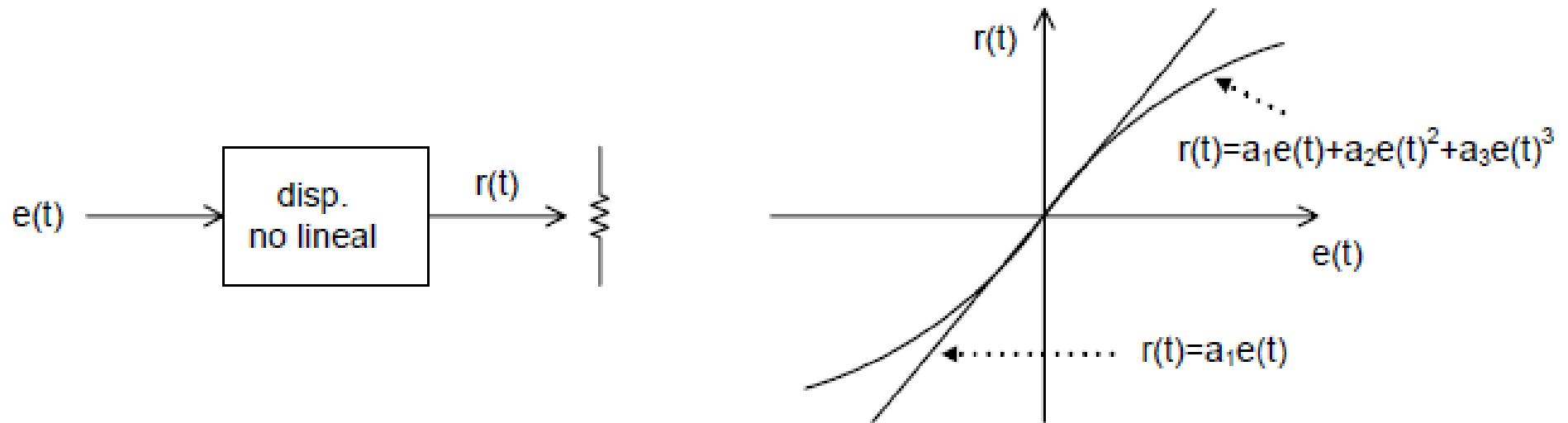


## Tema 3

**Transmisión de señales a través de cuadripolos lineales invariantes en el tiempo.** Análisis en dominio de tiempo. Convolución. Convolución discreta. Análisis en frecuencia. Función de transferencia, amplitud y fase. Ancho de banda equivalente. Distorsión de amplitud y fase. Condiciones necesarias para transmisión sin distorsión. Retardos de fase y grupo. **Efecto de alinealidades leves. Modelado de la distorsión no lineal. Análisis en tiempo y frecuencia. Puntos de intercepción de segundo y tercer orden.** Ruido térmico. Modelo de resistencia ruidosa. Caracterización del ruido térmico en sistemas lineales. Número de ruido y Temperatura equivalente de ruido. Cascada de cuadripolos. Relación señal/ruido. Rango dinámico.

## Efectos de las Alinealidades Leves, (distorsión no lineal)



$$r(t) = a_1 \cdot e(t) + a_2 \cdot e(t)^2 + a_3 \cdot e(t)^3 + \dots$$

$$R(f) = a_1 E(f) + a_2 \cdot (E(f) * E(f)) + a_3 \cdot (E(f) * E(f) * E(f))$$

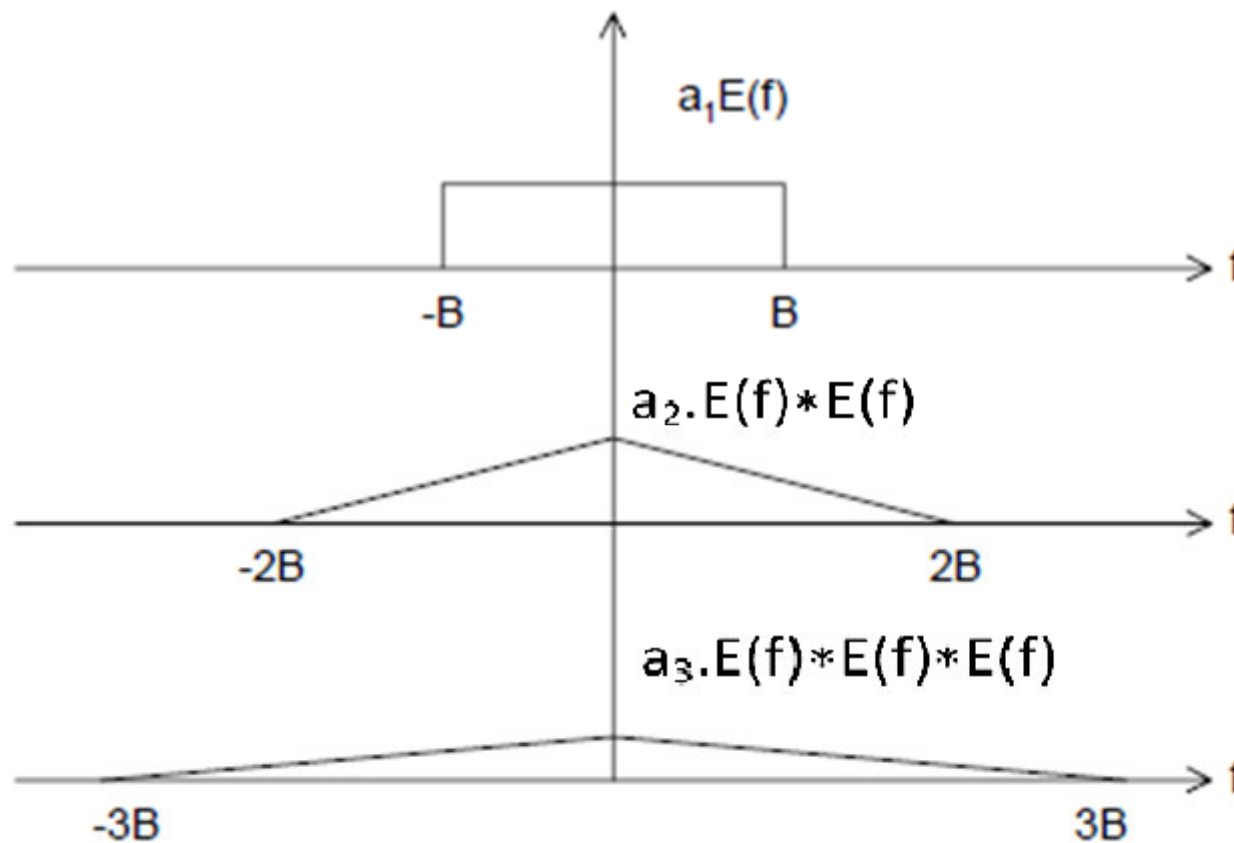
Carlson-Crilly-Rutledge: cap. 3.2;

Chen: "THE CIRCUITS AND FILTERS HANDBOOK": Puntos de intermodulación IP2 IP3, cap. 4.4;

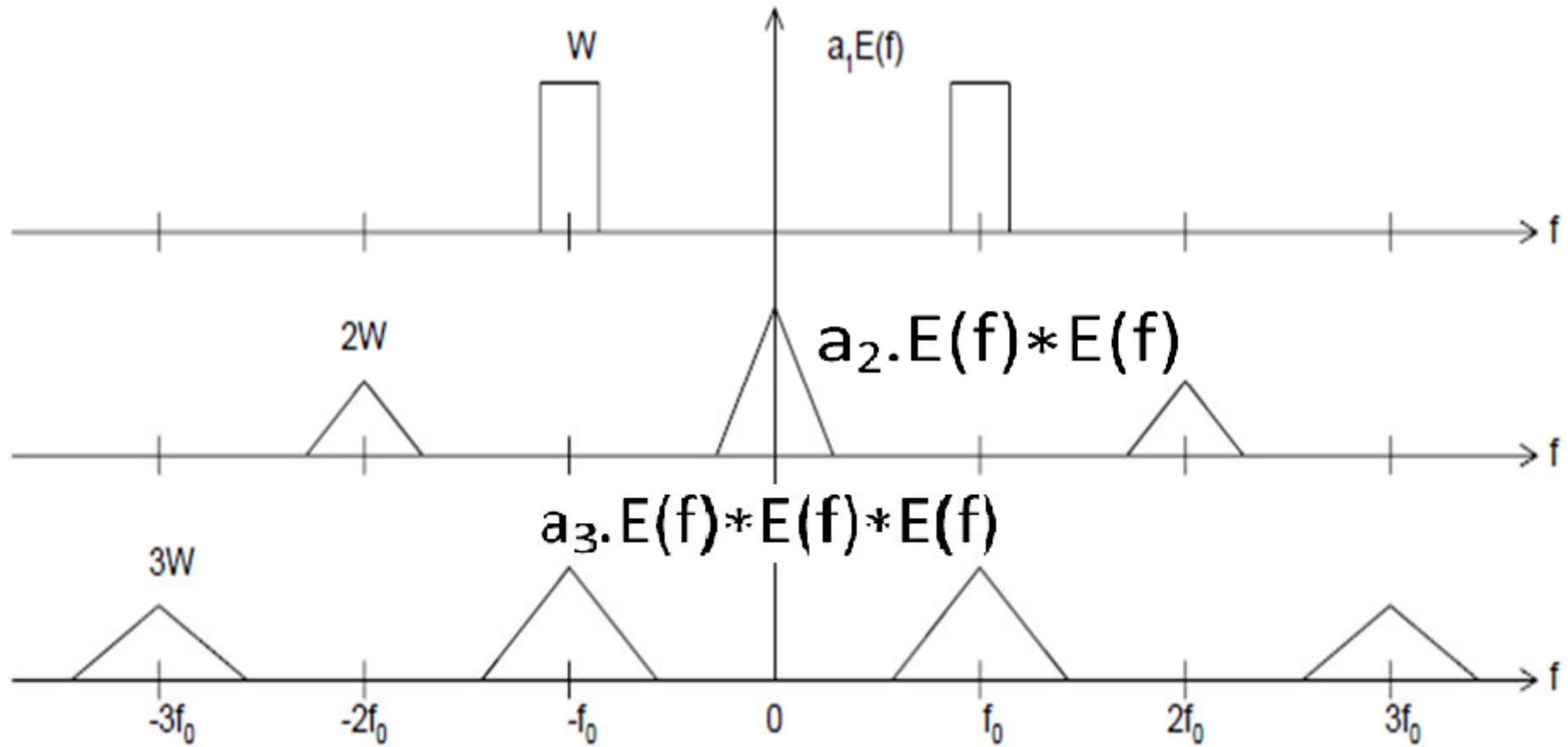
Kraus-Bostian-Raab "Estado Sólido en Ingeniería de Radiocomunicación", cap. 7.

## Efectos de las Alinealidades leves, (distorsión no lineal)

$$R(f) = a_1 E(f) + a_2 \cdot (E(f) * E(f)) + a_3 \cdot (E(f) * E(f) * E(f))$$



## Efectos de las Alinealidades leves, (distorsión no lineal)



## Efectos de las Alinealidades leves, (distorsión no lineal)

$$e(t) = A \cdot \cos(2\pi f_1 t) + A \cdot \cos(2\pi f_2 t)$$

$$r(t) = \left[ a_1 \cdot A \cdot (\cos(2\pi f_1 t) + \cos(2\pi f_2 t)) \right] + \left[ a_2 \cdot A^2 \cdot (\cos(2\pi f_1 t) + \cos(2\pi f_2 t))^2 \right] \\ + \left[ a_3 \cdot A^3 \cdot (\cos(2\pi f_1 t) + \cos(2\pi f_2 t))^3 \right]$$

Contribución a  $r(t)$  del 1<sup>er</sup> término (lineal):  $a_1 \cdot A \cdot (\cos(2\pi f_1 t) + \cos(2\pi f_2 t))$

Contribución a  $r(t)$  del 2<sup>o</sup> término (cuadrático):

$$a_2 A^2 + \frac{a_2 A^2}{2} \cos(2\pi(2f_1)t) + \frac{a_2 A^2}{2} \cos(2\pi(2f_2)t) + a_2 A^2 \cos(2\pi(f_1 \pm f_2)t)$$

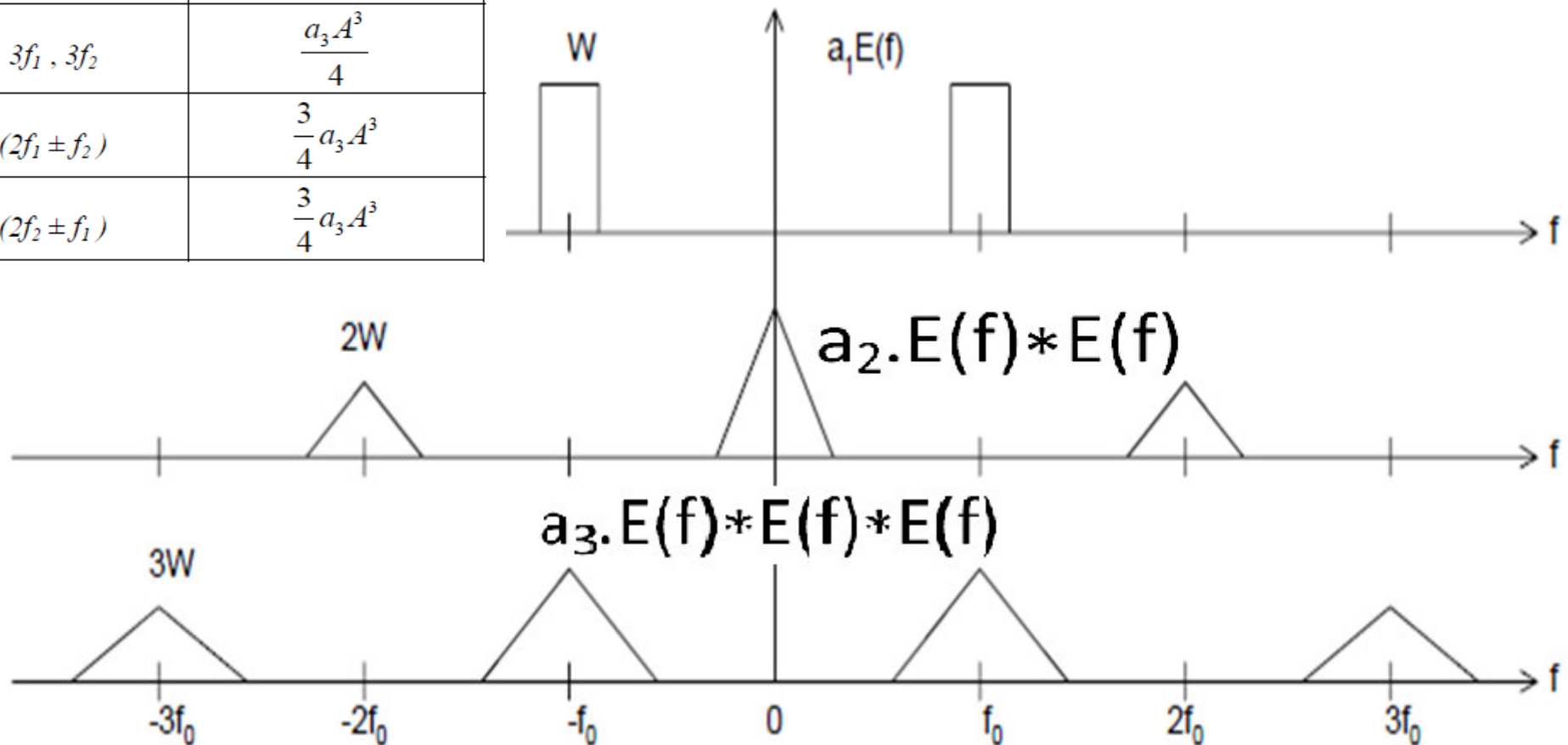
Contribución a  $r(t)$  del 3<sup>er</sup> término (cúbico):

$$\left( \frac{9}{4} a_3 A^3 \right) \cos(2\pi f_1 t) + \left( \frac{9}{4} a_3 A^3 \right) \cos(2\pi f_2 t) + \frac{a_3 A^3}{4} \cos(2\pi(3f_1)t) + \frac{a_3 A^3}{4} \cos(2\pi(3f_2)t) + \\ + \frac{3}{4} a_3 A^3 \cos(2\pi(2f_1 \pm f_2)t) + \frac{3}{4} a_3 A^3 \cos(2\pi(2f_2 \pm f_1)t)$$

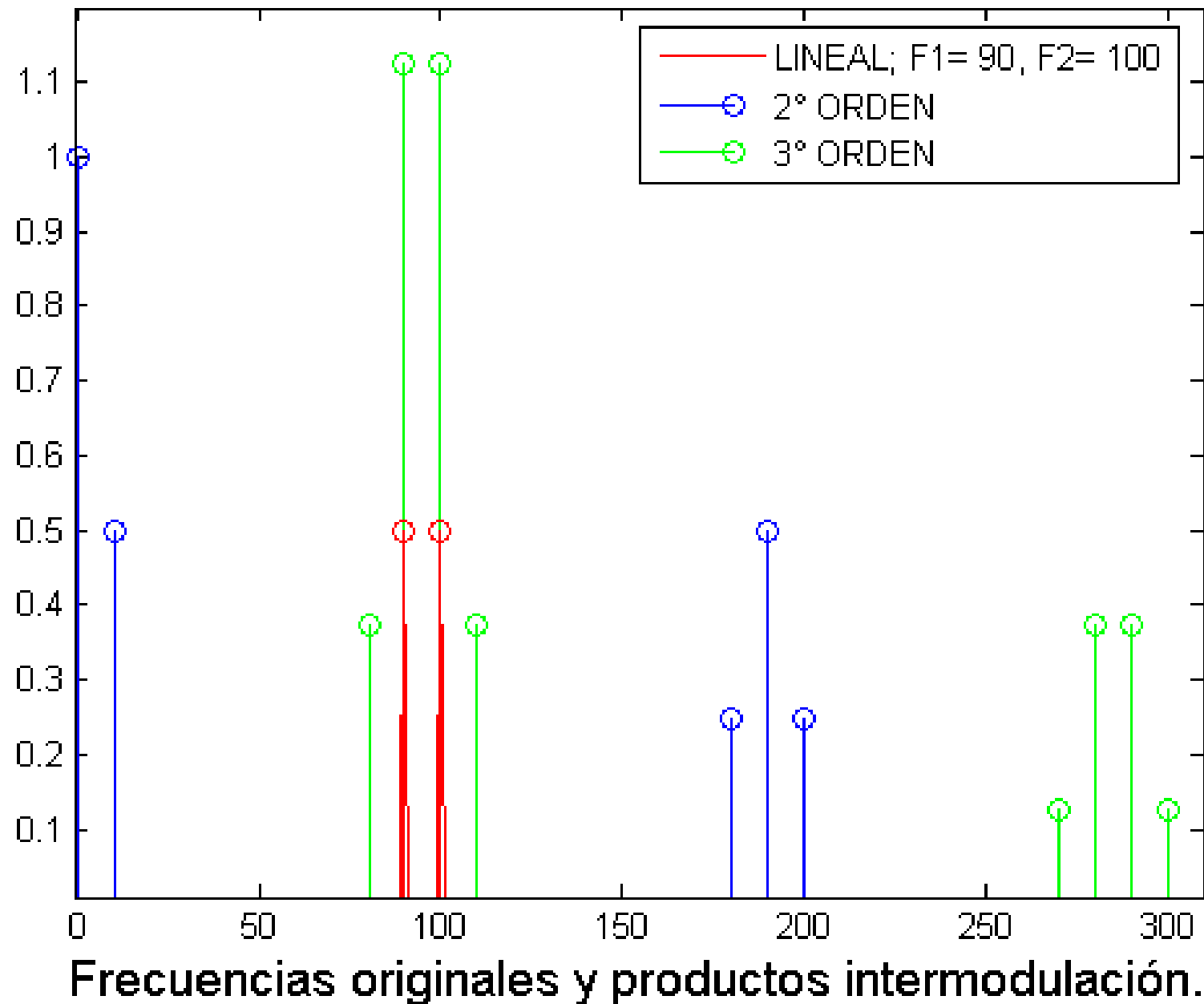
**¡¡NO HACER NUNCA TODO ESTO!!**

## Efectos de las Alinealidades leves, (distorsión no lineal)

Frecuencia	Amplitud
0	$a_2 A^2$
$f_1, f_2$	$\left( a_1 A + \frac{9}{4} a_3 A^3 \right)$
$2f_1, 2f_2$	$\frac{a_2 A^2}{2}$
$(f_1 \pm f_2)$	$a_2 A^2$
$3f_1, 3f_2$	$\frac{a_3 A^3}{4}$
$(2f_1 \pm f_2)$	$\frac{3}{4} a_3 A^3$
$(2f_2 \pm f_1)$	$\frac{3}{4} a_3 A^3$



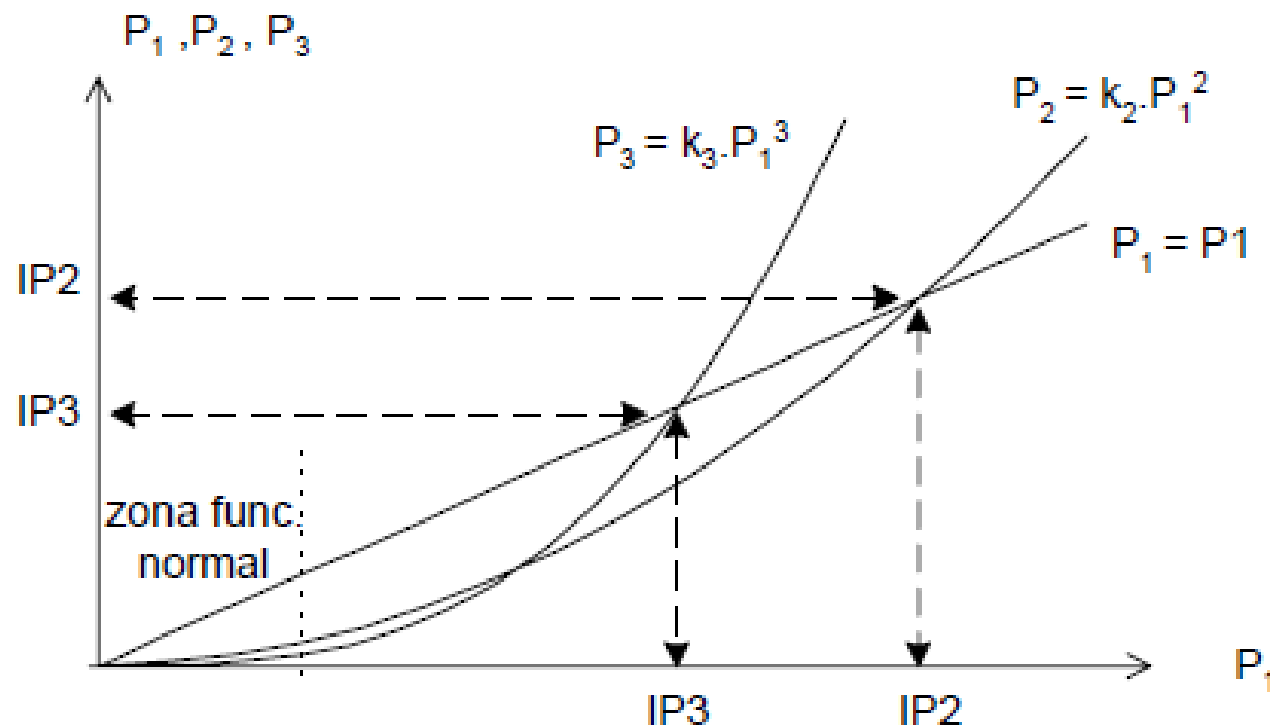
## Efectos de las Alinealidades leves, Productos de intermodulación



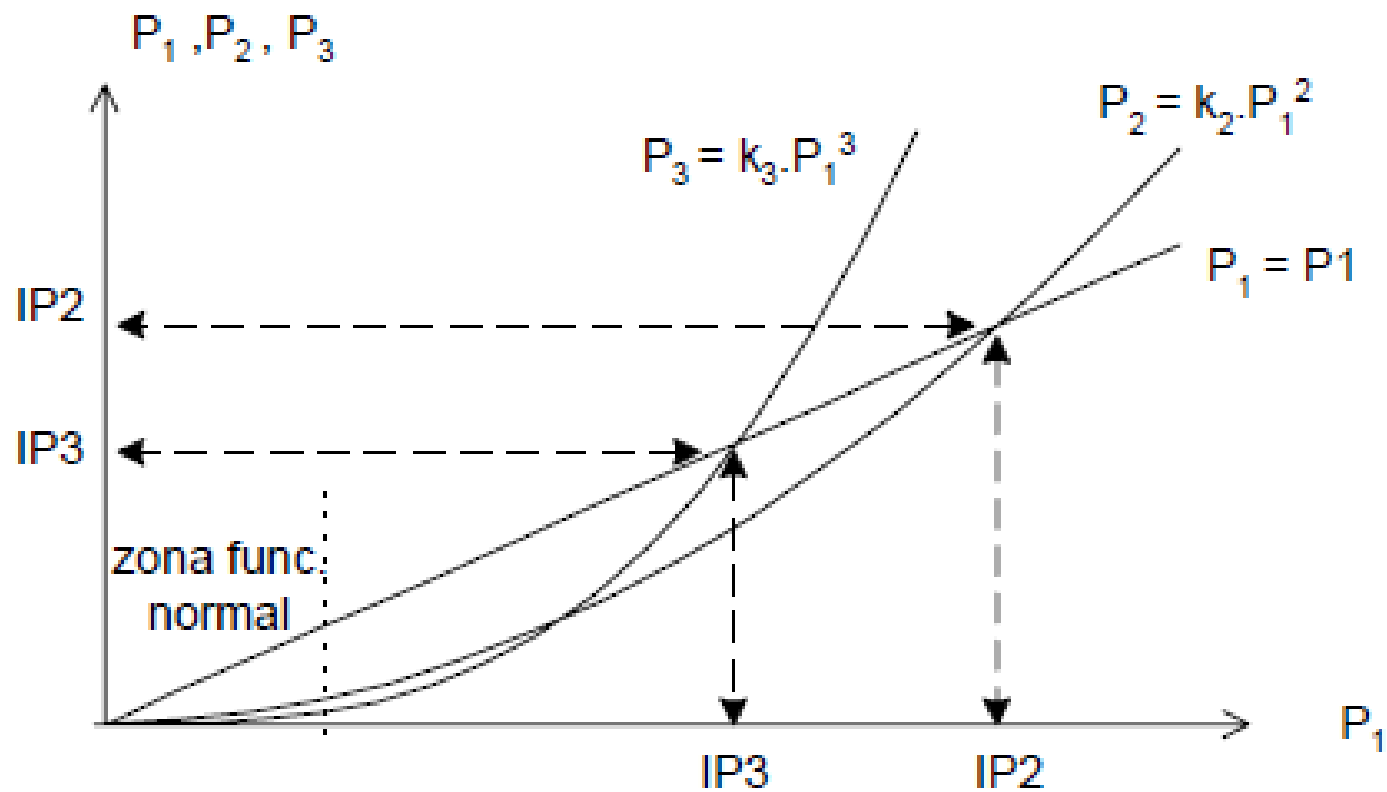
## Puntos de intersección de 2° y 3° orden

Llamando  $P_1$ ,  $P_2$  y  $P_3$  a las potencias de salida en frecuencia fundamental, 2° y 3° orden

$$P_2 = k_2 P_1^2 \text{ y } P_3 = k_3 P_1^3$$



## Efectos de las Alinealidades leves, (distorsión no lineal)



$$IP_2 = k_2 \cdot (IP_2)^2 \quad \therefore \quad k_2 = \frac{1}{IP_2} \quad \therefore \quad P_2 = \frac{P_1^2}{IP_2}$$

$$IP_3 = k_3 \cdot (IP_3)^3 \quad \therefore \quad k_3 = \frac{1}{(IP_3)^2} \quad \therefore \quad P_3 = \frac{P_1^3}{(IP_3)^2}$$

## Punto de compresión de 1dB

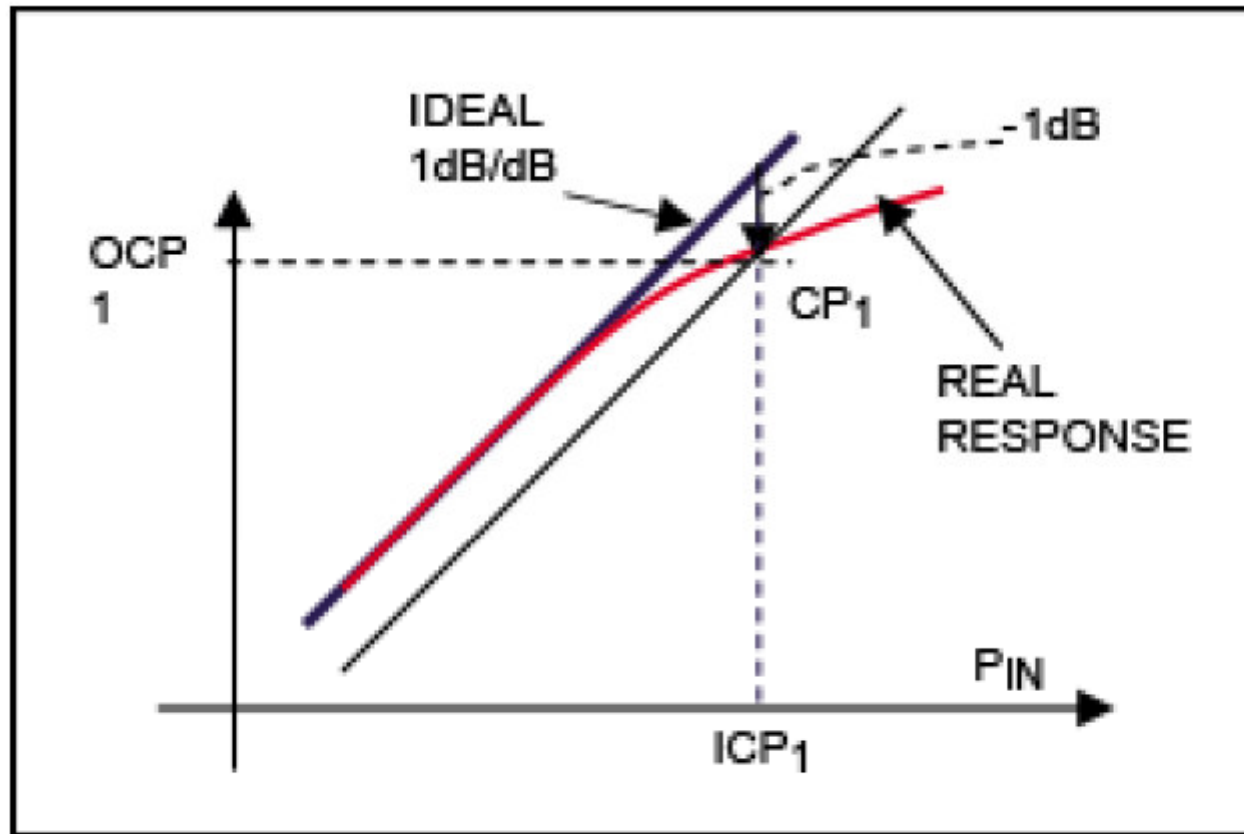


Figure 13. Graphical view of a -1dB compression point.

TUTORIAL 5429

### The IP3 Specification - Demystified

By: Kuo-Chang Chan, Director of Field Applications Engineering in Southern Europe  
Mar 12, 2013

# MAX2062

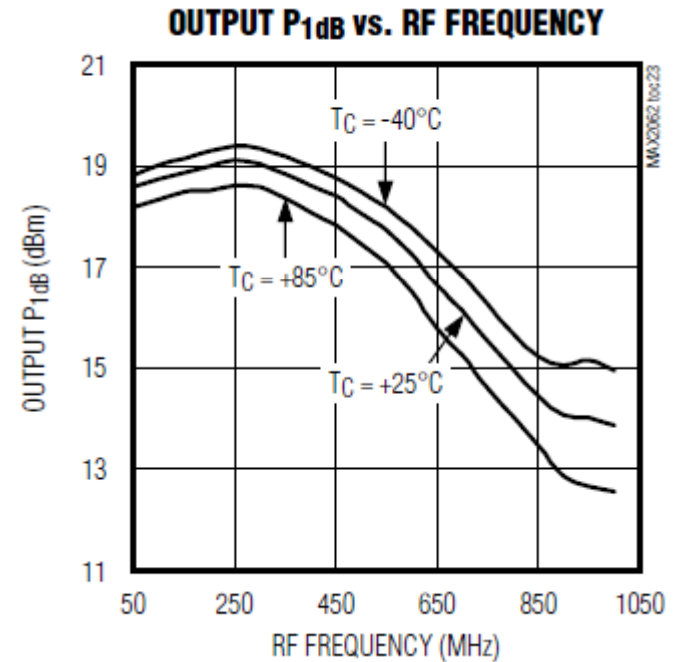
## Dual 50MHz to 1000MHz High-Linearity, Serial/Parallel-Controlled Analog/Digital VGA

+41dBm OIP3

+56dBm OIP2

+19dBm Output 1dB Compression Point

7.3dB Typical Noise Figure (at 200MHz)



# HELA-10+

Surface Mount

# High IP3 Monolithic Amplifier



CASE STYLE: CM624

Broadband, 50&75 ohms 5 to 1000 MHz

### Maximum Ratings

Heat Slug Temperature	110°C
Storage Temperature	-40°C to +125°C
DC Voltage	+13V
DC Power	7.15W

### Features

- excellent flatness, ±0.4 dB typ.
- very high IP3, 49 dBm typ. at 150 MHz & 45 dBm typ. at 800 MHz
- very high IP2, 88 dBm typ.
- low noise figure, 3.5 dB typ.

### Electrical Specifications at 25°C

KIT <sup>1</sup> NO.	FREQ. (MHz)	OHMS	GAIN <sup>2</sup> (dB)				MAXIMUM POWER (dBm)			DYNAMIC RANGE	
			Min.	Typ.	Max.	Typ. Flatness	Output (1 dB Compr.) Typ.	Min.	Input <sup>3</sup> (no damage) Typ.	NF (dB) Typ.	IP3 (dBm) Typ.
HELA-10A+	50-1000	75	9.5	12	13	±0.4	30	26	20	3.5	47
HELA-10B+	50-1000	50	9.5	12	13	±0.4	30	26	20	3.5	47
HELA-10C+	5-450	75	9.3	11.4	12.5	±0.4	30	26	20	3.5	48
HELA-10D+	8-300	50	9.3	11	12.5	±0.4	30	26	20	3.5	48

### Application Schematic Diagram

