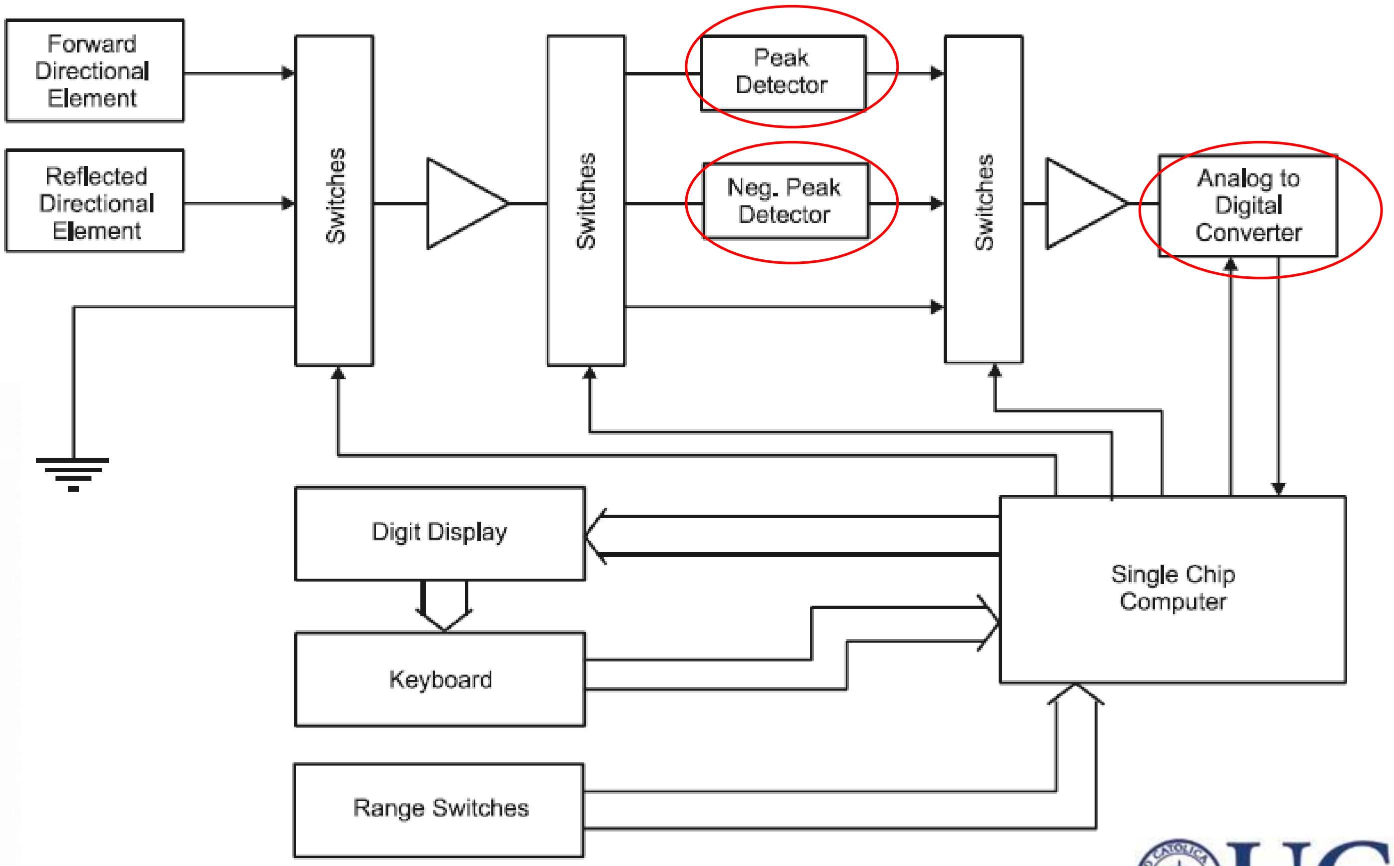
Que leemos de los multímetros cuando las señales no son senoidales ?

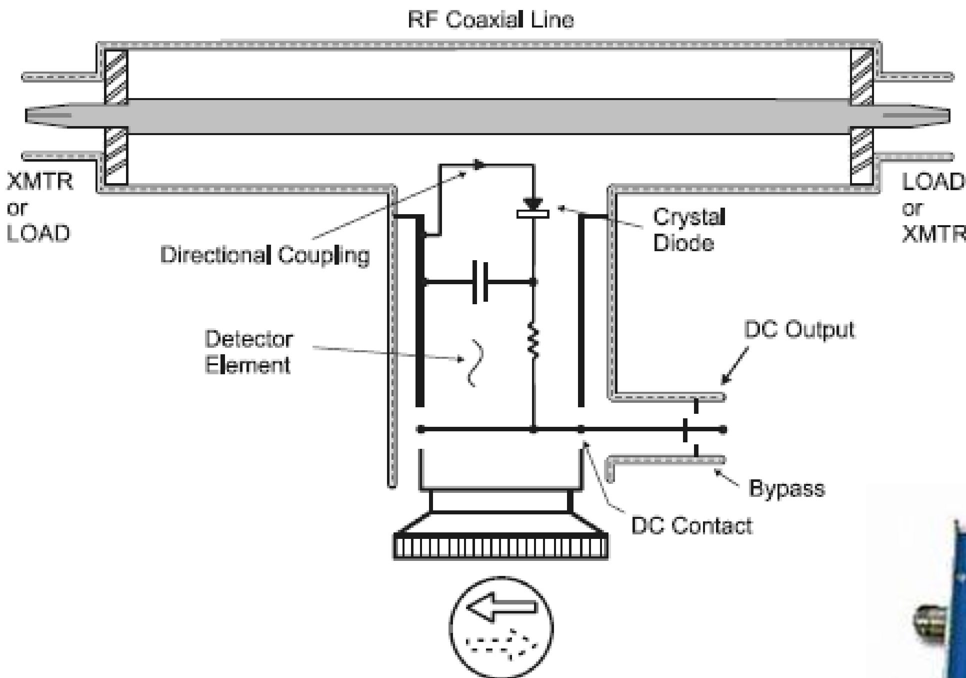
Ing. Pablo De Césare
2022

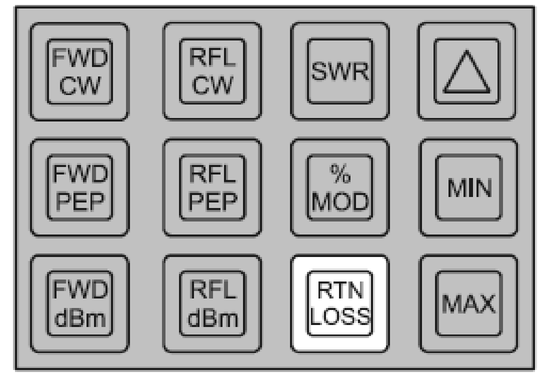
Medidor de potencia RF
Bird 4391A

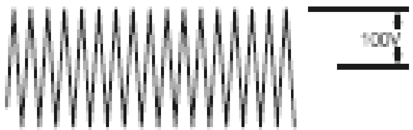
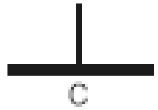
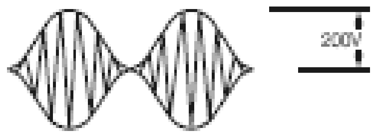
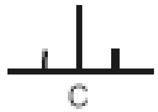
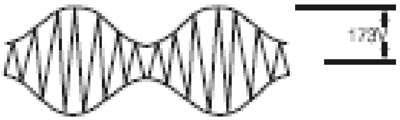
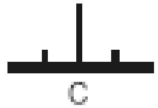
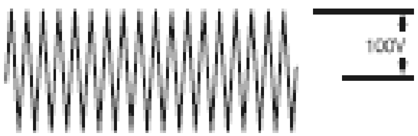
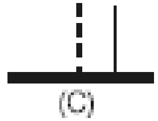
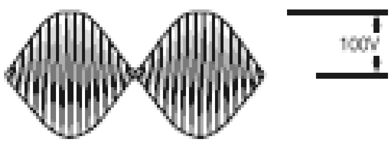
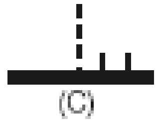
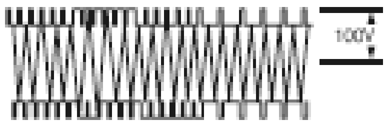
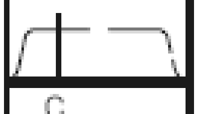
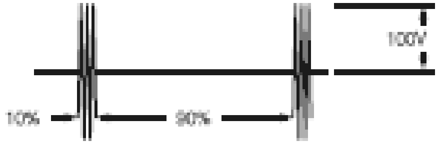
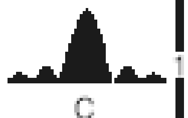
Detrás me muchos instrumentos siempre hay un DMM



Medidor de potencia RF
Bird 4391A





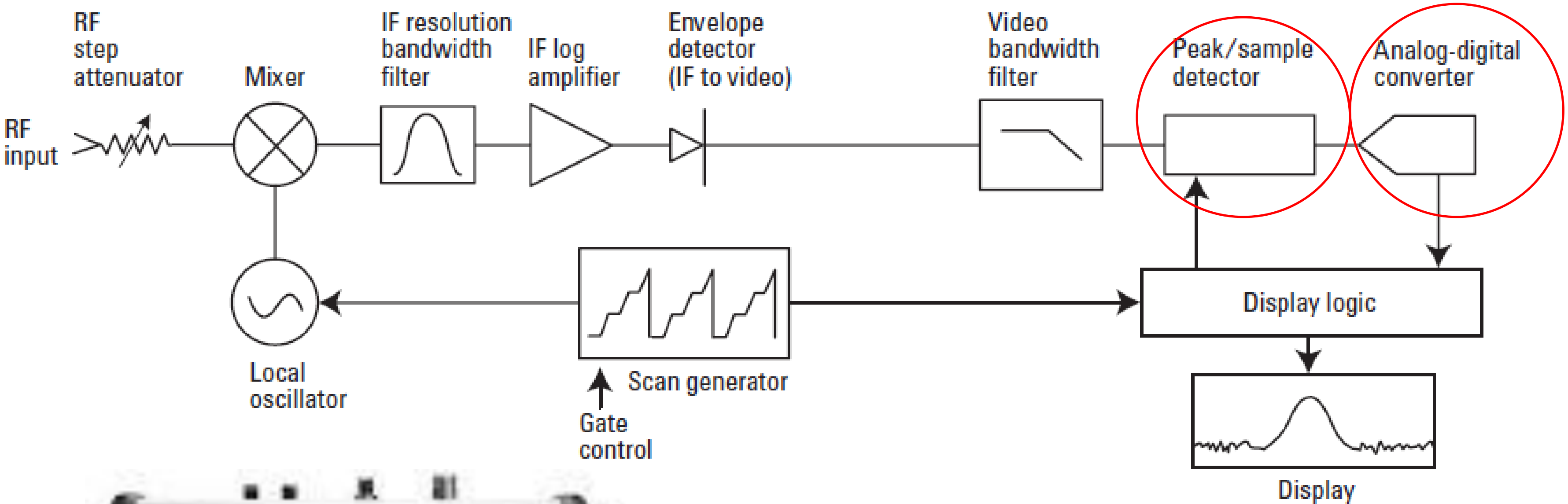
Transmission Type and Scope Pattern		Frequency Spectrum (C: Carrier)	PEVrms (arbitrary)	PEP = PEV_{rms}^2 / Zo	Average (Heating) Power	4391 Series			Model 43
						CW Mode	PEP Mode	%MOD Mode	
CW			$\frac{100}{\sqrt{2}}$ V	100W	100W	100W	100W	0%	100W
AM 100% Mod.			$\frac{200}{\sqrt{2}}$ V	400W	150W	100W	400W	100%	100W
AM 73% Mod.			$\frac{173}{\sqrt{2}}$ V	300W	127W	100W	300W	73%	100W
SSB 1 tone			$\frac{100}{\sqrt{2}}$ V	100W	100W	100W	100W	0%	100W
SSB 2 Tone			$\frac{100}{\sqrt{2}}$ V	100W	50W	25W	100W	100%	40.5W
TV Black Level			$\frac{100}{\sqrt{2}}$ V	100W	60W	-	100W	-	9.6W
Pulse			$\frac{100}{\sqrt{2}}$ V	100W	0 W	-	100W	100%	-

Z_o = 50 ohms

PEV : Peak Envelope Voltage. Carrier (or suppressed carrier) PEV was arbitrarily chosen at 100 volts in all examples. $PEV_{rms} = PEV / \sqrt{2}$.

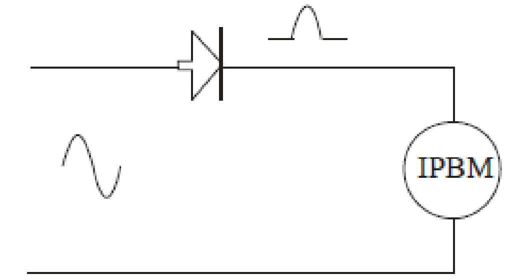
Medidor de potencia RF
Analizador de espectros

Detrás me muchos instrumentos siempre hay un DMM

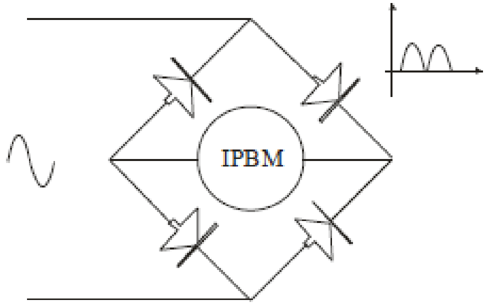


Ley de respuesta y calibración de la escala del instrumento

Generalmente los instrumentos los instrumentos de corriente alterna consisten en un conversor de corriente alterna a continua (rectificador) asociado a un instrumento de imán permanente y bobina móvil o un conversor AD. En algunos casos se intercala un amplificador.



Si se supone un diodo ideal y se emplea la configuración de rectificación de media onda, se tendrá sólo un semiciclo de la señal.
La indicación que se obtendrá será proporcional al valor medio de un semiciclo de la señal.



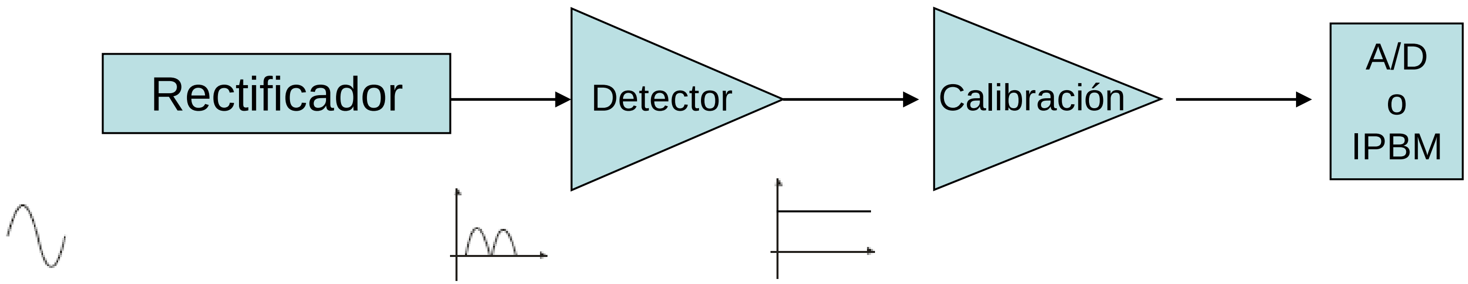
Si se utiliza la configuración tipo puente, se tendrá el módulo de la señal de entrada. La indicación será proporcional al valor medio del módulo de la señal.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Ley de respuesta y calibración de la escala del instrumento

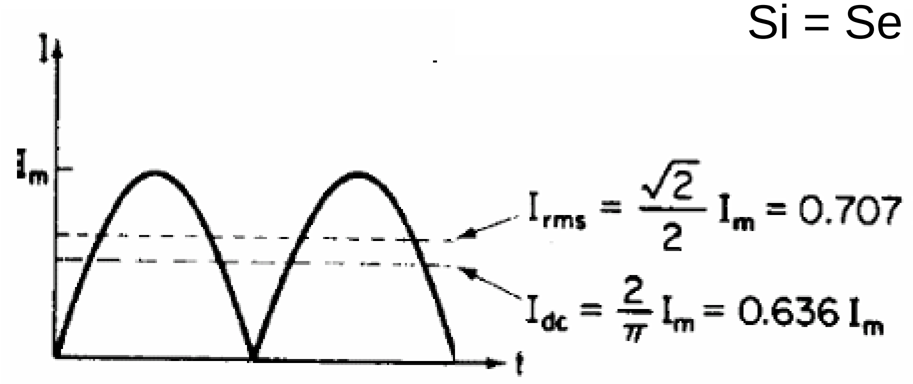
Calibración:

Se calibra para cada valor de corriente continua que valor eficaz de señal senoidal le corresponde.



El valor indicado se obtiene multiplicando el valor al que responde el instrumento por una constante que vincula al valor que responde con el valor eficaz

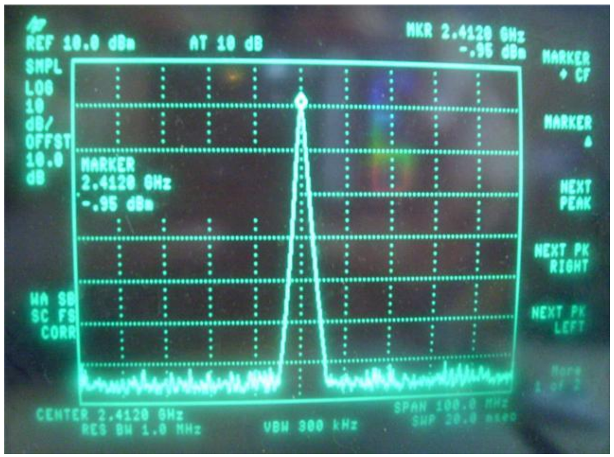
$$Si = Se = K\alpha . S\alpha$$



$$K\alpha = \frac{S_e}{S_\alpha} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2} \bullet \mathrm{Im}}{\frac{2}{\pi} \bullet \mathrm{Im}}$$

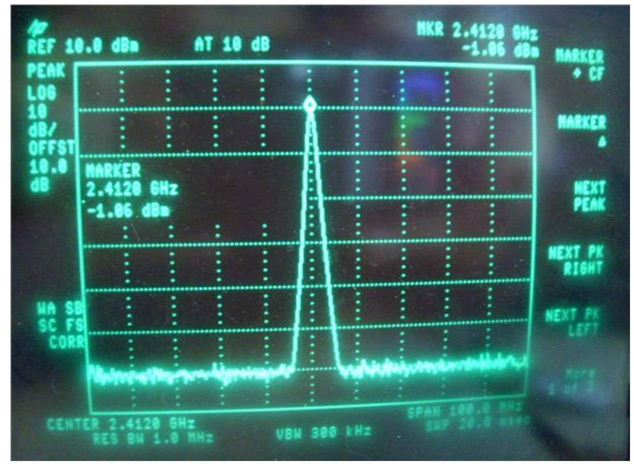
Adelanto de Analizador de Espectro

Potencia con el AE



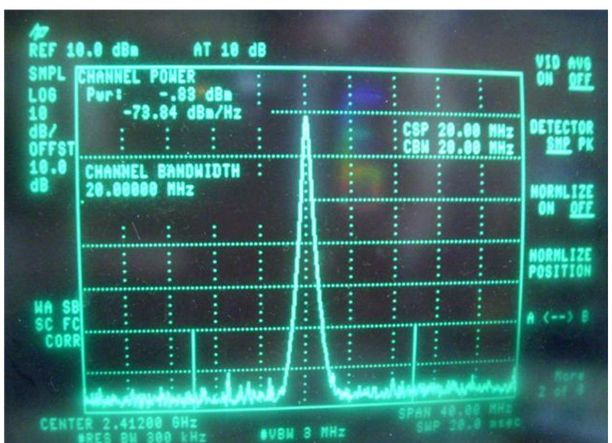
Pi=-0.95dBm

Detector: Sample



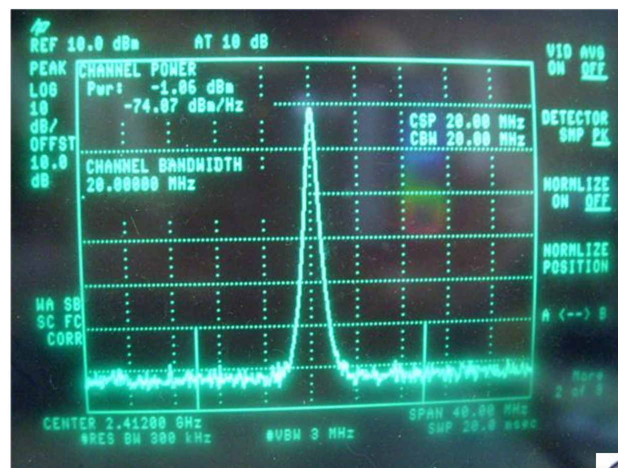
Pi=-1.06dBm

Detector: Pico



Pi=-0.83dBm

Detector: Sample



Pi=-1.06dBm

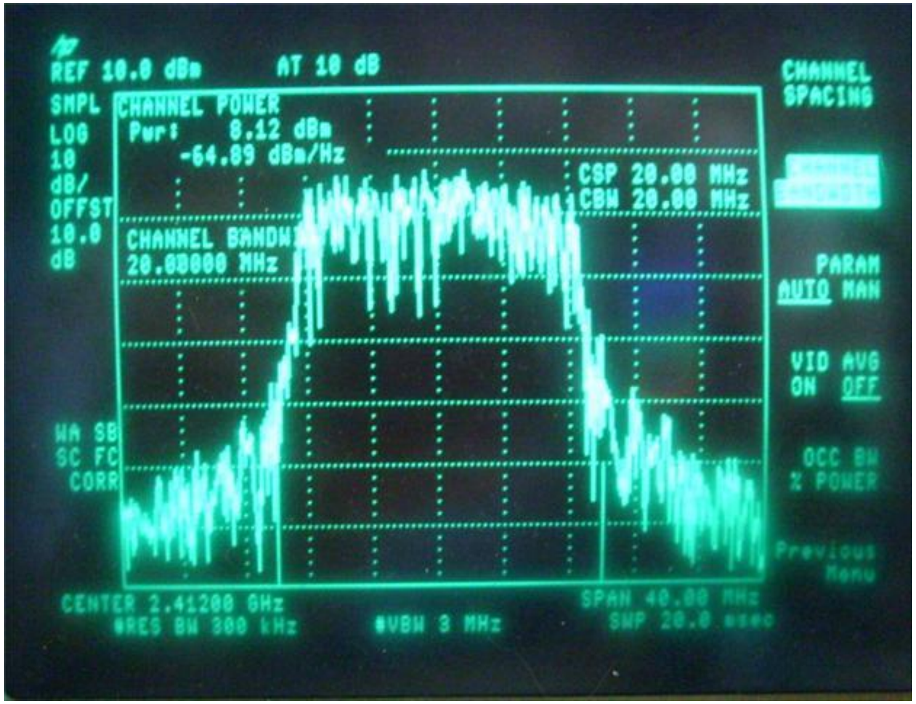
Detector: Pico

UCA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Adelanto de Analizador de Espectro

Potencia con el AE



Pi= 8,12dBm

Detector: Sample

Pi= 12,57dBm

Detector: Pico

La diferencia es MUY GRANDE cuando se miden señales complejas

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Nomenclatura

Entrando al frasco nuevamente

Valor	Subíndice
Eficaz	e
Medio algebraico	med
Medio de un signo	med_+; med_-
Medio de módulo	me
Máximo	m; m_+; m_-
Pico a pico	pp
α	Valor característico al cual responde un instrumento
β	Valor característico que se quiere determinar en una señal dada
$K\alpha$	Constante de calibración de un instrumento que responde al valor característico α
*	Forma de onda arbitraria
$F\beta\alpha$*	Factor de corrección para un instrumento que responde al valor característico α, cuando se quiere determinar el valor característico β, de una señal de forma de onda arbitraria *

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

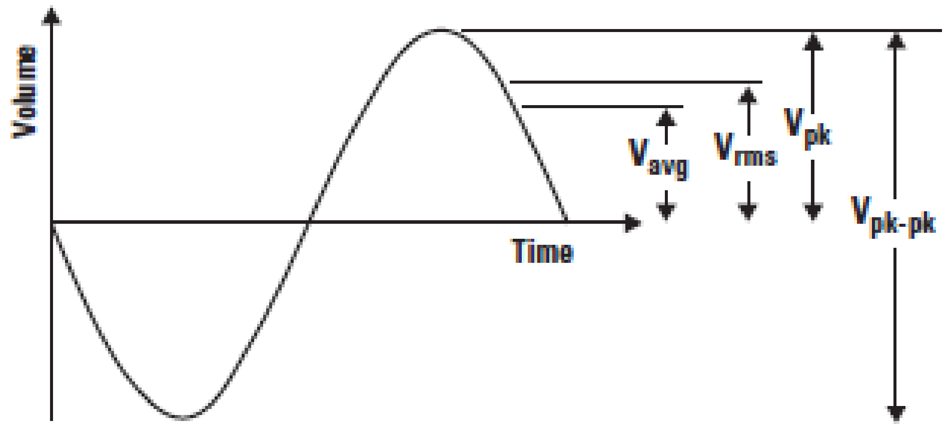
Distintos factores de calibración para señales senoidales

$$K_{|me|} = \frac{S_e}{S_{|me|}} = \frac{\frac{S_m}{\sqrt{2}}}{\frac{2 \, . \, S_m}{\pi}} = \frac{\pi}{2 \, . \, \sqrt{2}} = 1{,}11$$

$$K_{me+} = \left. \frac{S_e}{S_{me+}} \right|_{\sim} = \frac{\frac{S_m}{\sqrt{2}}}{\frac{S_m}{\pi}} = \frac{\pi}{\sqrt{2}}$$

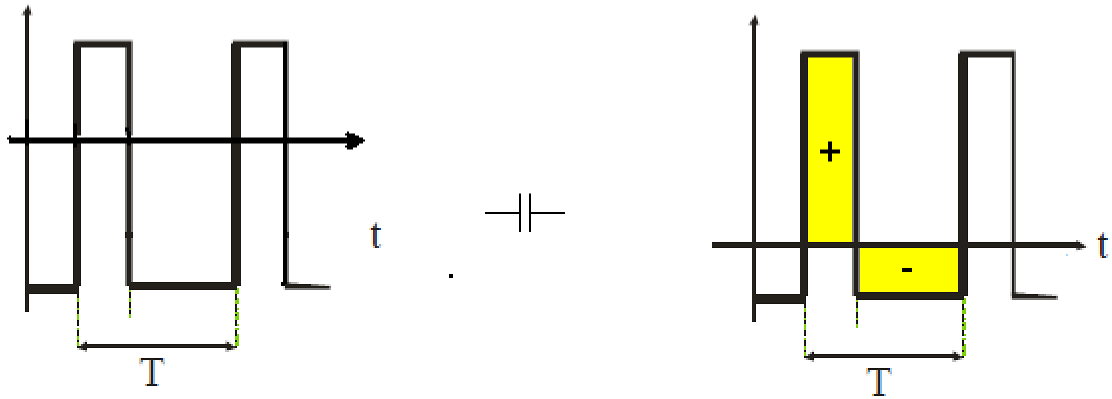
$$K_m = \left. \frac{S_e}{S_m} \right|_{\sim} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0{,}707$$

$$K_{pp} = \left. \frac{S_e}{S_{pp}} \right|_{\sim} = \frac{\frac{S_m}{\sqrt{2}}}{2 \, . \, S_m} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0{,}35$$

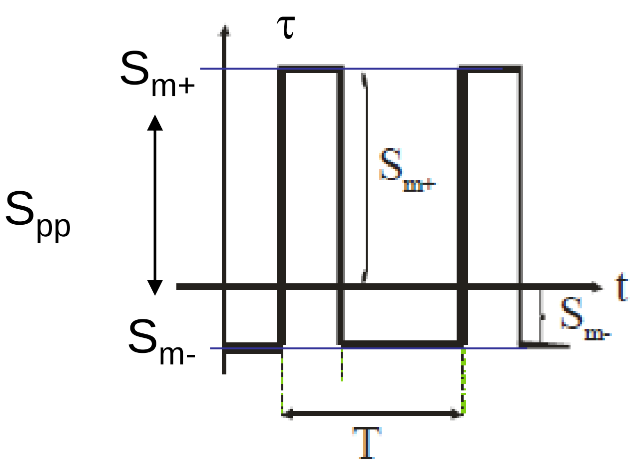


PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Pulsos rectangulares



Instrumento que responde al valor máximo



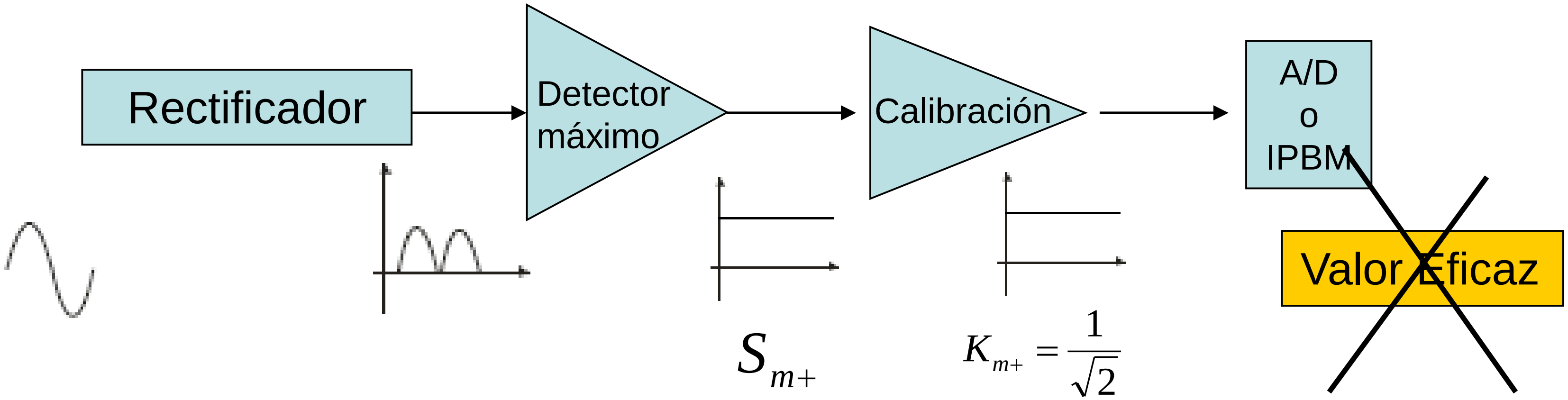
$$\begin{cases} S_{pp} = S_{m+} + S_{m-} \\ S_{m+} \cdot \tau = S_{m-} \cdot (T - \tau) \end{cases}$$

si $\delta = \dfrac{\tau}{T}$

$$\boxed{\begin{array}{l} S_{m-} = S_{pp} \cdot \delta \\ S_{m+} = S_{pp} \cdot (1 - \delta) \end{array}}$$

Pulsos rectangulares

El instrumento fue calibrado para señales senoidales



$S_e = S$

Pero si a la entrada ponemos una señal de pulsos rectangulares !!!

$$\frac{S_{m+}}{\sqrt{2}} = S_{m+} = S_{pp} \cdot (1-\delta)$$

$$S_{m+} = K_{m+} \cdot$$

El valor pico depende del ciclo de actividad

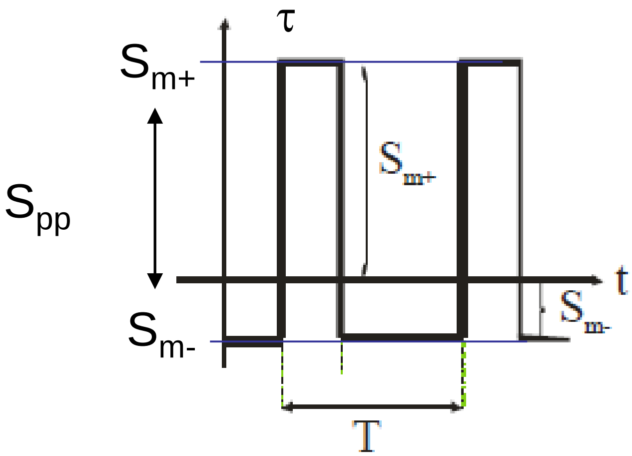
El valor que va a informar un instrumento que responde al valor máximo es

$$K_{m+} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\boxed{Si = S_{pp} \cdot (1-\delta) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}}$$

Pulsos rectangulares

Instrumento que responde al valor medio de modulo



$$\begin{cases} S_{pp} = S_{m+} + S_{m-} \\ S_{m+} \cdot \tau = S_{m-} \cdot (T - \tau) \end{cases}$$

si $\delta = \dfrac{\tau}{T}$

$$S_{m-} = S_{pp} \cdot \delta$$

$$S_{m+} = S_{pp} \cdot (1 - \delta)$$

$$S_{|me|} = \frac{S_{m+} \cdot \tau + S_{m-} \cdot (T - \tau)}{T}$$

$$S_{|me|} = S_{m+} \cdot \delta + S_{m-} \cdot (1 - \delta)$$

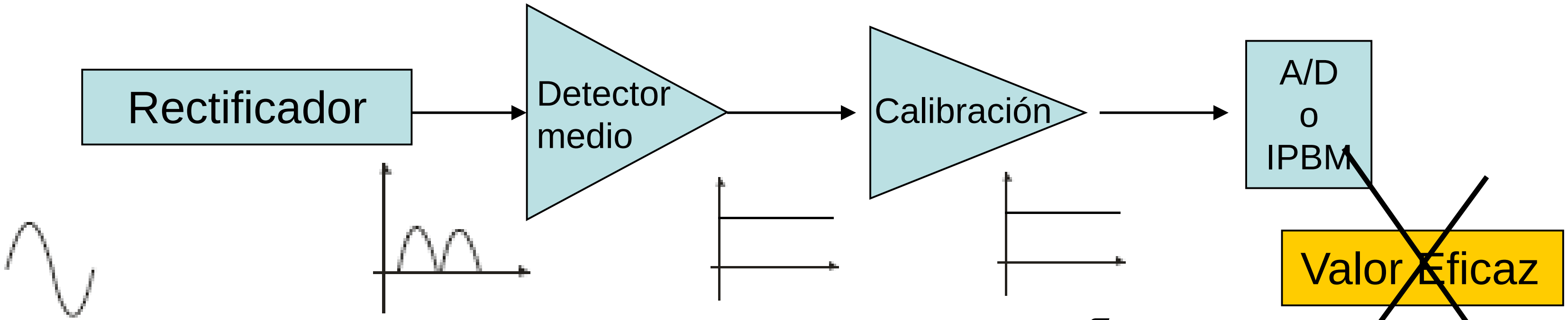
Reemplazando por Spp

$$S_{|me|} = [S_{pp} \cdot (1 - \delta)] \cdot \delta + (S_{pp} \cdot \delta) \cdot (1 - \delta)$$

$$\boxed{S_{|me|} = 2 \cdot S_{pp} \cdot (1 - \delta) \cdot \delta}$$

Pulsos rectangulares

El instrumento fue calibrado para señales senoidales



$$S_{|me|}$$

$$K_{|me|} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}}$$

$$S_e = S_{|me|} \ldots$$

Pero si a la entrada ponemos una señal de pulsos rectangulares !!!

$$\frac{S_{m+}}{\sqrt{2}}$$

$$S_{|me|} = S_{m+} \cdot \frac{2}{\pi}$$

$$S_{|me|} = 2 \cdot S_{pp} \cdot (1-\delta)\cdot\delta$$

El valor medio de modulo depende del ciclo de actividad

El valor que va a informar un instrumento que responde al valor medio de Modulo es

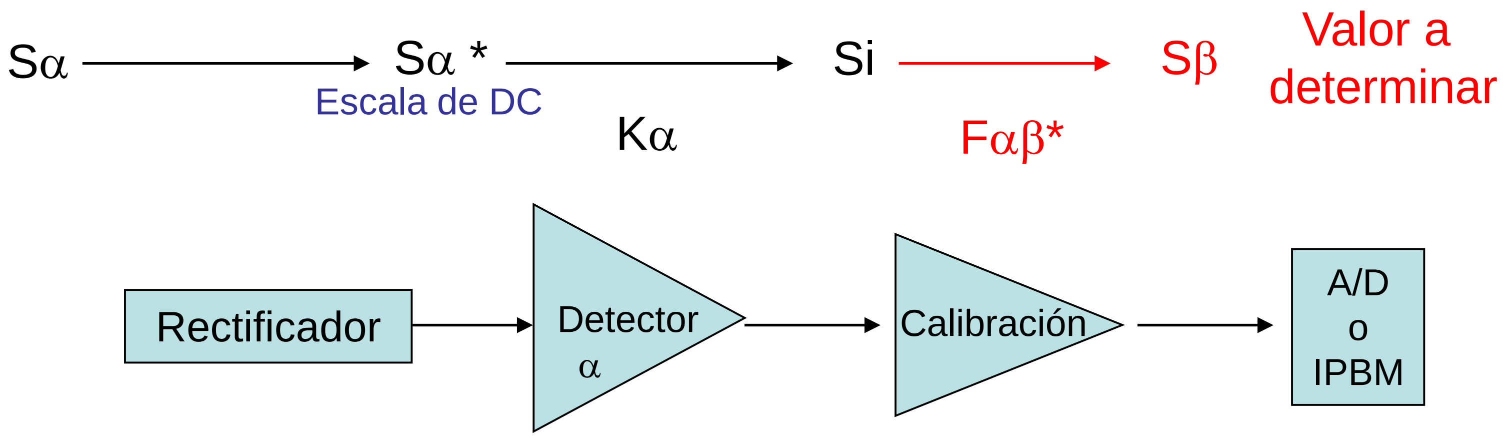
$$K_{|me|} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}}$$

$$\boxed{Si = S_{pp} \cdot (1-\delta).\delta \cdot \frac{\pi}{\sqrt{2}}}$$

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Factor de corrección

Se desea conocer cualquier valor característico independientemente de la respuesta del Instrumento de cualquier forma de onda



Recordando

α	Valor característico al cual responde un instrumento
β	Valor característico que se quiere determinar en una señal dada
Kα	Constante de calibración de un instrumento que responde al valor característico α
*	Forma de onda arbitraria
Fβα*	Factor de corrección para un instrumento que responde al valor característico α, cuando se quiere determinar el valor característico β, de una señal de forma de onda arbitraria *

Factor de corrección

Escala de DC

$$S\alpha \longrightarrow S\alpha^{*} \xrightarrow[K\alpha]{} Si \xrightarrow[F\alpha\beta^{*}]{} S\beta$$

Valor a determinar

$$S_i = K_\alpha \cdot S_{\alpha *}$$

$$S_\beta = F_{\alpha\beta} \cdot S_i$$

$$S_\beta = F_{\alpha\beta} \cdot K_\alpha \cdot S_{\alpha *}$$

$$\boxed{F_{\alpha\beta} = \frac{\left.\dfrac{S_\beta}{S_\alpha}\right|_{*}}{K_\alpha}}$$

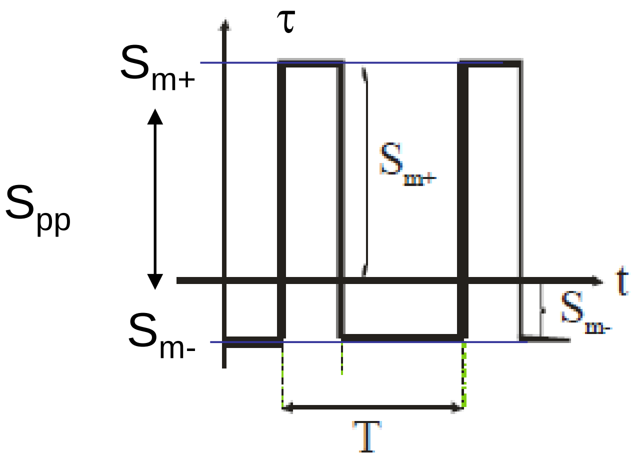
Este factor lógicamente depende del instrumento (Kα) y de la forma de onda de la señal

UCA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Podremos corregir?

Nos planteamos corregir la lectura de un instrumento que responde a valor medio de modulo para obtener el valor eficaz de una señal cuadrada

Instrumento que responde al valor medio de modulo



$$\begin{cases} S_{pp} = S_{m+} + S_{m-} \\ S_{m+} \cdot \tau = S_{m-} \cdot (T - \tau) \end{cases} \qquad \text{si} \qquad \delta = \frac{\tau}{T}$$

$$S_{m-} = S_{pp} \cdot \delta$$

$$S_{m+} = S_{pp} \cdot (1 - \delta)$$

$$S_e = \sqrt{\frac{1}{T} . \int_0^T S^2(t) . dt} = \sqrt{\frac{1}{T} . \left[S^2{}_{m+} . \tau + S^2{}_{m-} . (T - \delta) \right]}$$

$$S_e = \sqrt{S_{pp}^2 . (1 - \delta)^2 . \delta + S_{pp}^2 . \delta^2 . (1 - \delta)}$$

$$S_e = \sqrt{S_{pp}^2 . (1 - \delta) . \delta . [1 - \delta + \delta]} = S_{pp} . \sqrt{(1 - \delta) . \delta}$$

Siempre que se haga esto chequear el factor de cresta que informa el fabricante

Podemos corregir

$$F_{|me|e\Omega} = \frac{\left.\dfrac{S_e}{S_{|me|}}\right|_{\Omega}}{K_{|me|}} = \frac{\dfrac{S_{pp}\,.\sqrt{\delta\,.\left(1-\delta\right)}}{S_{pp}\,.\,2\,.\,\delta\,.\left(1-\delta\right)}}{\dfrac{\pi}{2\,.\sqrt{2}}} = \frac{\sqrt{2}}{\pi\,.\sqrt{\delta\,.\left(1-\delta\right)}}$$

$$S_{\beta} = F_{\alpha\beta} \cdot S_i$$

$$S_e = \frac{\sqrt{2}}{\pi.\sqrt{\delta.\left(1-\delta\right)}}.S_i$$