

# diseño de receptores-transmisores QRP con hoja de calculo

eduardo alonso, EA3GHS

joan morros, EA3FXF

EA QRP CLUB – sinarcas – mayo 2014

# índice

- objetivos
  - bloques básicos en circuitos de radio
  - características comunes de los bloques
  - medidas de nivel y ganancia
- 
- del esquema eléctrico al esquema de bloques
  - análisis de ganancias/perdidas de la cadena TX
  - análisis del enlace entre Lérida y Múnich
  - análisis de las primeras etapas del receptor

# objetivos

## análisis

a partir del esquema es posible deducir

- **niveles de señal** en la entrada/salida de cada bloque
- **prestaciones del sistema** completo
- **alcance del transmisor**
- niveles de **señal de estaciones lejanas** o interferentes

## síntesis

a partir de unos requerimientos (consumo, tamaño, dispositivos disponibles,..)

- identificar los bloques necesarios
- estimar los niveles de señal requeridos
- **dimensionar los dispositivos** del sistema
- **añadir/quitar bloques** o modificar ganancias/impedancias/niveles  
**y obtener resultados rápidamente**

para “probar”  
antes de “montar”  
sin necesidad de  
simulaciones

# bloques básicos en circuitos de radio

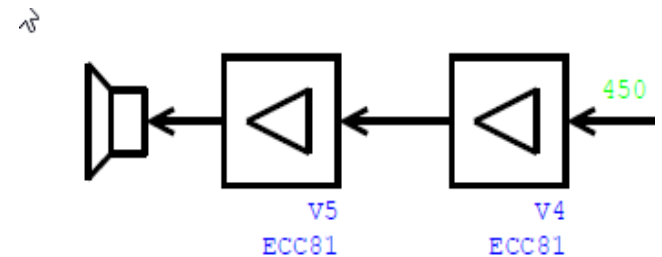
- **amplificadores** incrementan el nivel de la señal
- **filtros** selecciona la parte de interés del espectro de una señal, atenuando el resto del espectro no deseado
- **mezcladores** trasladan una banda de frecuencias a otra
- **osciladores** generan una señal de una frecuencia
- **antenas** transfieren señales entre un circuito y el espacio libre
- **micrófono/altavoz** convierte señales eléctricas en ondas sonoras
- **transformador** incrementa/decrementa la tensión (impedancia) de un circuito
- *multiplicadores, desfasadores, atenuadores, líneas de transmisión...*

# características comunes de los bloques

1. potencia de entrada
2. potencia de salida
3. ganancia=potencia\_salida - potencia\_entrada
4. impedancia de entrada
5. impedancia de salida
6. *nivel de potencia máxima y mínima*

¿como determinar estos parámetros?

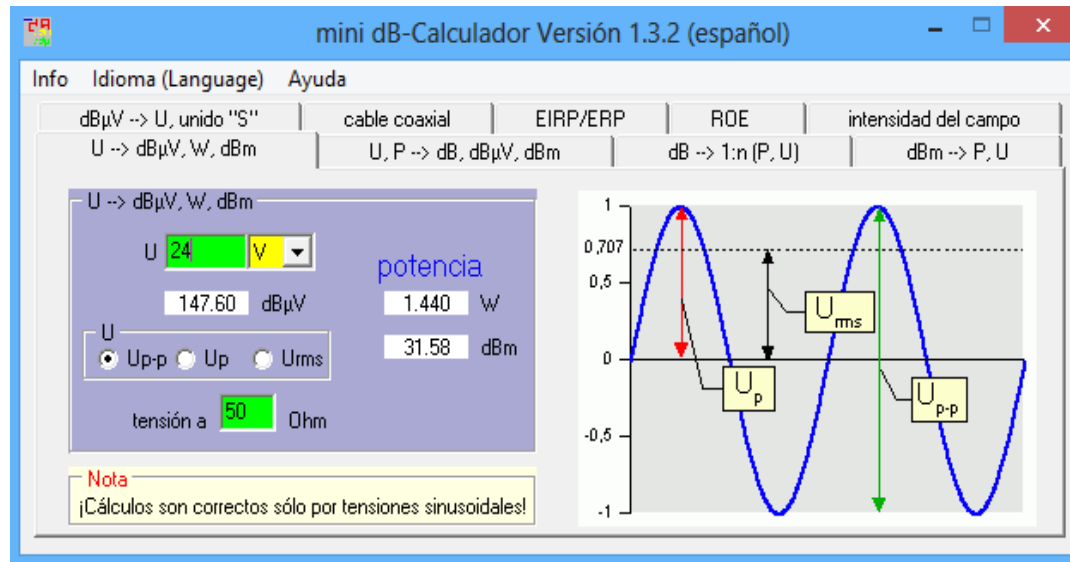
- analizando el circuito con **lápiz y papel**
- simulando con **SPICE** el circuito o con MMANA si es una antena
- montando el bloque y **midiendo**
- mirando los datos que aparecen en el **datasheet** del componente
- experiencia previa o **estimación gruesa** para un análisis rápido



# medidas de nivel y ganancia

¿como medir el **nivel** de una señal?

- **potencia** sobre 50ohm con watímetro (módulo AD8307 en EBAY 30€)
- **tensión pico-pico** con un osciloscopio (impedancia circuito conocida)
- ojo al trabajar con señales no sinusoidales

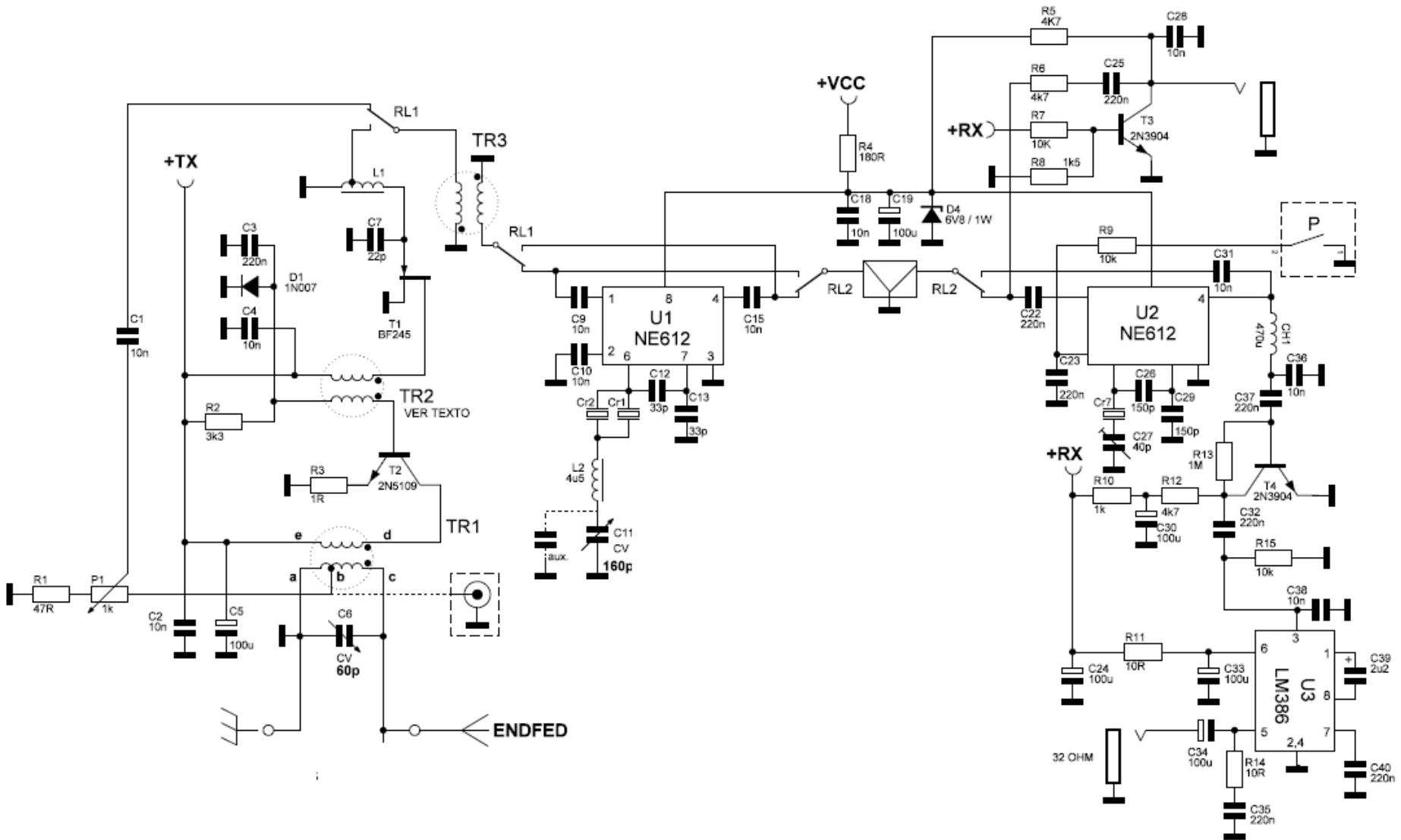


$V_{rms} = V_{pp}/2 * 0.707$  [voltios]  
 $p = V_{rms}^2/R$  [wattios]  
 $P = 30 + 10 * \log_{10}(p)$  [dBm]

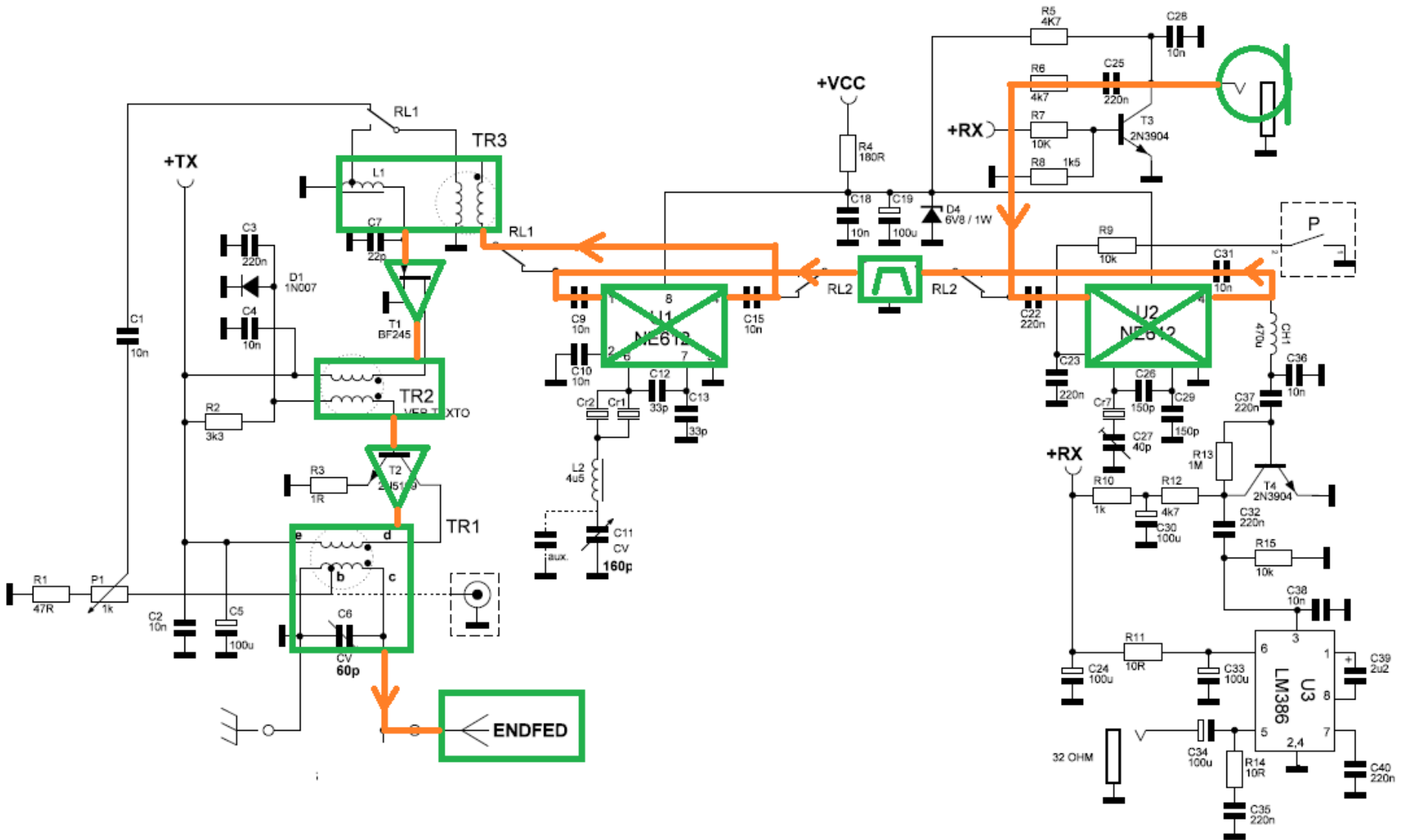
¿como medir **ganancia**?

- **diferencia** entre los niveles de salida y entrada (**en dBm**)
- ojo, trabajar con señales mas pequeñas que nivel de saturación

# del esquema eléctrico al esquema de bloques

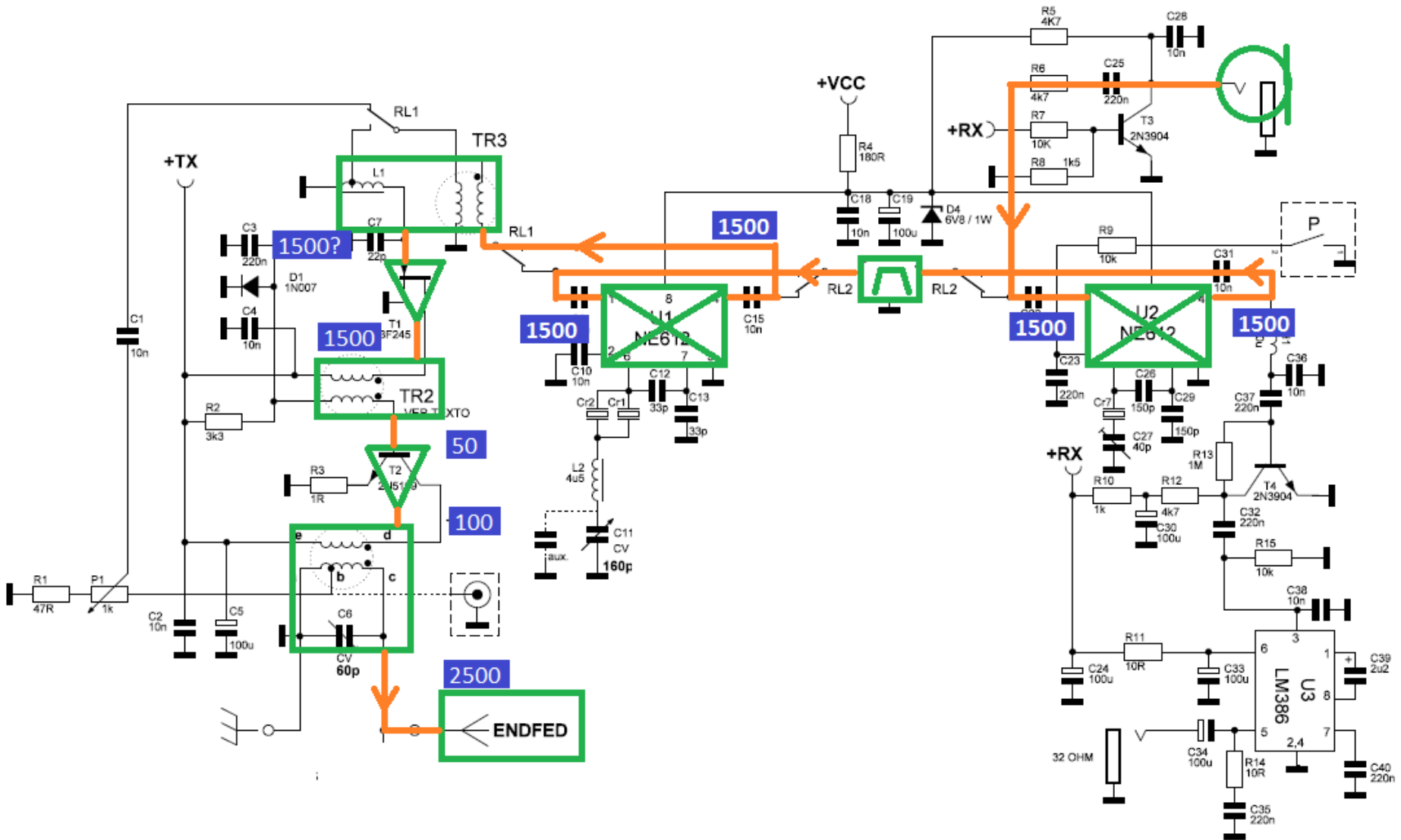


# del esquema eléctrico al esquema de bloques

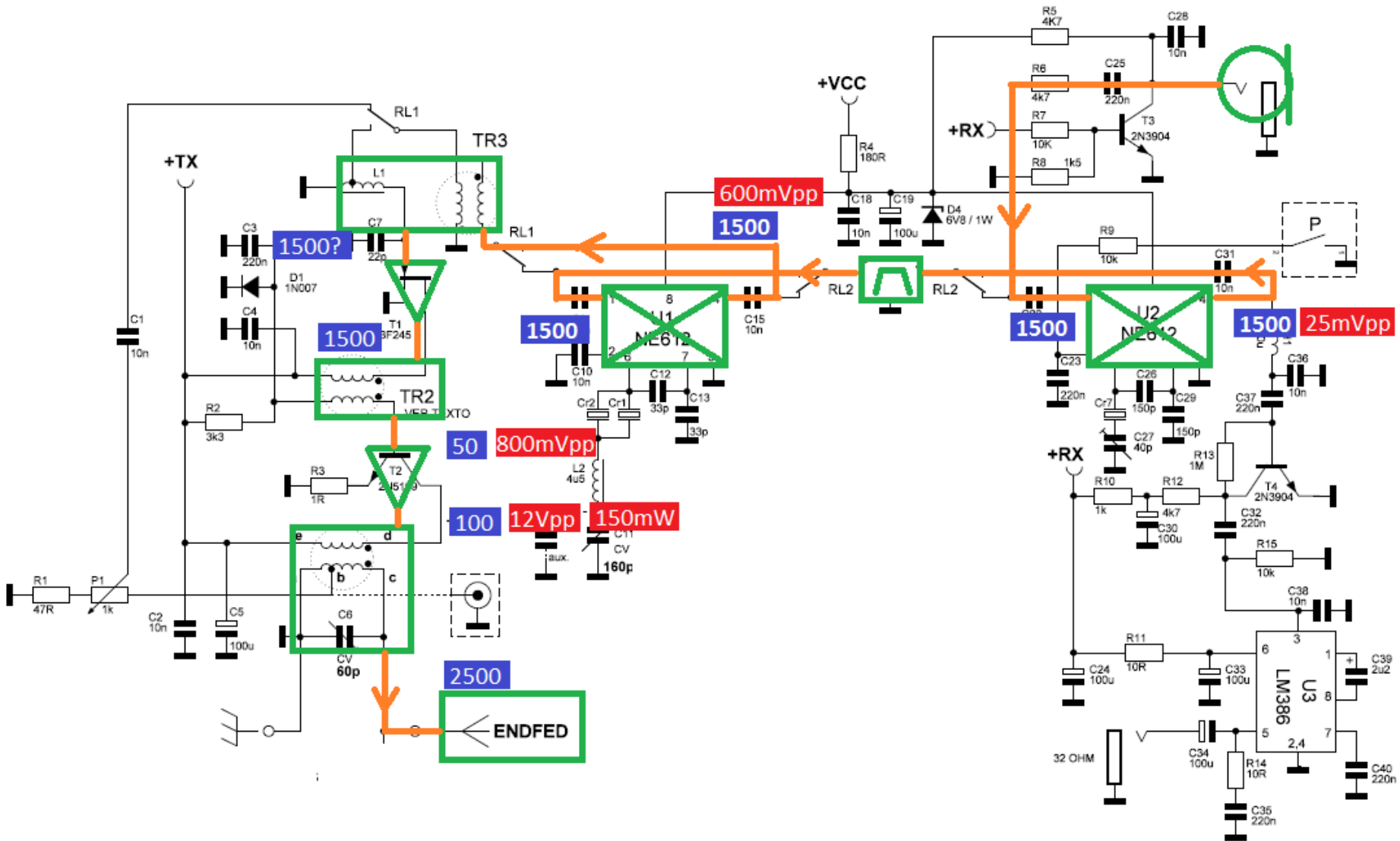




# del esquema eléctrico al esquema de bloques

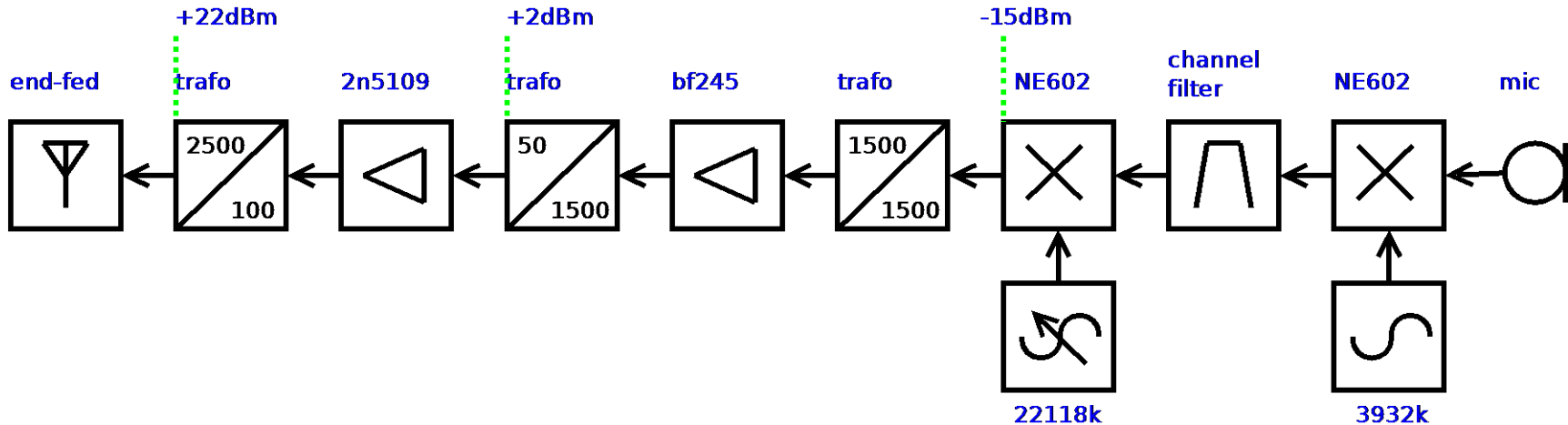


# del esquema eléctrico al esquema de bloques





# análisis de ganancias/perdidas



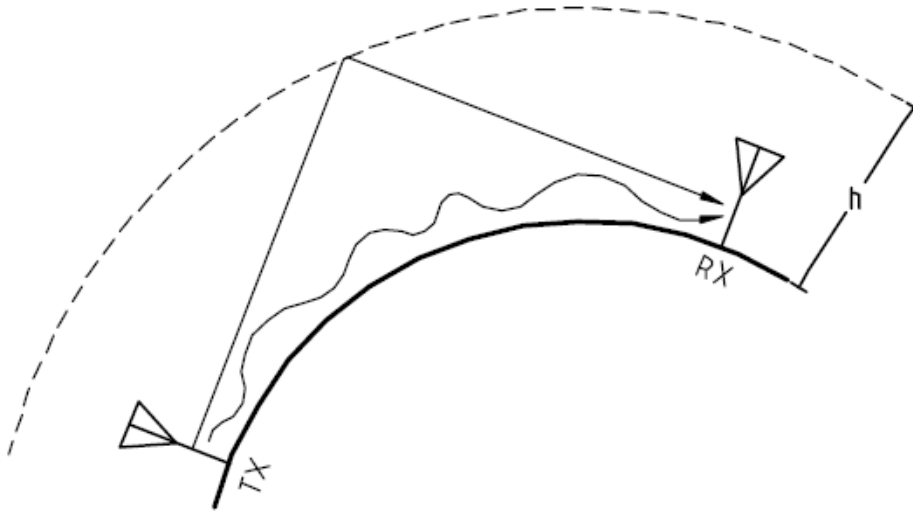
BLOQUE	G dB	P dBm	P mW	Z0 ohm	V mVpp	I mAp	observaciones
MICROFONO		-43.0	0.000	1500	25	0.01	25mVpp medido con osciloscopio =-43dBm@1500ohm
NE602	17.0	-26.0	0.003	1500	174	0.06	G=17dB Z=1500 tomado del datasheet
FILTRO XTAL	-6.0	-32.0	0.001	1500	87	0.03	-6dB estimados. dificiles de medir
NE602	17.0	-15.0	0.032	1500	616	0.21	
TRAF0/FILTRO	0.0	-15.0	0.032	1500	616	0.21	TR3 baja de 1500 a 50, L1 sube de 50 a 1500
BF245	17.0	2.0	1.585	1500	4362	1.45	17dB medidos
TRAF0	0.0	2.0	1.585	50	796	7.96	resistencia base-emisor 2N5109 aprox 50ohm
2N5109	20.0	22.0	158.5	100	11262	56.31	100ohm deducidos por relacion espiras trafo TR1
TRAF0/FILTRO	0.0	22.0	158.5	2500	56309	11.26	Z antena end-fed=2500ohm
ANTENA	0.0	22.0	158.5	50	7963	79.63	Z antena dipolo=50ohm

- los niveles de potencia/Z/V/I están referidos a la salida de cada etapa
- 2N5109:  $BETA@18MHz=36$ ,  $gm=((0.026/IC)+(1/RE))=0.5$ ,  $rbe=BETA/gm=60$  ohm

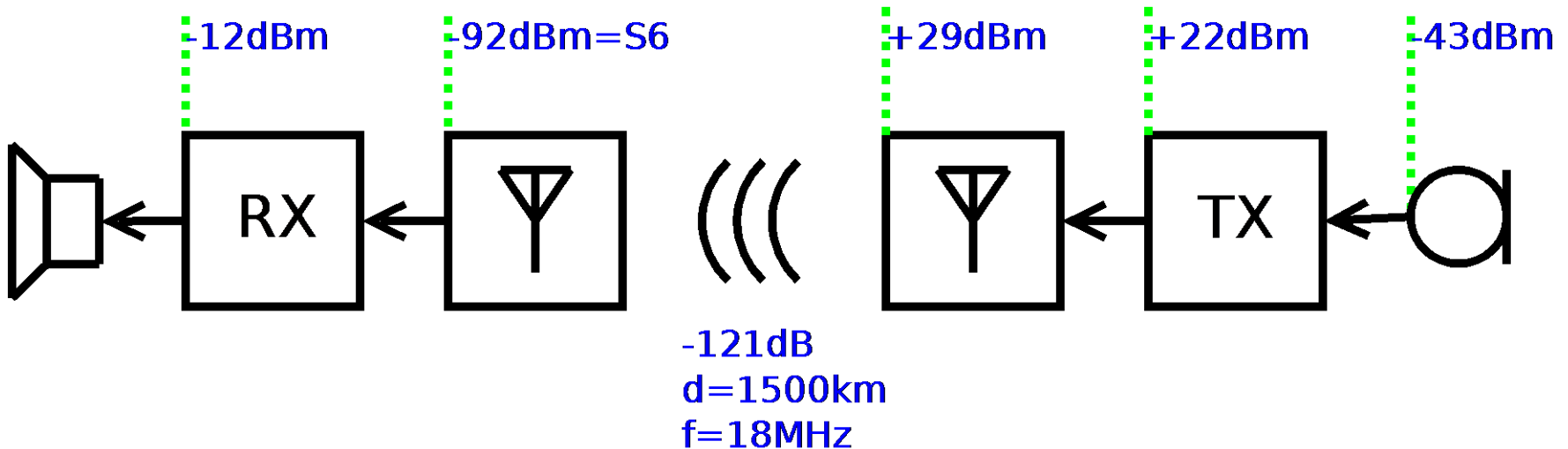
# otros resultados del análisis

- detección de **etapa saturada**: incrementar el nivel de entrada hasta observar que  $V_{pp} > 2 * V_{CC}$  o  $I_p > I_{BIAS}$  o  $P > P_{MAX}$  **Pout NE602 = Pmax !!**
- **condiciones de polarización** de cada etapa amplificadora
  - en función del nivel de Z y potencia a manejar
  - tensión de alimentación y corriente de polarización mínimas
  - **optimización equipos alimentados a pilas** (activaciones SOTA, vetices geod..)
- análisis de pérdidas/ganancias fuera de la banda de paso: **efectividad de los filtros**
- **ganancia “de reserva”**: errores o tolerancias en componentes y montaje
- **distribución de ganancias** y las pérdidas **Gdriver < Gfinal !!**
- **estimar alcances** máximos introduciendo la antena y las pérdidas de propagación
  - en SSB / 0.5W / end-fed no es posible llegar a Australia/Japón/ZL
- balance entre transmisor y receptor **si TX QRP entonces ¿RX QRP? !!**
  - ¿cuanta ganancia es necesaria en recepción?
  - TRX “PEREGRINO” tiene demasiada ganancia => es posible simplificar el diseño

# análisis de un radioenlace: bloques



la atenuación introducida por el medio de propagación es  $L=20 \cdot \log_{10}(2 \cdot \pi \cdot d / \lambda)$  [dB]



# enlace entre lérida y múnich-nueva york-sídney

- se analizan tres alcances: continental, transatlántico y antípodas
- pérdidas en reflexiones en ionosfera y tierra no contabilizadas  
los nivel de señal serán inferior a las estimaciones
- la potencia del ruido es para un ancho de banda de 3kHz (audio)

ECUACION DE FRIIS		MUNICH		NY		SIDNEY		SMETER	dBm	RUIDO
frecuencia	kHz	18118		18118		18118		0	-124	
longitud de onda	m	16.6		16.6		16.6		1	-118	
distancia desde lérida	km	1500		5000		20000		2	-112	CAMPO
perdidas propagación	dB	-121		-132		-144		3	-106	
								4	-100	
								5	-94	CIUDAD
<b>BLOQUE</b>		<b>G</b>	<b>P</b>	<b>G</b>	<b>P</b>	<b>G</b>	<b>P</b>	6	-88	
		<b>dB</b>	<b>dBm</b>	<b>dB</b>	<b>dBm</b>	<b>dB</b>	<b>dBm</b>	7	-82	
entrada			-43		-43		-43	8	-76	
transmisor "peregrino"	65	22		65	22	65	22	9	-70	
antena TX end-fed	7	29		7	29	7	29			
perdidas propagación	-121	-92		-132	-103	-144	-115			
perdidas reflexiones	0	-92		0	-103	0	-115			
antena RX dipolo	3	-89		3	-100	3	-112			
cable coaxial	-1	-90		1	-99	1	-111			
entrada receptor		-90		-99		-111				
		S6		S4		S2				

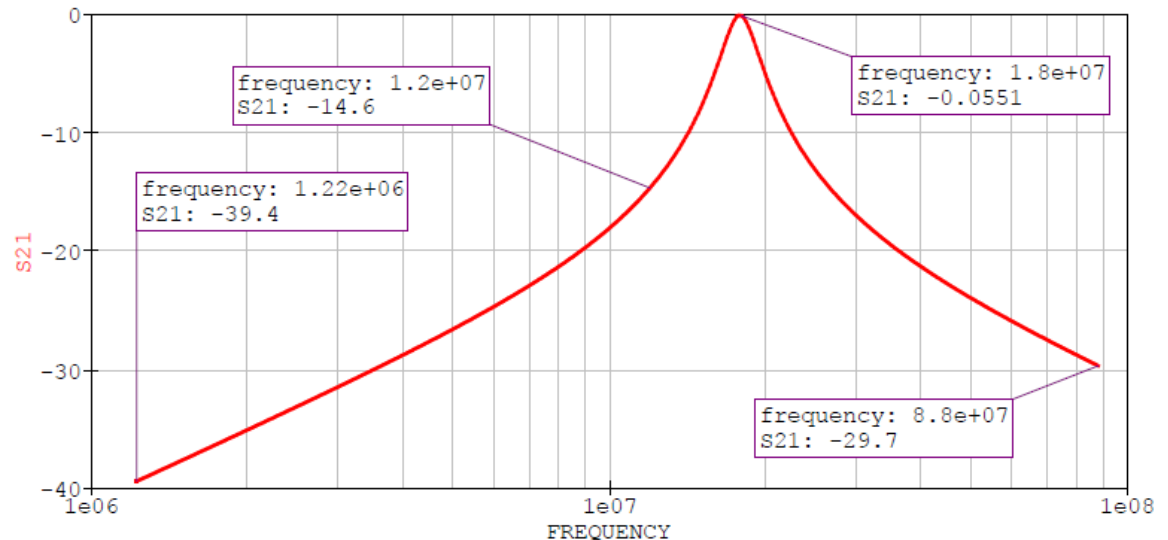
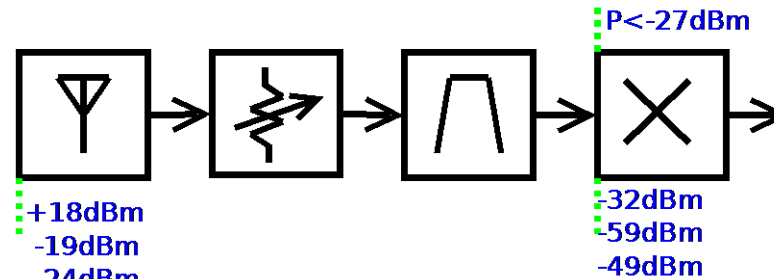
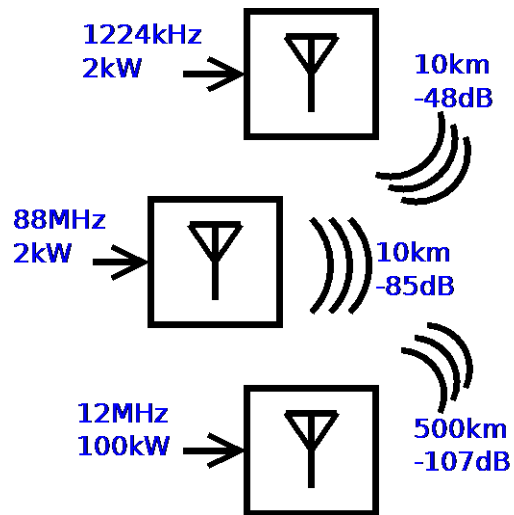
# observaciones

- ganancia antena TX (+7dB) optimista
- ganancia antena RX (+3dB) poco optimista
- ruido en 18MHz varia entre **S2 campo y S5 ciudad**
- la posibilidad del **enlace depende del nivel de ruido** en la estación receptora
- **cuadruplicar la potencia** del transmisor (+6dB) incrementa **una unidad S y el peso de las baterías**
- la operación QRPp es un compromiso entre calidad de la estación receptora, distancia, condiciones de propagación y pericia operativa



# análisis de las etapas de entrada del receptor

- tres fuentes de interferencia
- la **antena** no resonante **actúa como filtro**
- filtro **preselector: un resonador LC simple**
- mezclador NE602 con potencia máxima -27dBm



# análisis de las etapas de entrada del receptor

- el emisor de OM es el más problemático: queda 5dB por debajo del nivel máximo
- la estación alemana de referencia queda entre 0 y 30dB por debajo de las señales interferentes
- El **filtro preselector** es muy **muy justo** y pone en apuros al NE602

ECUACION DE FRIIS		COPE LERIDA		RADIO EXT ESP		AMATEUR STATION		FM STATION		W	dBm
frecuencia, kHz		1224		12000		18118		88000		0.001	0
longitud de onda, m		245.1		25.0		16.6		3.4		0.010	10
distancia, km		5		450		1500		5		1	30
perdidas propagación, dB		-48		-107		-121		-85		2	33
										5	37
										10	40
BLOQUE		G dB	P dBm	G dB	P dBm	G dB	P dBm	G dB	P dBm		
transmisor			63		80		50		63	50	50
antena		3	66	3	83	3	53	3	66	1000	60
perdidas propagación		-48	18	-107	-24	-121	-68	-85	-19	2000	63
antena		-10	8	-10	-34	7	-61	-10	-29	100000	80
filtro preselector		-40	-32	-15	-49	0	-61	-30	-59		
mezclador NE602			-32		-49		-61		-59		
relacion señal/interferencia			-29		-12		REF0		-2		
margen hasta saturacion -27dBm			5		22		34		32		

# referencias

- Radiocomunicaciones, Francisco Ramos, Ed Marcombo
- ARRL Handbook 2013, capítulo 12.4
- Agilent “ADS RF Budget Analysis” (rfsysbudget.pdf)
  
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Link\\_budget](http://en.wikipedia.org/wiki/Link_budget)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Friis\\_transmission\\_equation](http://en.wikipedia.org/wiki/Friis_transmission_equation)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Free-space\\_path\\_loss](http://en.wikipedia.org/wiki/Free-space_path_loss)
  
- <http://ea3ghs.qrp.cat/sinarcas2014.xlsx>
- <http://ea3ghs.qrp.cat/peregrino.html>