

## Medición de potencia en RF

5/10/2015 LUGG8

AN 64-1C

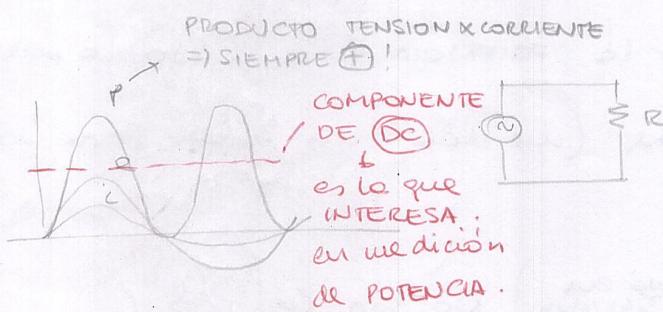
BTB-power-basics

① e

### 1 CONCEPTOS DE POTENCIA EN RF

- Importancia comercial de la potencia, en especial a alto nivel. Por qué mide POTENCIA y NO TENSION a otras bocas (varía la IMPEDANCIA). (30 MHz → efecto visible)
- Medición de potencia: Watt, dB, dBm, ventanas. De acuerdo a lo que sea.

- **Potencia** → "energía por unidad de tiempo (jule/seg)", El punto es que VARIA, y tiene q' definir en QUE TIEMPO MIDO (de la menor frec.).
- 1) **Potencia MEDIA** → PROMEDIO en varios ciclos, (de la media).
- Pol. en Onda CONTINUA (cw):



$P = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} e(t) \cdot i(t) dt$  altera PROMEDIO FASE BAJA  
sensibilidad del amplificador → frec. UNICA  
modulado en AMPLITUD → bajo promedio sobre lo MAS BAJA.

$$= \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} e_p \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right) \cdot i_p \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \phi\right) dt$$

P =  $\frac{e_p \cdot i_p}{2} \cos \phi$

(para muchos ciclos  $\rightarrow T_0$ )

\* para SIGNAL SENOIDAL →  $e_p = \sqrt{2} \cdot E_{rms}$ ,  $i_p = \sqrt{2} \cdot I_{rms}$

$$\Rightarrow P = \frac{\sqrt{2} \cdot \sqrt{2} \cdot E_{rms} I_{rms} \cos \phi}{2} = \boxed{E_{rms} I_{rms} \cos \phi} \quad (\text{senal senoidal})$$

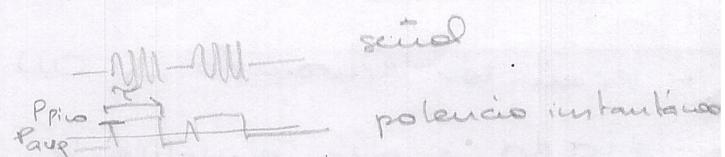
\* Los instrumentos y sensores de potencia median tienen un tiempo de respuesta de  $N$  centésimas de seg a veces segundos, x lo que obtienen POTENCIA MEDIA

2) **POTENCIA DE PULSO** → el régimen de transf. de energía se produce

dio en el ANCHO DE PULSO (50% de crecimiento → 50% de caída).

ancho de pulso

$$P_p = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} e(t) \cdot i(t) dt$$



\* Se promedia cualquier deformación de la envolvente (sobrepulso, oscilación) Por eso es "DE PULSO" y no "de pico".

Para medir tendré 2 opciones:

- sensor c/ respuesta nT → no es práctico (también tiempo  $\neq T$  segun el corriente)
- sensor de pot promedio, y luego efecto por el T:

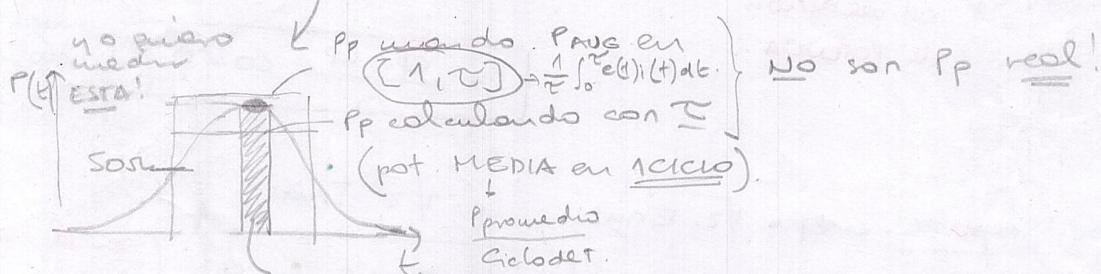
$$\left| \frac{P_{\text{pico}}}{P_{\text{promedio}}} = \frac{\text{Promedio}}{\frac{T}{T_r}} \right|$$

Eslo significa q p/ la MISMA promedio, cuanto MENOR sea  $T/T_r$ , MAXIMO deberá ser  $P_{\text{pico}}$  p/ llegar a ese Promedio.

### 3) Potencia de PICO ENVOLVENTE

- Pulses NO RECTANGULARES (p.ej. GAUSIANO), o MUY DEFORMADO (por q. BW o ancho de B ACORTADO).
- En este caso no tengo una forma simple de determinar T.

A parte, a mí me interesa saber la POTENCIA PICO, y NO lo puedo obtener x los métodos anteriores (me dan un valor pero no es QUE NECESITO). 



→ a la POTENCIA de RF

Entonces uso un SENSOR CUADRATICO con Tiempo de resp. ade cuadro DI 3 DI 60.  
y lo llevo a un osciloscopio p/ su análisis. Eslo es POTENCIA ENVOLVENTE, y su VALOR PICO es la POT. ENVI. DE PICO.

El tiempo de promedio (reacción del sensor) debe ser:

- PEQUEÑO comparado con  $\frac{1}{f_m}$  ( $f_m \rightarrow$  MAX componente de la MODULANTE)
- GRANDE comparado con la PORTAD. DE RF.

### EN RESUMEN:

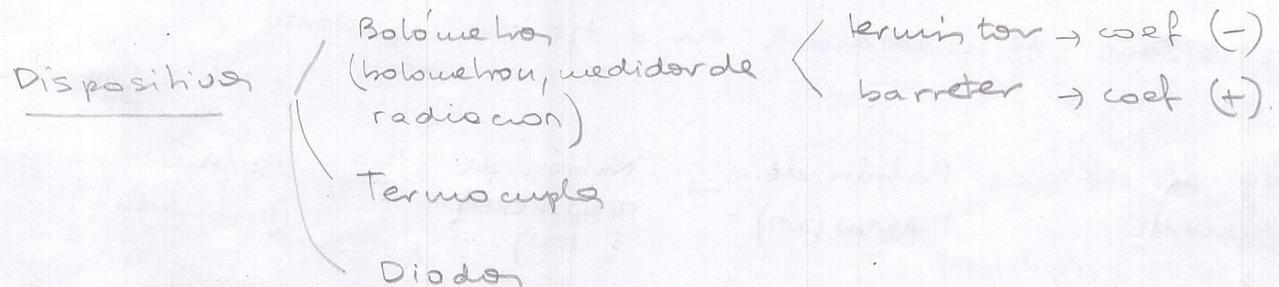
- termistor, termocouple → CW, pulsos
- diodo → pico envolvente

+ ACOPLADOR  
DI REACIONAL (toma la muestra)

(2)

- $\equiv P_{\text{media}}$
- $P_{\text{avg}}, P_p$  y  $P_{\text{pseu}}$  son IGUALES para señales CW. (i)
  - La MAS USADA es la pot. MEDIA, en lo q' un concentrador (respecto hub a costo).

## (2) METODOS para sensor potencia (MEDIA)



modo (o mediante un ACOPLADOR)

Técnica GENERAL  $\rightarrow$  pongo el sensor a la SALIDA de la linea. CONECTO

el sensor a un MEDIDOR. Llevo a CERO el medidor SIN RF.  
CONECTO RF, Realizo la medición (q' DEPENDE DEL SENSOR!)

## Parámetros importantes del sensor (enrol)

IDEALMENTE, el sensor debería ABSORBER TODA LA POTENCIA INCIDENTE.

2 factos: 1) Desadaptación sensor - línea  $\rightarrow$  se REELEVA algo de pot. NO-IDEALES, 2) Potencia dividida en OTROS ELEMENTOS

3) (Potencia proveniente de OTRAS FUENTES)

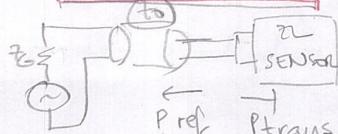
### 1) Desadaptación (coef. de REFLEXIONAL $\rho$ )

$$P_i = (P_{\text{refl}}) + P_{\text{transm.}}$$

$$\frac{P_r}{P_i} \leftrightarrow \boxed{\overline{P_d}}$$
 (Supongo  $\eta_e = 100\%$ )

$$P_r = P^2, P_i$$

$$\rho = \frac{P_r}{P_i} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (\text{TENSION}), \text{ ideal } P=0$$



$$\boxed{\rho = 0,05} \quad (\text{ROE} \sim 1,11) \rightarrow \text{valor ACEPTABLE}$$

$$P_{\text{transm}} = (1 - \rho^2) P_i$$

### 2) Desperdicio de potencia (Eficiencia efectiva $\eta_e$ )

$$\eta_e = 100\% \rightarrow \text{toda la pot. se disipa en el sensor. } \boxed{P_i = P_{\text{sensor}}} \quad (P_{\text{trans}} \rightarrow P_{\text{dissip.}})$$

$$\Rightarrow \text{el TOTAL es } P_d = \frac{(P_i - P_r) \times \eta_e}{\eta_e \cdot P_t} = P_i(1 - \rho^2) \eta_e$$

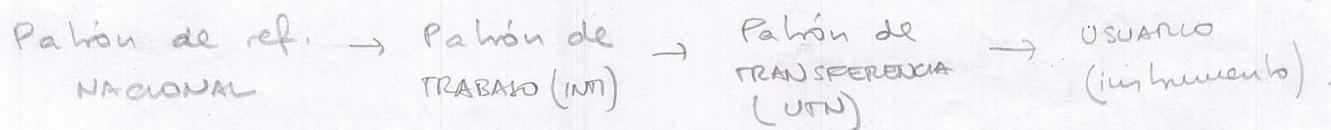
elección  $P_i \rightarrow P_d$

$$T(1 - \rho^2) \eta_e = K_b \quad \text{"FACTOR DE CALIBRACION"}$$

se tiene en cuenta en el medidor

### JERARQUIA de los medidores

- REPETIBILIDAD de mediciones en  $\neq$  TIEMPO y LUGAR



### TPOS DE SENSORES

**BOLOMETROS**      termistores  $\rightarrow$  coef (-)  
                         barreteros  $\rightarrow$  coef (+)

- Se usan principalmente como PATRON DE TRANSF. ya q' la  
 termos amplia y diodos son + sens. |  $\uparrow$  rango din y  $\uparrow$  potencias.
- Puedo medir  $\rightarrow$  CW, AM, PULSOS (si sé τ)
- BARRETER  $\rightarrow$  alcance fino, hasta  $\approx 10 \text{ mW}$ , baya (verde termico).  
 poco utilizados (QUEMADO del alcance).

TERMISTOR  $\rightarrow$  SEMICONDUCTORES. Cuentas de OXIDO METALICO,  $\approx 0,4 \text{ mm}$ .

$R_{US}$ , Pot ALTAEMENTE NO LINEAL y varia de un  
 termistor a otros  $\Rightarrow$  uso PUENTES p/ trabajar en UN PUNTO.

"Se usa lo  
Tecnico de SUSTITUCION"  $\Rightarrow$  primero BALANCIOS el puente con una fuente  
 de continua (o baya fcc), luego aplica RF y el termistor | R debidamente  
 cerrando el puente. Entonces yo BAGO la fuente de cc hasta balancearlos  
 de nuevo. ESO que hace q' bajar es MI LECTURA.

NO leo la VARIACION  $\frac{\Delta R}{R}$  q' que la relacion V-R NO ES LINEAL  $\Rightarrow$  TENDO  
 que llevarlos al PUNTO ORIGINAL y AM medir cuanto varió MI puente  
 q' es FS (FINAL)

Montaje de coaxial  
Terminales < que se ovide.

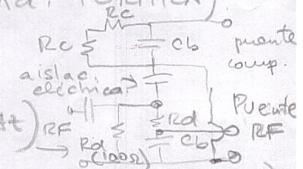
(3)

Cara clásica → buena adaptaci. det en el RANGO DE FRECS, bajas perd.  
(descubierta)  
resistivas y dielectrinas del montaje, arranques térmico y mecánico,  
baja perdida (no escapa la RF), BLINDAJE para q' no ENTREN OTRAS

### RADIACIONES

Actualmente incluyen un 2do SENSOR DE COMPENSACION DE TEMP,  
que debe estar → apelado en su curva R-T

en IGUALES COND de temp AMBIENTE (cajita AISLADA  
DE LA RF, pero en el MISMO BLOQUE de cond. TERMICA)  
AISLADO ELECTRICAMENTE



Ejemplo: - en que no termina el coaxil HF 478 A (10M-18GHz) → 100Ω cada terminal.  
- en que termina G.O → son de 200Ω. (HF 486 A) (8 a 40 GHz).

### Instrumentos: Puente

Terman & Pettit.

a) Método holométrico (puente Wheston); se une actualmente para  
MANUALMENTE balanceado. Su PROBLEMA  
MEDICIONES COMPARATIVAS (punto de medida en laboratorio).

en que DEPENDE DE LA TEMP AMBIENTE (no se compensa).

Cooperativo (retorno RF)  
y aislamiento  
y el bolómetro  
bolómetro

retorno DC (-corto para DC  
y abierto para RF)

blindaje (de PUENTE + CONEXION PUENTE-BOLOMETRO,  
evita interfecciones de campo disperso de RF y AF,  
especialmente al medir polariz. F μW.

### REEMPLAZA a la RF

El bolómetro recibe  
SIEMPRE tensión  
a lo q' se une  
y q' se equilibre

- Fuente de CC.  
(POLARIZACION)
- Fuente audio  
(AUXILIAR, EQUIILIBRA)
- Fuente RF  
(a MEDIR)

sección ahuecada  
adaptación SOR (cable)  
a 100-200Ω (bolómetro).

Fuente  
DE POLARIZ.

Con esto logro

2 CIRCUITOS INDEP < CONTINUA  
ALTERNA

1) Aplico RF, el puente se desbalancea. Ajusto E para equilibrar.

2) Corto RF → aumenta la R del termostato (1 term)

3) Rebalanceo el equilibrio con la fuente AUXILIAR. Mido la variación.  
("V1") antes de cortar RF, "V2" → después de cortar RF).

$$\Rightarrow \text{potencia de RF} = \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{4R_1} \quad (\text{Para lectura en conv. que } V_1 \text{ no sea grande. Puede ser } V_1=0)$$

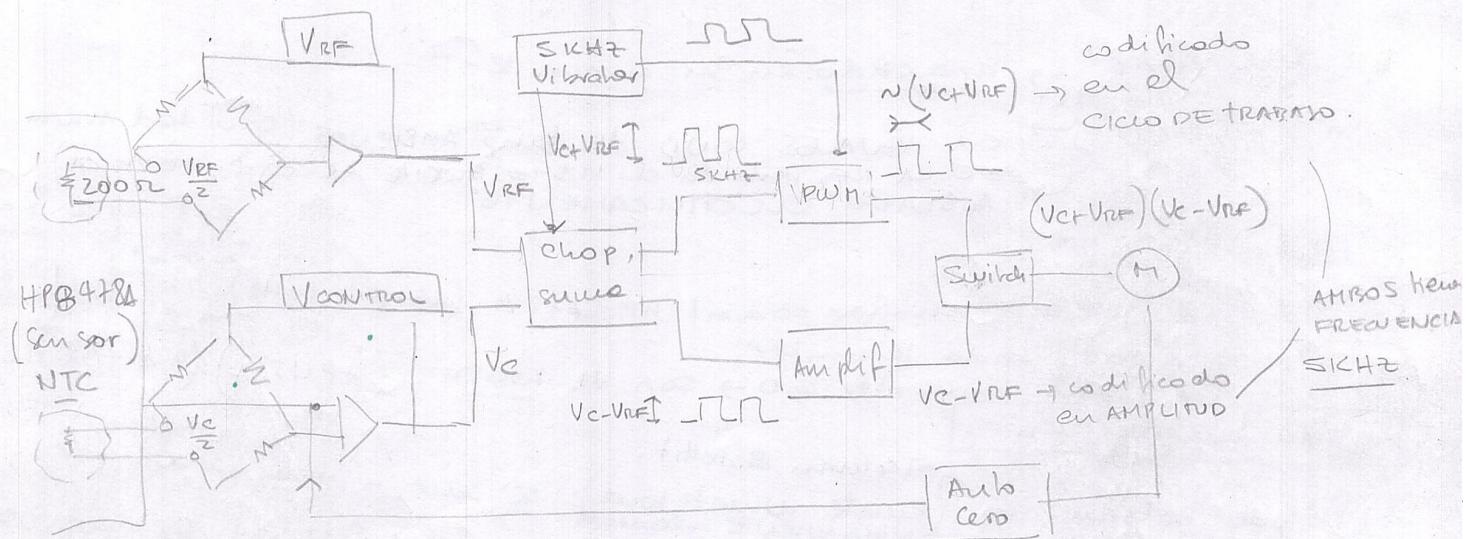
FACTOR DE ESCALA

5/10

### b) Puente AUTO-BALANCEADO

- ↳ no-compensados → aún tienen derivación térmica (la TEMP. AMBIENTE es FUENTE DE ERROR)
- ↳ compensados → se mejoran mucho, logrando medir hasta 1 μW (en temperatura)

Ejemplo: HP 432A → 2 puente auto-balanceados, auto-cero.



### Procedimientos:

- 1) Pongo a cero SIN RF, haciendo que  $V_{RF} = V_c$ . Luego, si vamo le temp. AMBIOS puentes van a ser IGUAL. Es decir, la perte que procede de la temp. ambiente se ANULA sin importar la RF.
- 2) Aplico RF →  $PRF = \frac{V_{RF0}}{4R}$  (porque  $V_{RF} < V_{RF0}$ )  
 $\rightarrow$  0.50! en NTC  
sin RF,  
a temp. amb.

Pero:  $V_{RF0} = V_c \Rightarrow PRF = \frac{1}{4R} (V_c^2 - V_{RF}^2) = \frac{1}{4R} (V_c - V_{RF})(V_c + V_{RF})$

el circuito lo hace  
ESTE CALCULO audígorico.

## TERMOCOUPLES

Uso CRECIENTE

- **mejor SENSIBILIDAD** ( $\sim \mu\text{Volts}/\text{mW}$ , desde  $0,3 \mu\text{W}$ ,  $-30 \text{ dBm}$  a  $1 \text{ mW}$ )
- **SON DETECTORES CUADRATICOS** ( $\text{Tension salida} \equiv \text{POTENCIA RF}$ )
  - "**DETECTORES DE PROMEDIO VERDADERO**" = puedo medir  $\neq$  señales, desde CW hasta modos digitales.
- **más robustos**, mejor ROE en TODO EL RANGO DE TRABAJO!
- **Baikante ESTABLE CON LA TEMP. AMB.**

Principio de funcionamiento: (Thompson + Peltier = Seebeck).

- a) 1 metal, caliente en 1 punta
- Fuerza de difusión (se liberan  $e^-$ )
  - Ley de Coulomb (los  $(+)$  atraen masivamente a los  $e^-$ )
- ↓
- Se llega a un **EQUILIBRIO** con un **CAMPO ELECTRICO** q' provoca la "**FEM DE THOMPSON**".

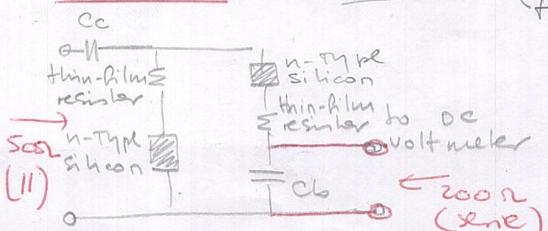
- b) 2 metales → la unión de 2 metales calentados en 1 punto c/ denidades de  $e^-$   $\neq$ , produce en la otra punta el efecto PELTIER.

- c) Si ABRO el circuito y pongo un voltmetro, mido una FEM NETA (PELTIER + THOMSON = SEEBECK).

- d) Luego pongo varia en SERIE = "termopila"

- Termocouple
- metálico → efectos resistentes en  $100 \Omega$  → muy grande, para bajar ROE
  - un conductor → muy bueno ROE,  $100 \text{ kHz} - 50 \text{ GHz}$  sensibilidad  $\approx 160 \mu\text{V}/\text{mW}$

### Ejemplo HP 8481A



(2 termocouple idénticos) - Alimenta DIRECTAMENTE UN VOLTMETRO, NO UN PUENTE!

↳ RF → en  $\parallel$  →  $50 \Omega$

↳ Voltímetro (DC) → en serie →  $200 \Omega$ .  
(ambas bajas a MASA en RF).

PROBLEMA

Limitado RANGO DINAMICO →  $\sim 50 \text{ dB}$ , desde  $-30 \text{ dBm}$  a  $30 \text{ dBm}$  ( $1 \text{ mW}$ ) a  $+20 \text{ dBm}$  ( $100 \text{ mW}$ )

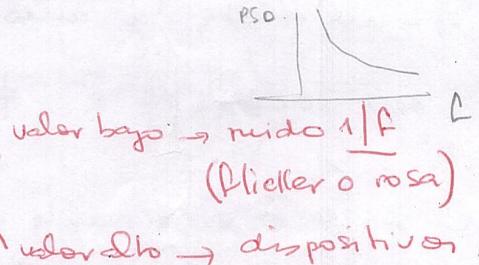
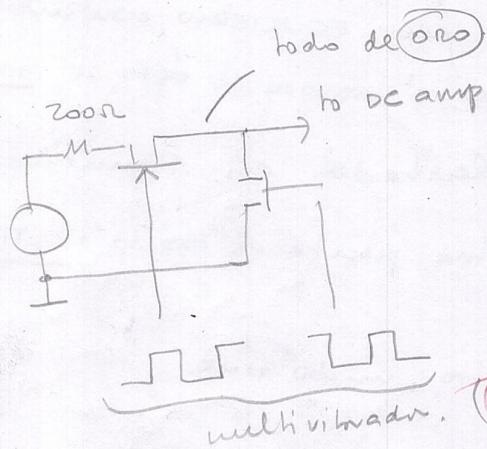
## MEDIDOR

NO se basan en puente, ya que la TENSION DEL SENSOR es PROPORCIAL A LA POTENCIA! Su REQUERIMIENTO PRINCIPAL es el TRATAMIENTO CON TENSIONES MUY ESTICAS del sensor → trae los datos (~160mV para odbm de ant.) → amplificación SENSOR + MEDIDOR

Ejemplo → **HP 435A** (Ver DIAGRAMAS Sensor / instrumento - trae los datos → 437B-DIGITAL)

→ METODOS explicación de la REDUCCION DE RUIDO MEDIANTE PROCESADO:

PROCESADO → 2 PET DENTRO del sensor, a frec de 1220Hz. La señal amplificada & recupera el un DETECTOR SINCRONICO.



Este instrumento se usa TANTO con DIODOS como TERMOCOPLAS.

Instrumentos ACTUALES (AN 1449-2): E4418A (single-channel) y E4418B (doble)  
"EPM-Series".

E4416/17A → PEAK/AVERAGE powers

N1911/12A → Los más nuevos

# INSTRUMENTO → el mismo q' para TERMOCOUPLES.

②

## Diodos 3

- Silicio → no práctico ( $0.7V$  umbral),  $\downarrow$  BW.
- Metal-semic. p-n-het → baja tensión ( $0.3V$ ), SC1020KX hasta 1980. (metal-semic)  $\downarrow$  BW,  $V_{TH} \approx 0$ .
- De de 1980 → Argenturo de Galio.  $\downarrow$   $V_{TH} \approx 0$
- ACTUALMENTE → PLANAR-DOPPED BARRIER (PDB).  $\downarrow$  Tensión lineal eléctrica.  $\downarrow$  Ley cuad.
- 1987 → 8481/85/87D ("8480D serie").  $\downarrow$  Suprime armónicas impares.  $\downarrow$   $S/N$  → MUY ROBUSTOS!
- \* Se utilizan sus propias rectificadoras (corriente NO LINEAL corriente-voltage).

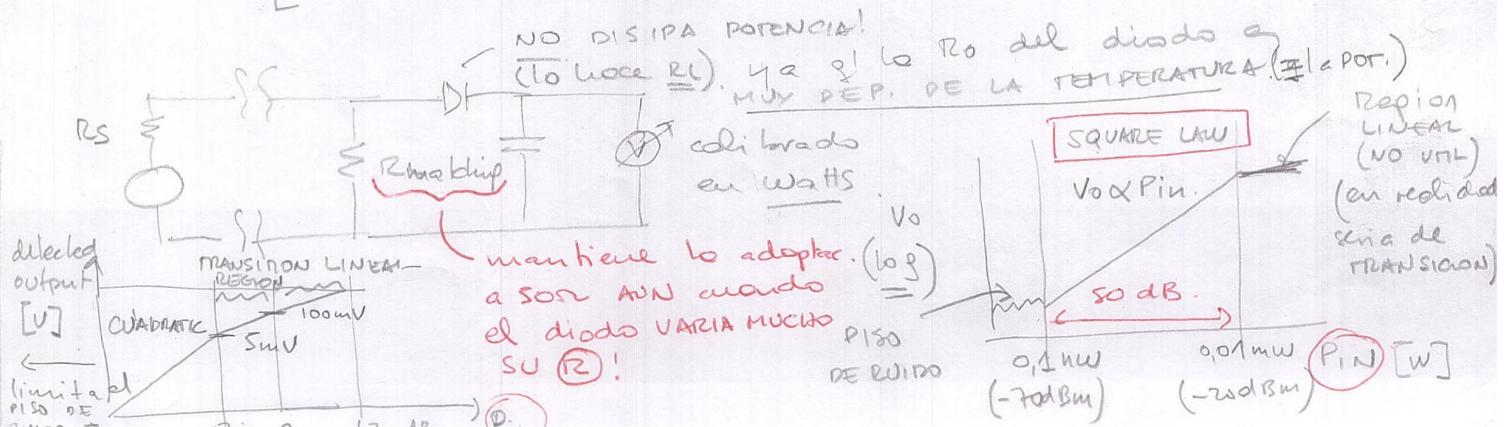
\* Región de "ley cuadrática" (inferior) → la TENSIÓN de salida es LINEAL mejor q' termocopl.

MENDEZ PROPORC. A LA POTENCIA DE ENTRADA. desde  $| V = -70 \text{ dBm} |$  HASTA  $-20 \text{ dBm}$

Por ENCIMA de  $-20 \text{ dBm}$ , la detección es LINEAL ( $V_{out} \equiv V_{in}$ ). PERO q' termocopl.

- Propiedades
- Rango  $-70 \text{ dBm}$  a  $-20 \text{ dBm} \Rightarrow$  adecuado p/ ALTA SENSIT., por ej. sensibilidad de recepción.
  - (p. ej. 8480 D-200) - RESPUESTA MAS RAPIDA q' LAS TERMOCOUPLAS.

- P/ EXTENDER EL RANGO
- combinac. diodo / TERMOC., → lento p/ respuesta.
  - factor de corrección derivado de una fuente CW, q' compensar la desviación en la rep. de TRANSICION ( $-20 \text{ - } 0 \text{ dBm}$ ) en la rep. LINEAL ( $> 0 \text{ dBm}$ ).  $\hookrightarrow$  problemas con MODULACIONES COMPLEJAS (p. ej. CDMA)  
Se almacenan en EPROM
  - Serie "E" → DUAL-PATH diodo-aluminio-diodo. Tienen la ventaja de q' los diodos estén SIEMPRE EN CA REG QUADRATICA. así llego hasta  $-40 \text{ - } +20 \text{ dBm}$  (80dB de rango dinámico).



Obras teatrais

- "VIDEO BANDWIDTH" (blob seminar)

## Akopodos Direccionales

(Terman-Pettit)

couplers - no ter - narda

6

directional couplers - hybrids - mecom

- Se INTERCASA en una L. de T. o G. de O., y propaga (idealmente) sólo A LAS ONDAS q' VIAGAN EN UN SENTIDO DE PROP. Y NO ES AFECTADO A LAS q' VIAGEN EN EL SENTIDO OPUESTO.
  - PRINCIPIO: para IMPED. CARACT RESISTIVA Y PERDIDAS NO EXCESIVAMENTE GRANDES, la potencia de la onda propulsiva en una dirección NO ES AFECTADA \* la potencia en la dirección opuesta  $\Rightarrow$  la pot. NETA transmitida a la carga en la DIF. entre pot. INCIDENTE Y REFLÉJADA.
  - Relac.  $\frac{POT \text{ INDUCIDA}}{POT \text{ DE LA ONDA ASOC. EN EL PRIMARIO}} = \text{FACT. ACOPLO} [dB]$
- por ej. si FACT. ACOPLO = 50dB =  $10 \log \frac{P_i'}{P_i} = 10 \log \frac{P_r'}{P_r}$
- $$\Rightarrow \frac{P_i'}{P_i} = \frac{P_r'}{P_r} = 10^{-5} = 1 \text{ cienmillésimo.} = 10^{-5}$$
- $P_{\text{coupled}} = P_i - c [dB] = P_i - 50dB \quad | \quad P_{\text{thru}} = P_i (1-c)_{\text{ver}} = P_i (1 - 1 \cdot 10^{-5})$   
50dB potencia  $\rightarrow 0,00001$  vez.
- Si el acopl. no es muy grande, el AD. no selecciona INTRODUCE REFLEXIONES DISTORSIONANDO LOS CAMPOS.
  - UN ACOPLADOR SENSIBLE EN 1 DIRECCION  $\Rightarrow$  PI VENCER INCID[refl].
  - AL A VER, debo tener 2 ACOPLADORES. ?

## "COEFICIENTE DE REFLEXION" $\Rightarrow$ TENSION

$$\text{Por ej. si } f = 0,25 \Rightarrow \text{ROE} = \frac{1+0,25}{1-0,25} = 1,67$$

$$\Rightarrow \text{Pot. reflejada} = P^2, \quad P_i = 0,0625 P_i \Rightarrow P_r = 6,25\% P_i$$

- AISLACION  $\rightarrow$  Aislado letrado (como C pero  $\frac{1}{f}$  el mismo)

$\downarrow c \Rightarrow$  perdi. inserc.

- Ripple del fact. acop.

Especificaciones  
indispensables

- ACOPLAMIENTO

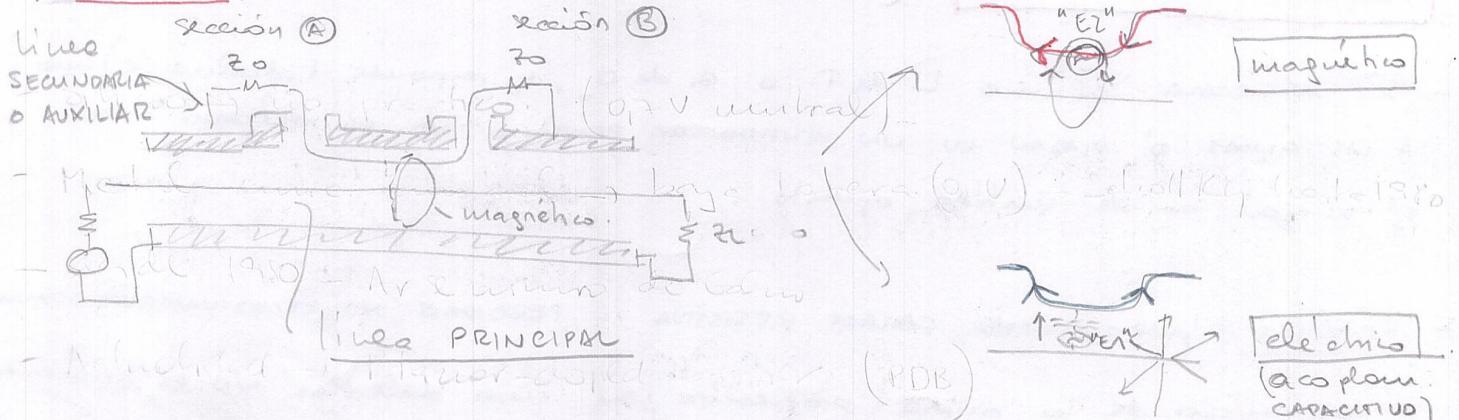
- DIRECTIVIDAD  $\rightarrow$  potencia en el punto AISLADO respecto al ACOPLO =  $10 \log \frac{P_e}{P_i}$

- POTENCIA MAXIMA sin que se produzca ruptura del dielectrico (mayor en los guias q' en los coaxiales)

- ANCHO DE BANDA

... (ancho de acuerdo BW)

# 1) Cooperación (Bruenes?)



En un sentido los corrientes se cancelan, y en el otro se refuerzan

\* Magnitude de las luces de  $E$  y  $H \rightarrow$  diseño del lazo "D"

↳ acoplamiento ELECTRICO = # líneas que terminan en el lazo  
 $\equiv$  LARGO del lazo y  $\phi$  del conductor

↳ acoplamiento MAGNETICO = # líneas concatenadas x el lazo  
 $\equiv$  AREA lazo - cond exterior y ORIENTACION LAZO

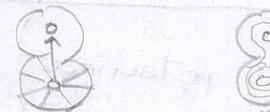
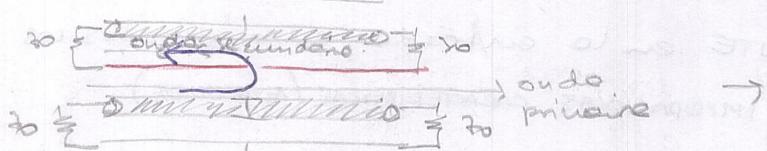
- para conseguir la acción direccional es IMPRESINDIBLE q' la sección (o puente) q' no se una TERMINE EN  $Z_0$ . Del o contrario se refleja SUMA en la medida!

- La medida se realiza con SIN ABSORBER O DISIPAR POTENCIA PRIMARIA, y sin ALTERAR EL SIST PRIMARIO excepto por la extracción de una fracción muy pequeña de potencia (perdida de inserción)

- Si las DOS SECCIONES se terminan en  $Z_0$ , tengo 2 ACOPLAMIENTOS A LA VET p/ controlar INCIDENTE y REPLEJADA.

## 2) Acoplador de UN AGUERO (o de Bethe)

Es muy parecido al 1), sólo q' usa un AGUERO en lugar de un lazo. La onda SECUNDARIA va OPUESTO a la PRIMARIA.



eléctrico      magnético

los Poynting son OPUESTOS en ambas conductores ya que el E es SALIENTE en el de abajo, y ENTRANTE en el de arriba.

Eléctrico → líneas de fuerza q' se proyectan del primario al sec.

Magnético → INTERFERENCIA del orificio en las LINEAS DE CORRIENTE

que circulan a el sist primario (en las PAREDES)

Relación

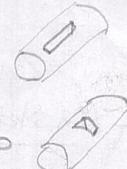
\* Acoplamiento eléctromagnético

ORIENTACION del agujero resp. a los campos

FORMA del agujero

ANGULO entre los ejes de los sistemas.

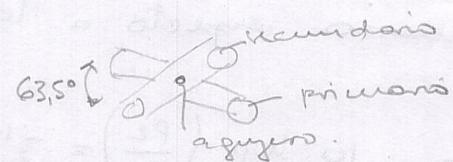
\* Si uso RANURA → L al flujo magnético → medición ac. eléctrica  
|| " " " → medición d. MAGNETICO



\* DIRECCIONIDAD → depende de la FRECUENCIA según el ESPESOR

DE PARÉD. De la sig manera NO ES AFECTADO por

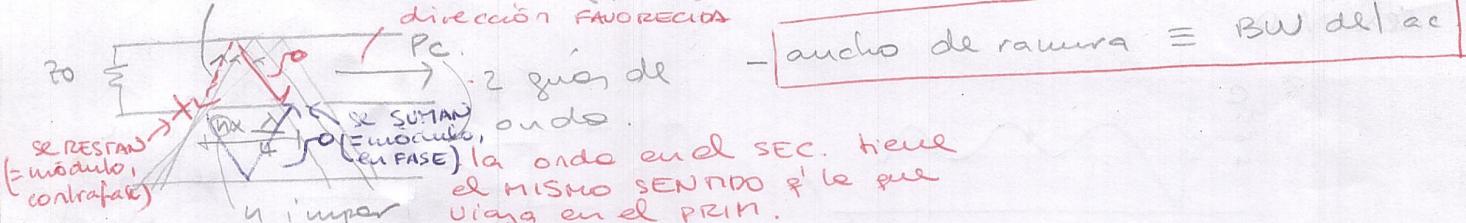
f (siempre q' el agujero sea chico RESPECTO a  $\lambda$ )



## 3) Acoplador de DOS AGUEROS (guías de onda):

$$\text{si vuelve q' ANULA } \left( \frac{\lambda}{4} + \frac{\lambda}{4} \right) = \frac{\lambda}{2} = 180^\circ$$

dirección FAVORABLES



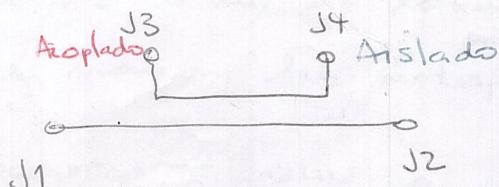
- ancho de ranura = BW del ac

la onda en el SEC. tiene el MISMO SENTIDO q' le da  
viene en el PRIM. de  $\lambda/4$ .

El primario y el sec. están acoplados ó eléctricamente ó magnéticamente.

## Especificaciones (!!)

- Factor de acoplamiento: potencia en el puerto ACOPLADO ( $\sim 60 \text{ dB}$ ) respecto a potencia INCIDENTE en la entrada; cuando todos los PUERTOS ESTAN TERMINADOS EN SUS IMPEDANCIAS CARACTERISTICAS (ADAPTADORES).



$$C_{3,1} = -10 \log \left( \frac{P_3}{P_1} \right) = C + \textcircled{2} = -10 \log \frac{P_4}{P_2}$$

para que dé POSITIVO.

debe proveer niveles suficientes al sensor, sin sobreexponerlo, dependiendo de Pin  
cuanto MAS ACOPLA, MAS AFECTA al nivel  
(por ej., si  $\textcircled{2}=20 \text{ dB}$ , reduce TX en 1%).

- Directividad: nivel en el puerto AISLADO respecto al puerto ACOPLADO ( $\sim 30 \text{ dB}$ ).

- (-)

$$D_{3,4} = -10 \log \left( \frac{P_4}{P_3} \right) = -10 \log \left( \frac{P_4}{P_1} \right) + 10 \log \left( \frac{P_3}{P_1} \right)$$

- Aislación: potencia en el puerto AISLADO respecto del nivel en el PUERTO DE ENTRADA!

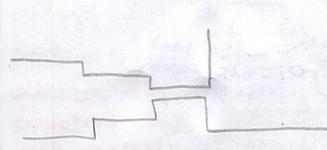
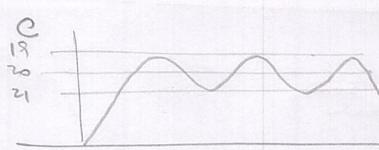
$$A_{4,1} = -10 \log \left( \frac{P_4}{P_1} \right) = D_{4,3} + C_{3,1}$$

- Perdida por inserción: alejamiento de lo señal que 'SALE' por el primario respecto a lo que 'ENTRA' ( $\sim 0,2 \text{ dB}$ ).

$$\text{Ins. Loss} = -10 \log \left( \frac{P_2}{P_1} \right) = -10 \log \left( 1 - \frac{P_3}{P_1} \right)$$

Z tipos / EXCLUYENDO potencia ACOPLADA:  
(Nardo) / NO considera la influencia de  $\textcircled{2}$ .  
CONSIDERANDO pot. a copulado: más EXACTO.

- Ripple del acoplamiento: DC en el rango de frecuencia (Frequency sensitivity or flatness). del A.D.



(Caso simple  
3 secciones  
asimétrico)

- Residual VSWR: SWR que indicaría un A.D. cuando está terminado en cargas adaptadas (normalmente se aplica a líneas de transmisión de menor impedancia).