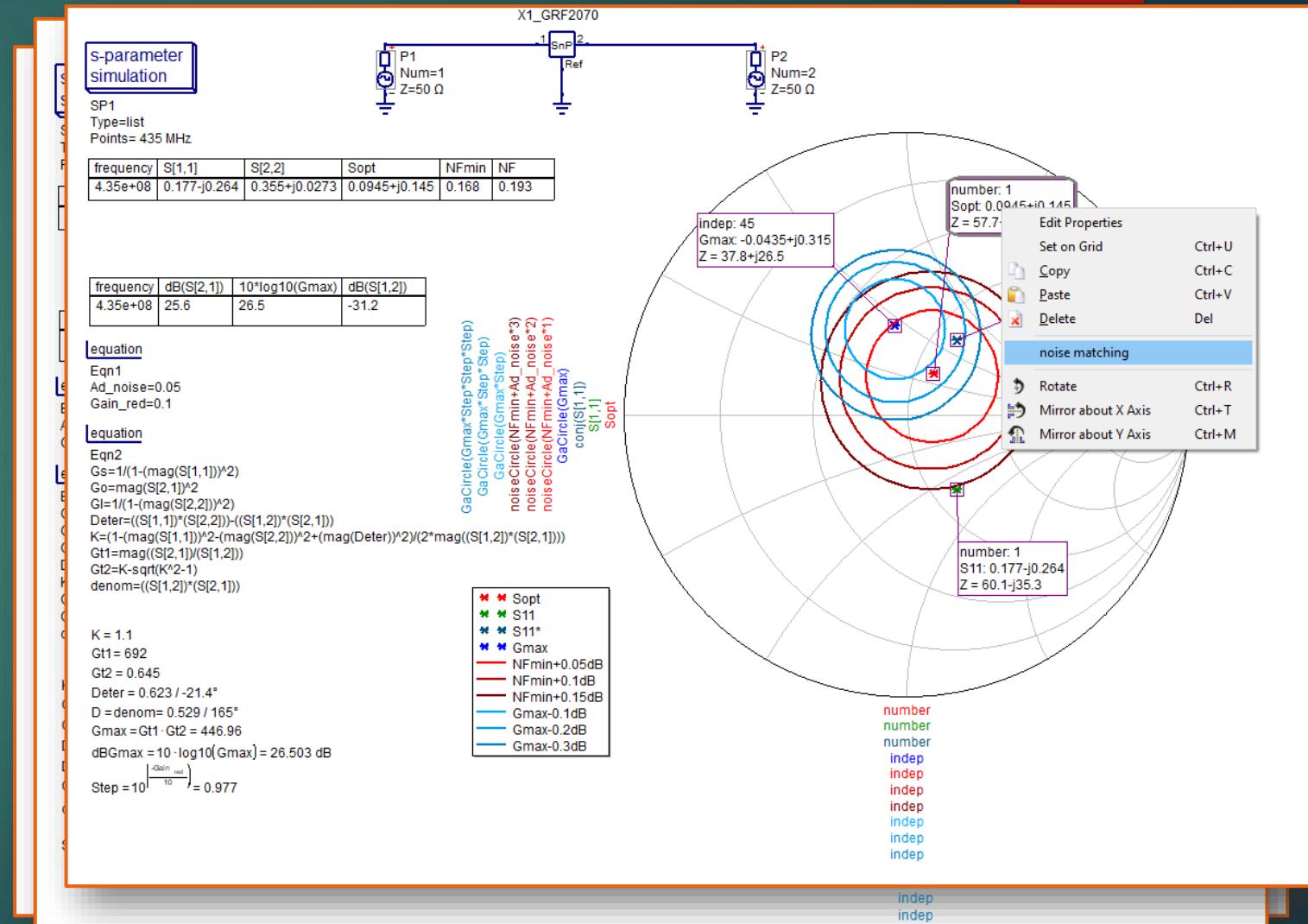
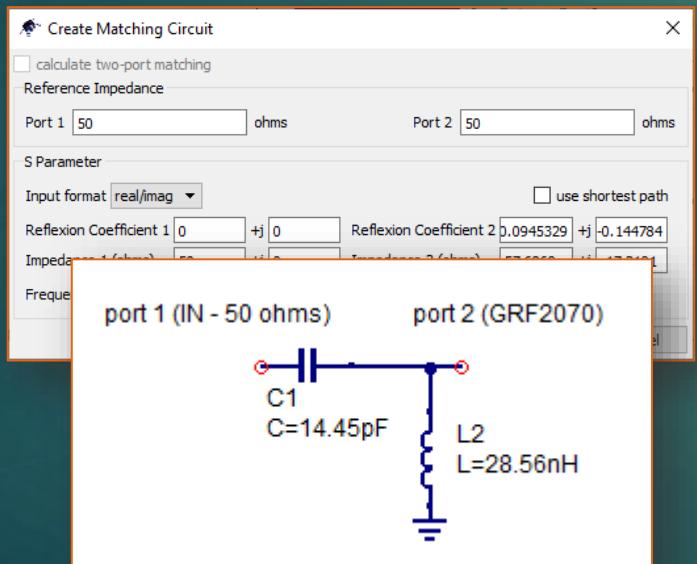


DISEÑO LNA 435MHz



INPUT MATCH

- ▶ Simulación en la frecuencia de diseño
 - ▶ Círculos Ganancia y de Ruido
 - ▶ Cálculo de la red de adaptación de 50Ω de entrada a Γ_{opt}

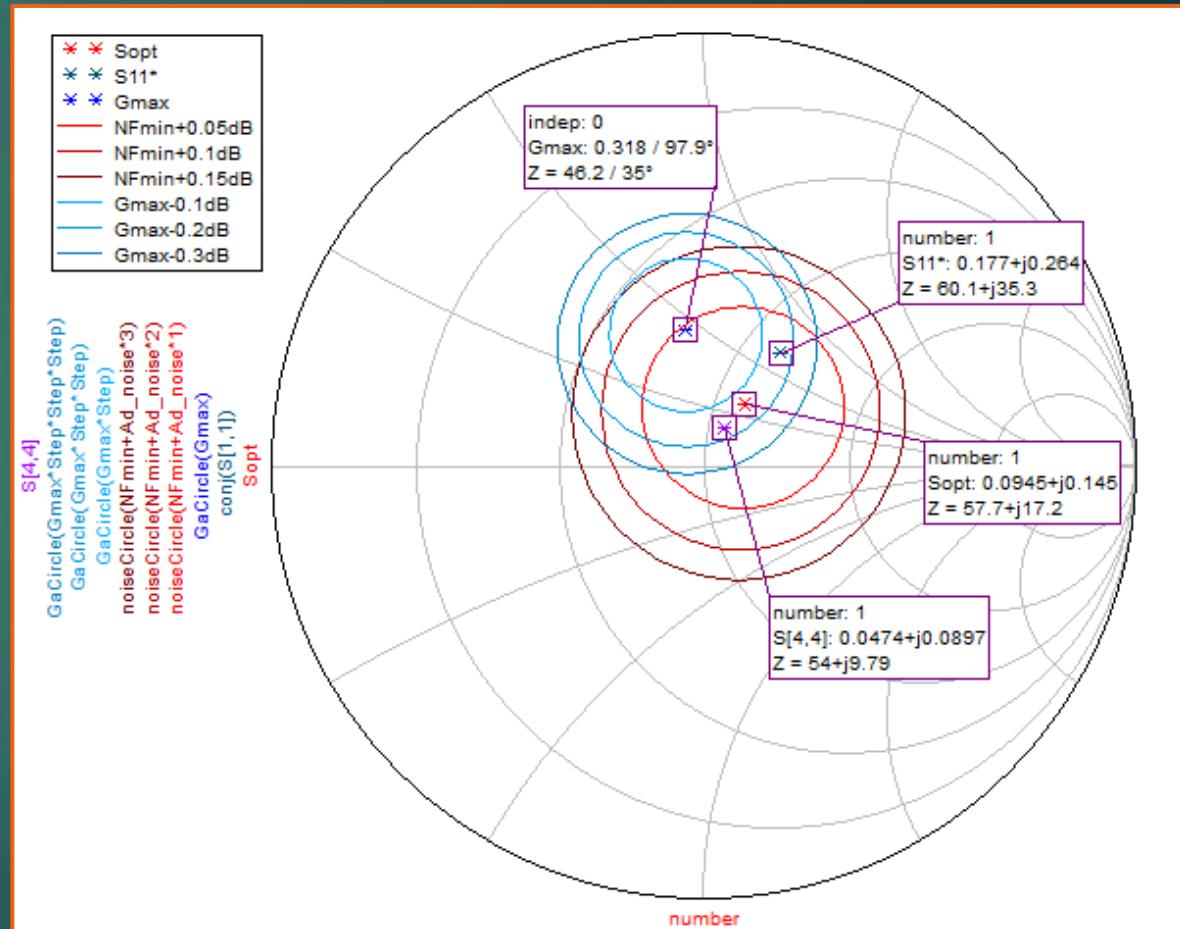
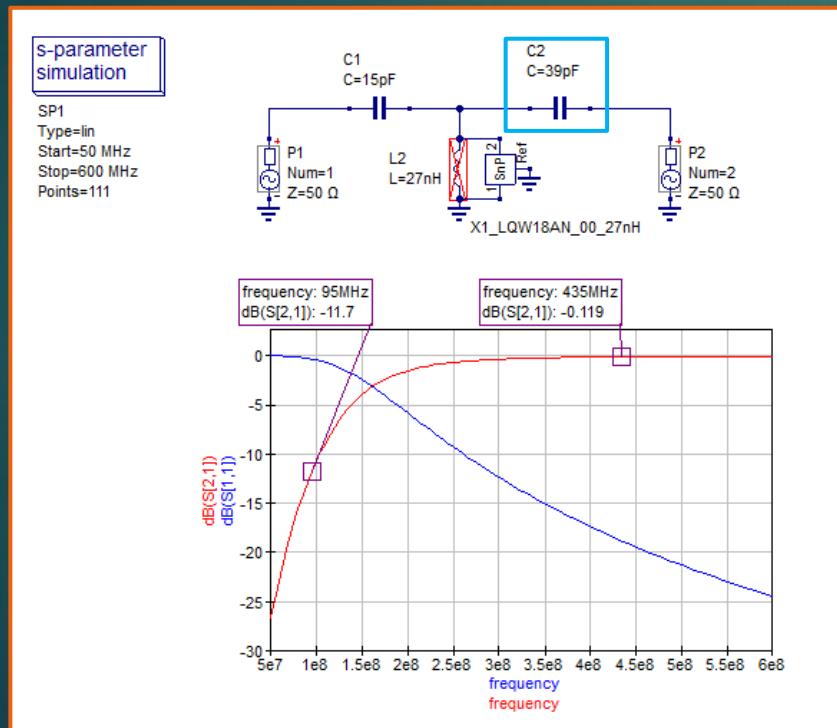


DISEÑO LNA 435MHz



INPUT MATCH

- ▶ Simulación de la red de entrada como filtro HPF
- ▶ Evaluar el coeficiente de reflexión de salida S_{44} respecto a Γ_{opt}

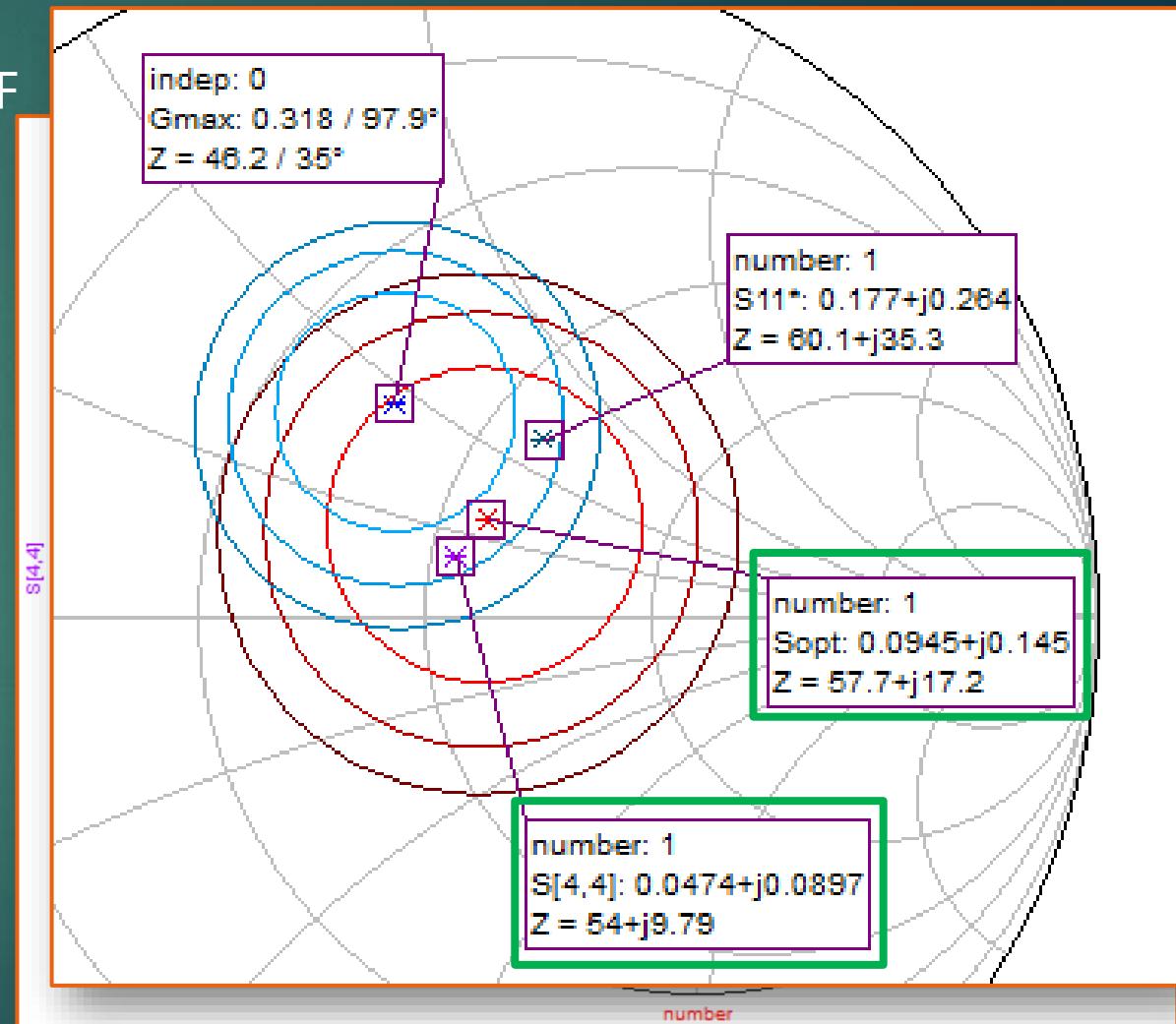
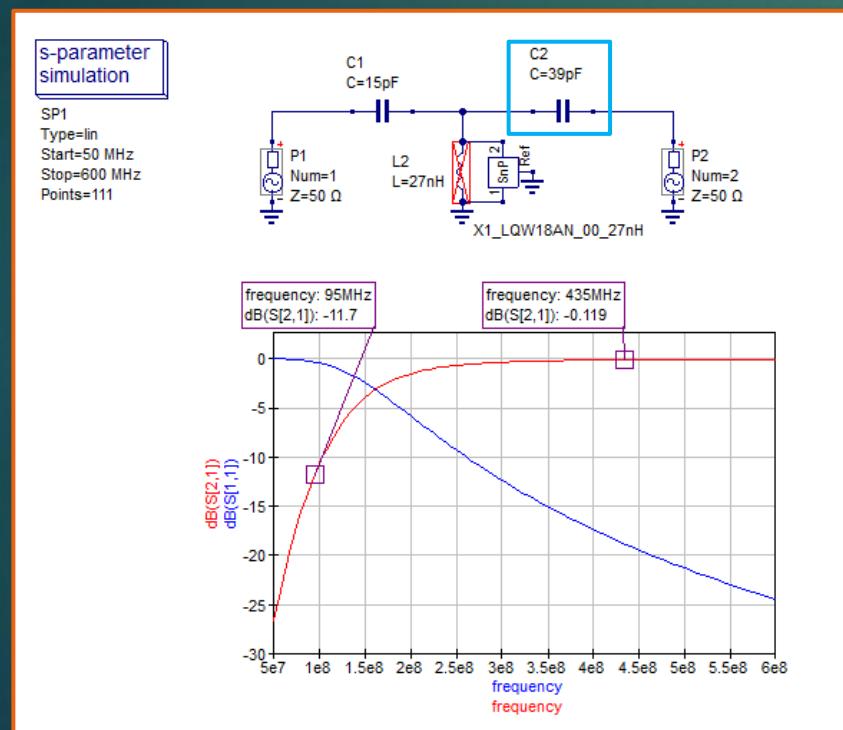


DISEÑO LNA 435MHz



INPUT MATCH

- ▶ Simulación de la red de entrada como filtro HPF
- ▶ Evaluar el coeficiente de reflexión de salida S_{44} respecto a Γ_{opt}



DISEÑO LNA 435MHz

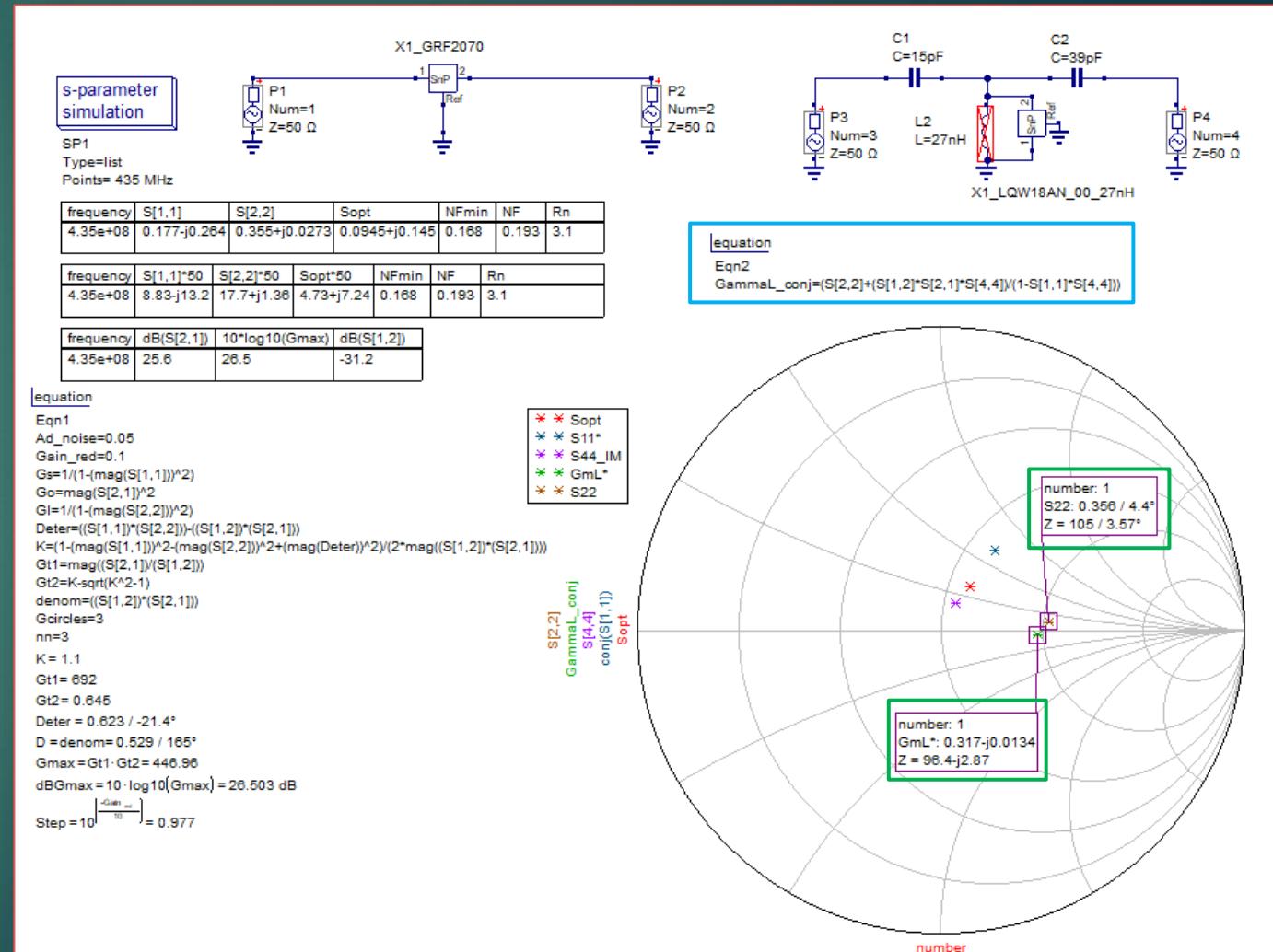


OUTPUT MATCH

- ▶ Simulación MMIC e Input Match
- ▶ Cálculo de Γ_L^* (ecuación)

$$\Gamma_L^* = S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_{opt}}{1 - S_{11}\Gamma_{opt}}$$

- ▶ Cálculo de la red de adaptación de Γ_L^* a 50Ω de salida



DISEÑO LNA 435MHz



OUTPUT MATCH

- ▶ Simulación MMIC e Input Match
- ▶ Cálculo de Γ_L^* (ecuación)

$$\Gamma_L^* = S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_{opt}}{1 - S_{11}\Gamma_{opt}}$$

- ▶ Cálculo de la red de adaptación de Γ_L^* a 50Ω de salida

Create Matching Circuit

calculate two-port matching

Reference Impedance

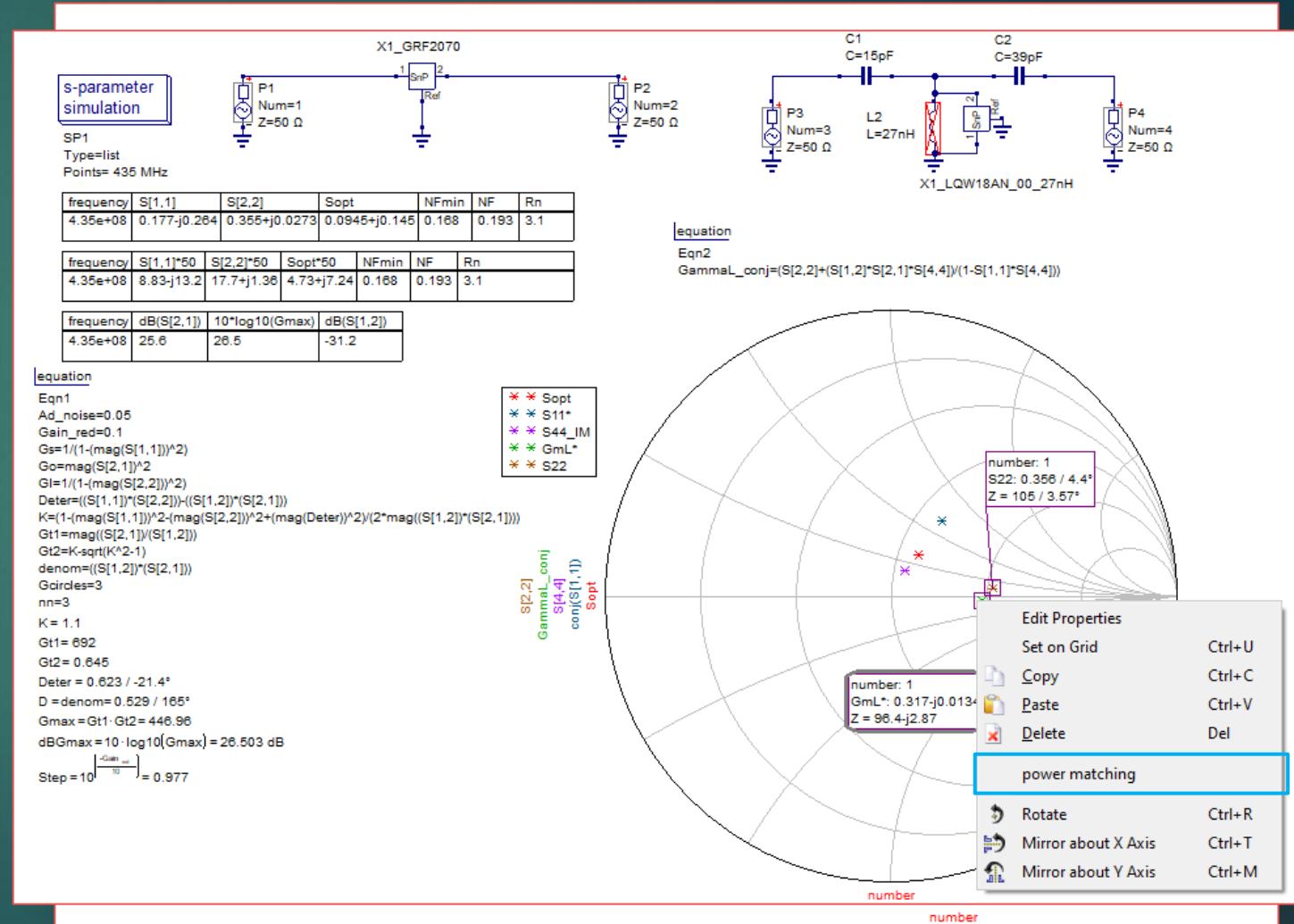
Port 1 ohms Port 2 ohms

S Parameter

Input format use shortest path

Reflexion Coefficient 1 <input type="text" value="0"/> +j <input type="text" value="0"/>	Reflexion Coefficient 2 <input type="text" value="0.316982"/> +j <input type="text" value="0.0133772"/>
Impedance 1 (ohms) <input type="text" value="50"/> +j <input type="text" value="0"/>	Impedance 2 (ohms) <input type="text" value="96.3529"/> +j <input type="text" value="-2.86638"/>

Frequency: MHz



DISEÑO LNA 435MHz

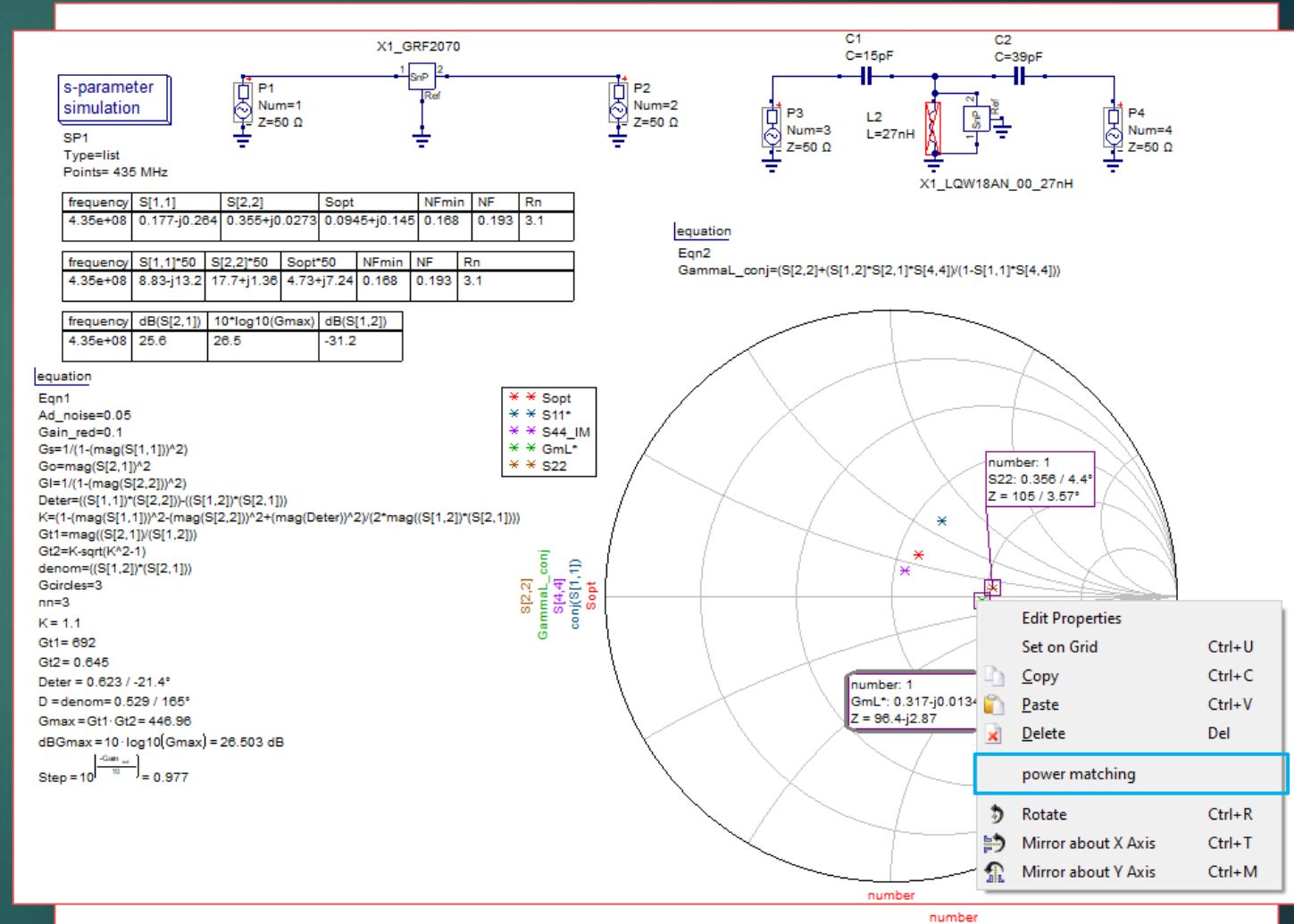
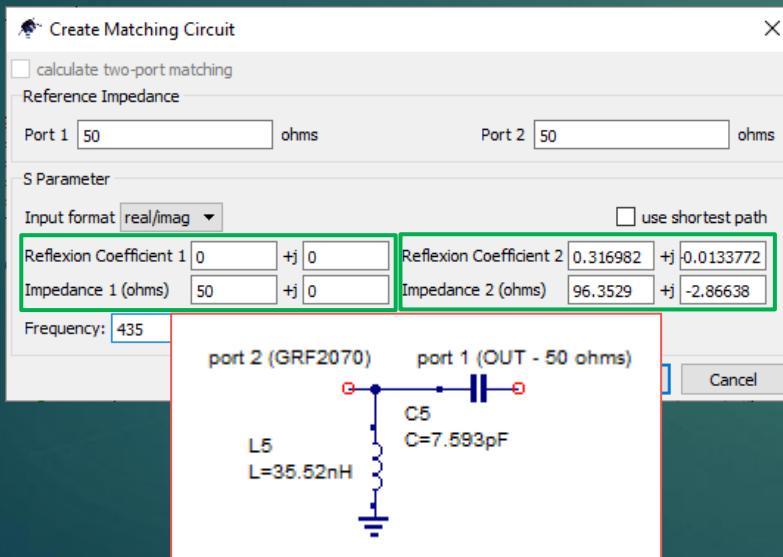


OUTPUT MATCH

- ▶ Simulación MMIC e Input Match
- ▶ Cálculo de Γ_L^* (ecuación)

$$\Gamma_L^* = S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_{opt}}{1 - S_{11}\Gamma_{opt}}$$

- ▶ Cálculo de la red de adaptación de Γ_L^* a 50Ω de salida

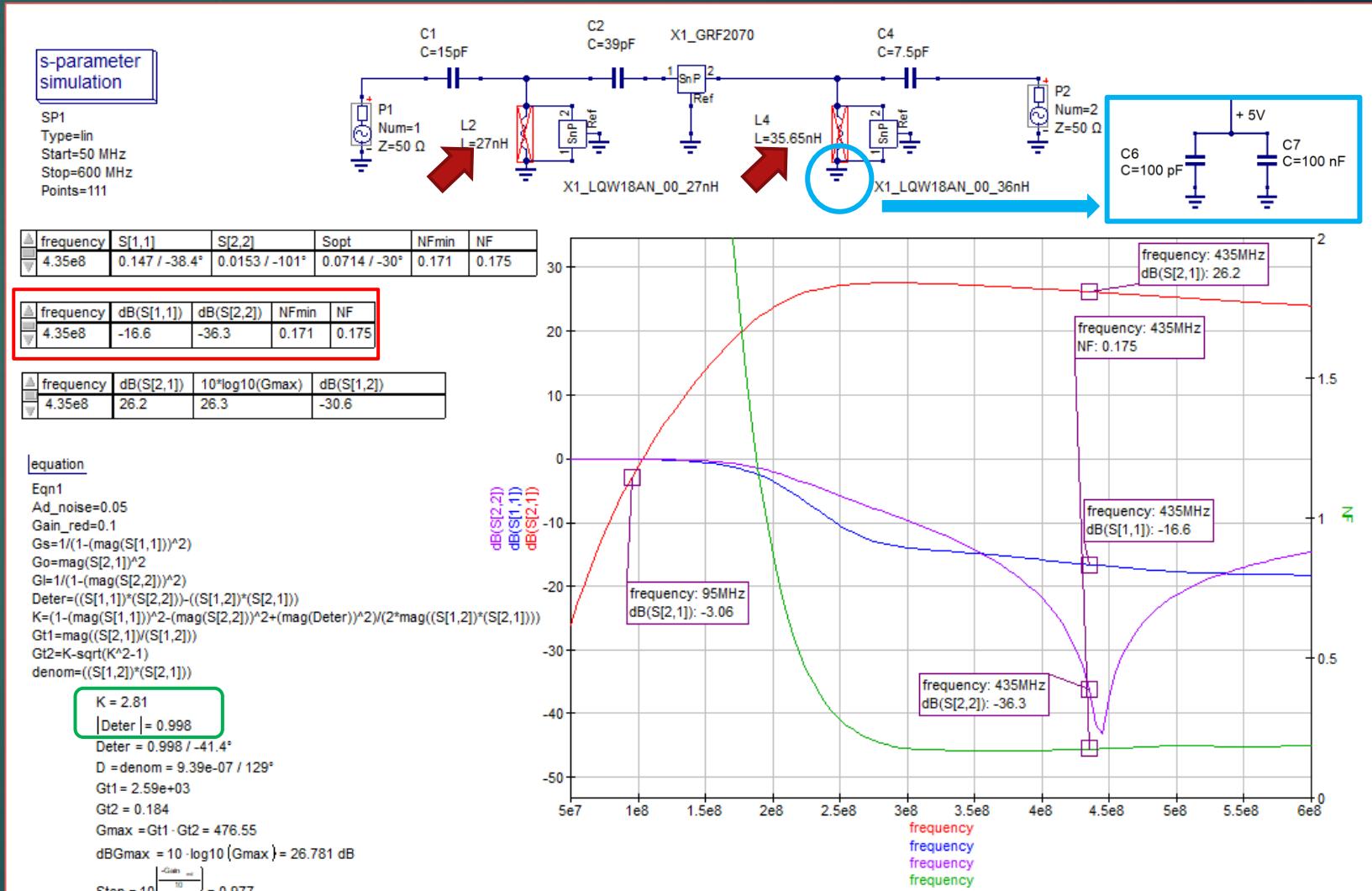


DISEÑO LNA 435MHz



DISEÑO FINAL

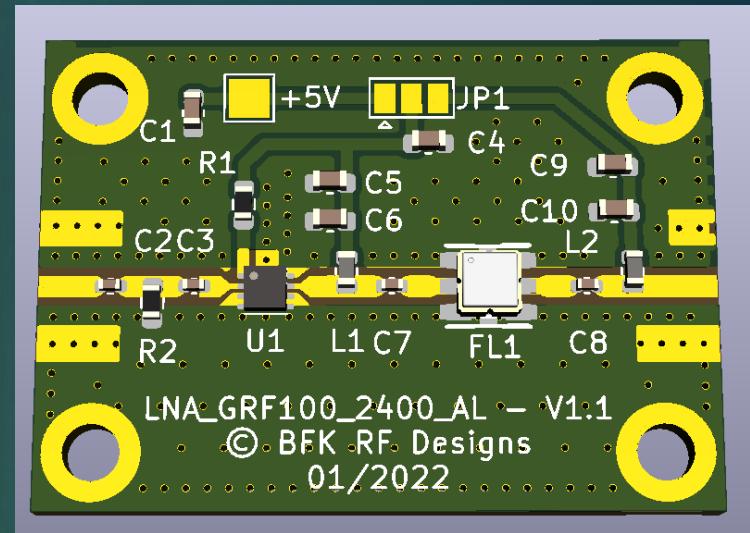
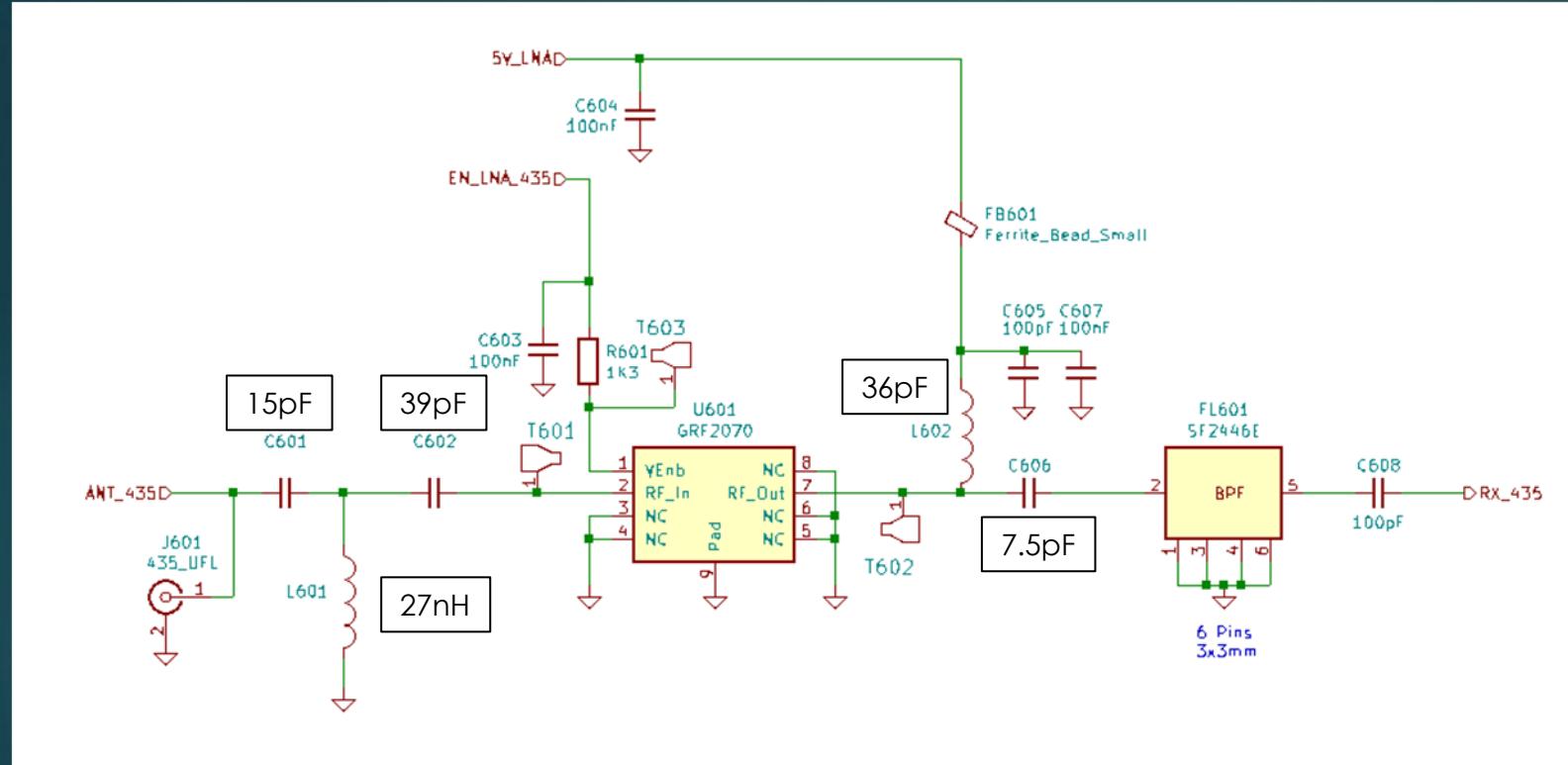
- ▶ Emplear modelos de los componentes pasivos
- ▶ Incluir medidas de Estabilidad (K y $|Deter|$)
 - $K > 1$ y $|Deter| < 1 \rightarrow \text{OK}$
- ▶ Diseño final:
 - ▶ GND de salida se realiza con 2 condensadores, para alimentar el MMIC mediante la inductancia de salida.
- ▶ Trasladar el diseño a Kicad



DISEÑO LNA 435MHz



CONSTRUCCIÓN y MEDIDAS



DISEÑO LNA 435MHz



CONSTRUCCIÓN / MEDIDAS

- ▶ Ganancia: 22,9 dB
- ▶ NF: 0,30 dB
- ▶ RL: -16,9dB
- ▶ Att 95 MHz: -55,2dB



DISEÑO LNA 435MHz



CONSTRUCCIÓN / MEDIDAS

- ▶ Ganancia: 22,9 dB
- ▶ NF: 0,30 dB
- ▶ RL: -16,9dB
- ▶ Att 95 MHz: -55,2dB
- ▶ Ancho Banda (-3dB): 24 MHz



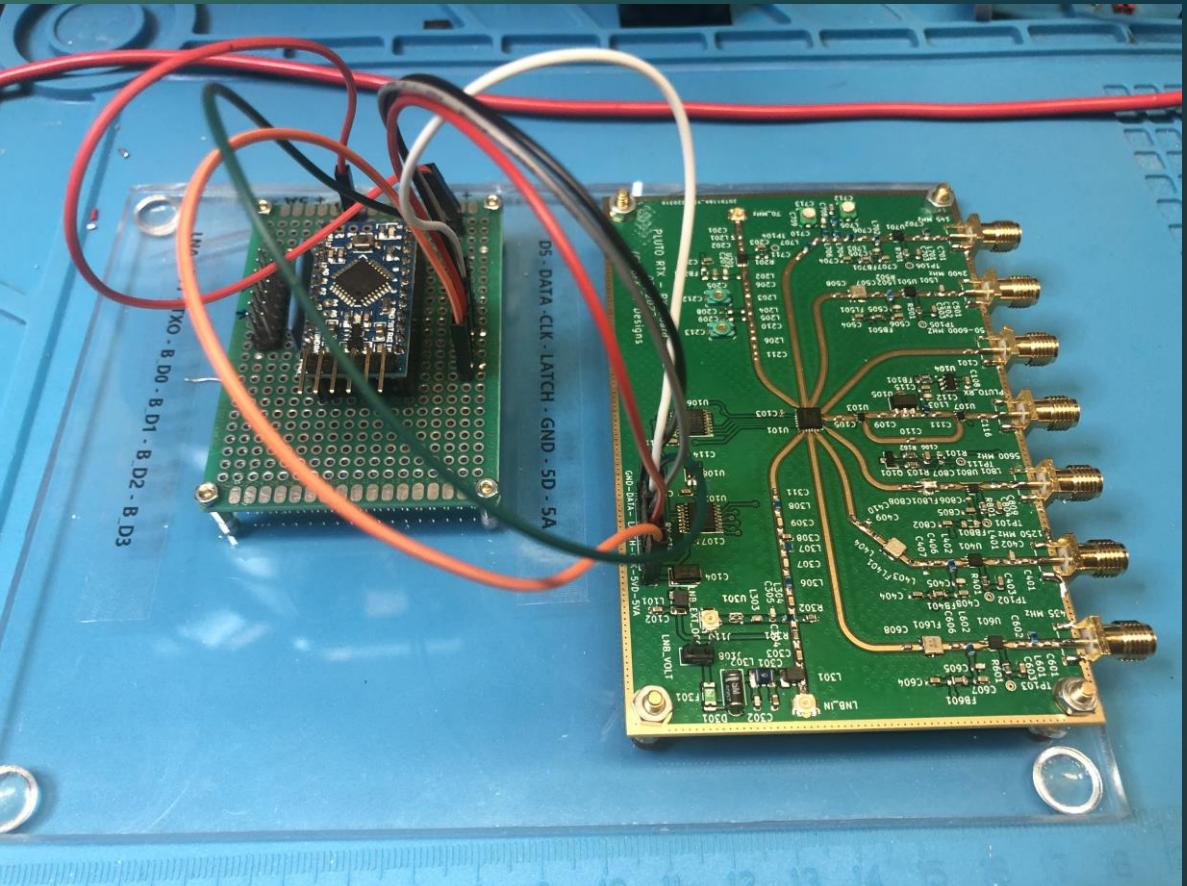
PROYECTO *Pluto RTX EA*



LNA's



Fcia.	Gain (dB)	NF (dB)
145	20,7	0,7
137	20,7	0,7
145	24,2	0,5
403	23,9	0,4
435	24,3	0,3
1090	19,9	0,2
1296E	19,8	0,4
1296A	19,1	0,3
1700	17,1	0,4
2250	14,9	0,6
2320	15,1	0,6
5650	13,2	WIP (1,2)



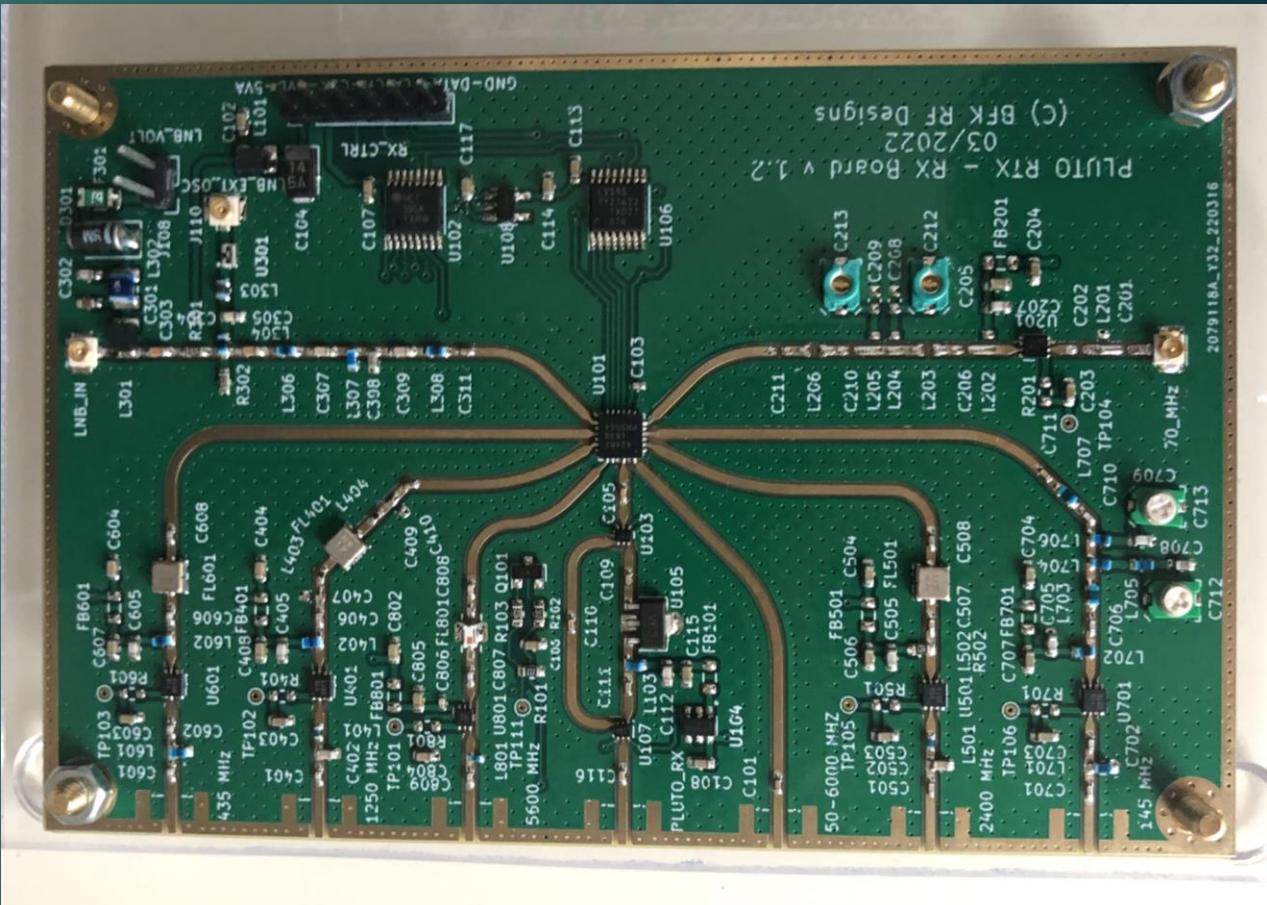
PROYECTO *Pluto RTX EA*



LNA's



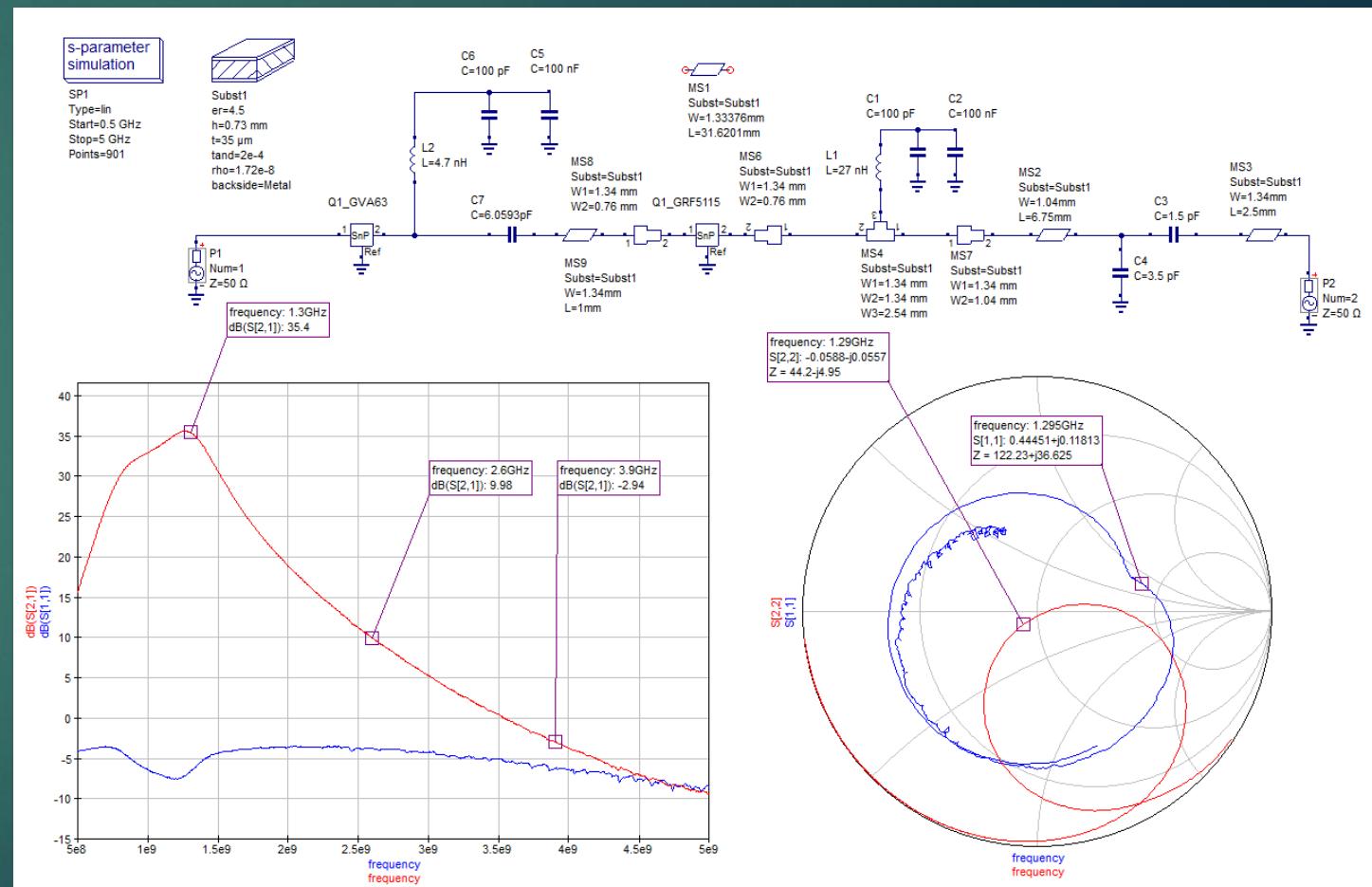
Fcia.	Gain (dB)	NF (dB)
145	20,7	0,7
137	20,7	0,7
145	24,2	0,5
403	23,9	0,4
435	24,3	0,3
1090	19,9	0,2
1296E	19,8	0,4
1296A	19,1	0,3
1700	17,1	0,4
2250	14,9	0,6
2320	15,1	0,6
5650	13,2	WIP (1,2)



PRÓXIMOS RETOS



- Finalizar el diseño de las Placas de TX
 - 70/145/435 con AFT09MS007N
 - 1296/2320 con GRF5115
 - 5650 con WIP
- Construcción y mediciones de las Placas TX
- Integración de PCB's RX y TX en caja remota.
- Test Finales



AGRADECIMIENTOS



- ▶ Comité Organizador de IberRadio 2022
- ▶ A todos los que están apoyando esta “locura” y me animan a seguir

Los Radiotraestornados

- ▶ Sección Comarcal de URE Guadarrama
- ▶ Michael Margraf (DD6UM), José Manuel Campelo Ortiz, Colin Durbridge (G4EML)
- ▶ MiniCircuits y Guerrilla RF
- ▶ Y no dejéis de...

Experimentar, Aprender y Compartir



GRACIAS

BIBLIOGRAFÍA y ENLACES ÚTILES



LIBROS

- MICROWAVE TRANSISTOR AMPLIFIERS. Guillermo González
- MICROWAVE AND RF DESIGN. Michael Steer
- ARRL Handbook

SOFTWARE

- QUCS Studio <https://dd6um.darc.de/QucsStudio/qucsstudio.html>
- SimSmith http://www.ae6ty.com smith_charts.html
- AppCad <https://www.broadcom.com/appcad>
- KICAD <https://www.kicad.org>

GITHUB

- Github EA4BFK (Presentaciones Pluto RTX, Tutoriales de Kicad "La Salle", ...)
<https://github.com/EA4BFK>

BIBLIOGRAFÍA y ENLACES ÚTILES



SOFTWARE DATV Y SDR Raspberry Pi

- PORSTDOWN 4 Wiki https://wiki.batc.org.uk/The_Portsdown_DATV_transceiver_system
- LANGSTONE Project Wiki https://wiki.microwavers.org.uk/Langstone_Project
- LANGSTONE Project GitHub <https://github.com/g4eml/Langstone>

OTROS SOFTWARES SDR Raspberry PI

- QO-100 Tranverter https://github.com/dj0abr/QO100_Transceiver
- Remote SDR <https://f1atb.fr>

BIBLIOGRAFÍA y ENLACES ÚTILES



VIDEOS YOUTUBE

- Canal EA4BFK (Pluto RTX, Tutoriales de Kicad "La Salle", ...)
https://www.youtube.com/channel/UC Aeccb_g0U5kizpTxCSzKbw?app=desktop
- Canal Micromeet (Presentación Pluto RTX EA en Micromeet 2021)
<https://www.youtube.com/watch?v=80r13qrW34c&t=1638s>
- Tutoriales SimSmith
 - Canal W0QE https://www.youtube.com/channel/UCKSyLSu4fm_1RHoO3Jvk4YQ
 - Canal de W2AEW <https://www.youtube.com/watch?v=f8MhMI4lqUE>
- Diseño RF
 - Anurag Bhargava <https://www.youtube.com/watch?v=KWI2IQkUCzE&list=PL9OnCetH8TYpFkgC0SRB9izElbIJmjBm>
 - Microwave Labcast <https://www.youtube.com/channel/UCFDM4s9QHMvPQInW8KI6htw>