

# La guía definitiva para la medición de potencia de RF

## Detalles

Creado: 22 enero 2020 Última

actualización: 27 enero 2020 Hits:

22810

## ¿Por qué este artículo?

Porque, el tema causa una confusión sin fin. Aparece, aparentemente con regularidad, en el [Foro de discusión de QRP Labs](#) (y en otros lugares). La gente malinterpreta cómo usar el medidor de potencia de RF interno en el [Kit de transceptor QCX CW](#). Luego están las tres medidas posibles que se pueden tomar (voltaje pico, voltaje pico a pico y voltaje RMS). Y el cálculo del voltaje medido a la potencia de RF. Muchas personas son ambiguas acerca de a qué medida se refieren, luego se introducen errores tipográficos, referencias a otras páginas web o hilos de discusión donde también se introdujeron errores y abundan los descuidos, y en poco tiempo el tema se volvió aún más confuso de lo que ya era. . Por lo tanto, este artículo, dejemos el tema para descansar de una vez por todas y si hay algún error u omisión, por favor [hágame saber](#) y puedo corregirlos.

## ¿Importa?

No mucho, no. Ciertamente no tanto como la mayoría de la gente parece pensar. Comúnmente nos referimos a la potencia en vatios. A veces en dBm (decibelios relativos a 1 milivatio). Más sobre dBm vs Watts, a continuación. dBm es lo que realmente importa en términos de qué tan bien te escuchará la gente. Los dBm están relacionados linealmente con los puntos del medidor S en el receptor de radio (intensidad de la señal o qué tan bien lo escucha la gente). La relación entre la potencia y las lecturas del medidor S es logarítmica. En términos generales, para ganar 1 punto S en la intensidad de la señal, se requiere una potencia de salida cuádruple. La diferencia en la lectura de S-meter entre 4W y 5W es bastante pequeña. Menos de 1dB, que es hoy en día, aproximadamente 1/5 de un punto S.

Aún así, a la gente le importa. Me importa, te importa. Queremos MÁS VATIOS. Y eso está bien.

## Abundantes imprecisiones

La relación entre potencia y vatios implica elevar al cuadrado el voltaje. Cualquier imprecisión en la medición, el equipo o la configuración se magnifica cuando se expresa en vatios. Hay muchas oportunidades para el error. Muchos errores... Haces bien en recordar dos cosas:

Primero es [ley de segal](#): "Un hombre con un reloj sabe qué hora es. Un hombre con dos relojes nunca está seguro". Y aunque Segal estaba hablando de tiempo, evidentemente lo mismo se aplica a las mediciones de potencia de RF.

Segundo: es lo que dije arriba. Realmente no IMPORTA tanto, de todos modos. A menudo, las mediciones de potencia relativa son más útiles que las mediciones absolutas.

## requisitos previos

Los malentendidos comunes están en todas partes. Mire, para empezar, necesita medir la potencia a través de una carga resistiva conocida. Una carga ficticia de 50 ohmios. Al igual que los laboratorios [QRKit de carga ficticia de 50 ohmios](#);-) No caigas en la tentación de probar cualquier medida con cualquier otra cosa. ¿Recuerdas lo que dije sobre las abundantes inexactitudes? Así que si tienes una antena conectada, olvídale. Incluso si cree que ese trozo de cuerda húmeda es un dipolo resonante y está bien emparejado y la ROE está bien, su medidor de ROE dice que es mejor que 1.3: 1, así que sí, realmente debe serlo, ¿no es así? NO, solo por favor, olvídale... la antena magnificará cualquier error en la medición. Puede decir que está produciendo algo de energía, y está en el estadio de béisbol correcto, o al menos en los terrenos del estadio correctos... pero no mucho más.

Lo siguiente que necesitas es una onda sinusoidal. La "potencia de RF" que está buscando es la disipación de potencia en una carga resistiva de 50 ohmios. Los cálculos que involucran la conversión de Vpico-pico a RMS y potencia de RF asumen una forma sinusoidal para su forma de onda. La mayoría de los medidores de potencia de RF funcionarán midiendo voltajes y luego convirtiéndolos en potencia de RF utilizando fórmulas, que asumen una onda sinusoidal y una carga resistiva de 50 ohmios. Si tiene un medidor de potencia de RF que realmente mide el calor en una carga, entonces tiene suerte.

Por lo tanto, no intente medir la potencia de RF directamente en la salida de un amplificador de potencia de clase E como el [transceptor QCX](#) posee. La forma de onda no es sinusoidal. Por lo tanto, los cálculos no son válidos. Tampoco intente medir la potencia a la mitad del filtro de paso bajo, dado que la impedancia en este punto probablemente no sea de 50 ohmios, nuevamente los cálculos no son válidos. Solo mida la potencia a través de un [buena carga ficticia de 50 ohmios](#)!

De nuevo para resumir:

- 1) Carga ficticia de 50 ohmios, no una antena, ¡incluso si cree que está sintonizada con precisión!
- 2) ¡Solo mida ondas sinusoidales!

## ¿Cuál es la diferencia entre Vpeak, Vpeak-peak y Vrms?

Un osciloscopio le muestra la forma de onda real. (¿O sí? Ver más abajo). Consulte mi increíble obra de arte, el boceto a continuación. Esto muestra una onda sinusoidal, tanto como

podríamos ver en un osciloscopio, que es simétrico alrededor de cero, la línea horizontal en el medio.

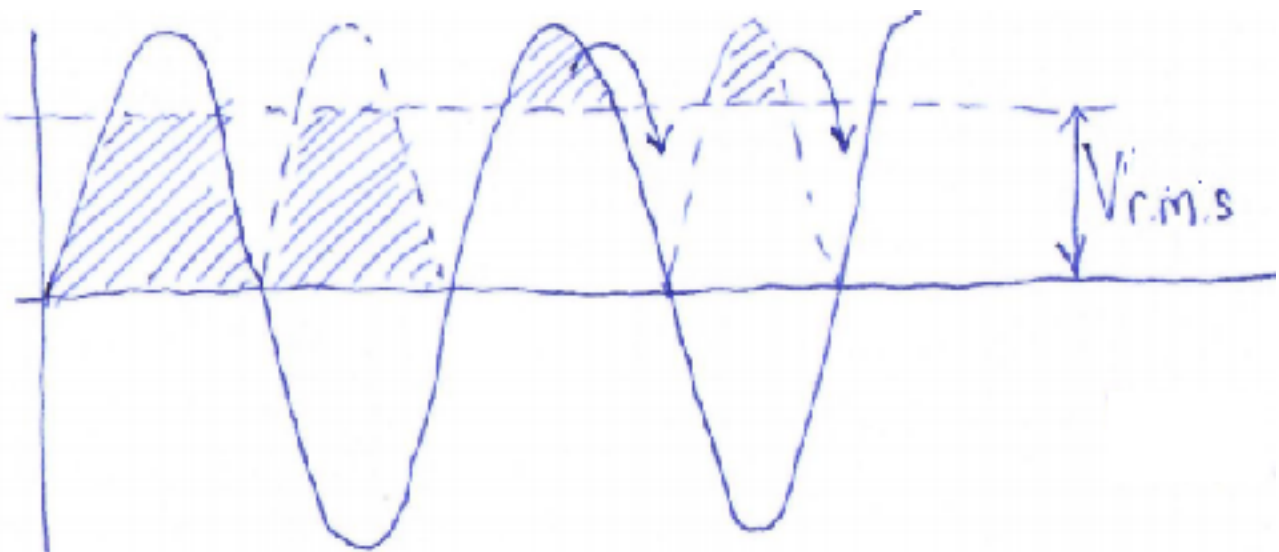
- $V_{\text{peak-peak}}$  (voltaje pico a pico) es la diferencia de voltaje entre los picos positivos y negativos de la onda sinusoidal.
- $V_{\text{pico}}$  (el voltaje pico) es la diferencia de voltaje entre la línea central cero y el pico positivo (o equivalentemente, el pico negativo).

De hecho,  $V_{\text{peak}}$  es la mitad de  $V_{\text{peak-peak}}$ . Y  $V_{\text{peak-peak}}$  es  $2 \times V_{\text{peak}}$ .



¿Qué hay de  $V_{\text{rms}}$ ?

Consulte mi siguiente boceto:



$V_{\text{rms}}$  significa voltaje "raíz cuadrada media". Ver [https://en.wikipedia.org/wiki/Root\\_mean\\_square](https://en.wikipedia.org/wiki/Root_mean_square). Si tomamos una serie infinita de mediciones de voltaje a lo largo de la onda sinusoidal y las elevamos al cuadrado, luego tomamos su promedio y luego sacamos la raíz cuadrada del promedio, terminaríamos con  $V_{\text{rms}}$ . Sin embargo, no necesitamos hacer eso. Para una onda sinusoidal perfecta, es posible (pero no voy a estirar mi débil cerebro para esto ahora) demostrar matemáticamente que

$$V_{\text{rms}} = 0,707 \times V_{\text{pico}}.$$

0.707 es  $1 / \sqrt{2}$ . Otra forma de verlo, que encuentro conveniente... es que en realidad queremos el área bajo la curva, para calcular la potencia. Así que imagine que las partes negativas de la onda sinusoidal se invierten (ya que a la carga resistiva no le importa si el voltaje es negativo o positivo con respecto a tierra, solo la magnitud de la diferencia); entonces queremos calcular el voltaje promedio por razones de cálculo de potencia. Imagine que queremos el área sombreada debajo de la onda sinusoidal, y luego la parte superior del pico de cada mitad de la onda sinusoidal, sobre la línea de puntos  $V_{rms}$  en el diagrama anterior, se voltea y encaja exactamente en el valle correspondiente. Tan efectivamente con  $V_{rms}$  calculamos el área bajo la onda sinusoidal. El cálculo (integración) prueba el factor 0.707 pero ya me duele bastante la cabeza, gracias.

Potencia = Voltaje x Corriente.

No queremos preocuparnos por la corriente, así que recordemos la ley de Ohm, que es Voltaje = Corriente x Resistencia; entonces Corriente = Voltaje / Resistencia

Entonces Potencia = Voltaje <sup>2</sup> / Resistencia

(Voltaje <sup>2</sup> significa "Voltaje al cuadrado", es decir, Voltaje \* Voltaje). Aquí, el voltaje al que nos referimos es el  $V_{rms}$  (Root Means Square, voltaje RMS). La resistencia es de 50 ohmios, que es la carga de referencia que usamos en la radioafición por convención. Por lo tanto:

**Potencia =  $V_{rms}^2 / 50$**

También se pueden poner las fórmulas  $V_{rms} = 0.707 \times V_{peak}$  y  $V_{peak-peak} = 2 \times V_{peak}$ , para obtener las fórmulas de potencia equivalentes en términos de  $V_{peak}$  y  $V_{peakpeak}$ :

**Potencia =  $V_{pico}^2 / 100$**

**Potencia =  $V_{pico-pico}^2 / 400$**

¡Eso es todo! Tres fórmulas fáciles. Entiende el voltaje que mediste. ¿Es picopico? O pico? ¿O RMS? Y luego eleva al cuadrado y usa la razón de división apropiada.

## **dBm frente a vatios**

La potencia se cotiza a veces en vatios y, a veces, en dBm.

dBm es la relación de dB entre la potencia en cuestión y 1 mW. Entonces 1mW es nominalmente 0dBm. La fórmula para convertir Watts a dBm es:

Potencia (dBm) =  $10 \times \text{Log}_{10} (\text{Potencia} / 1\text{mW})$

Donde  $\text{Log}_{10}$  es el logaritmo en base 10.

Entonces, por ejemplo, nuestro "galón" QRP común se define convencionalmente como 5 W (es decir, la potencia QRP significa 5 W o menos).

La potencia en dBm es  $10 \times \text{Log}_{10} (5\text{W} / 1\text{mW})$   
=  $10 \times \text{Log}_{10} (5000)$

=  $10 \times 3,70$

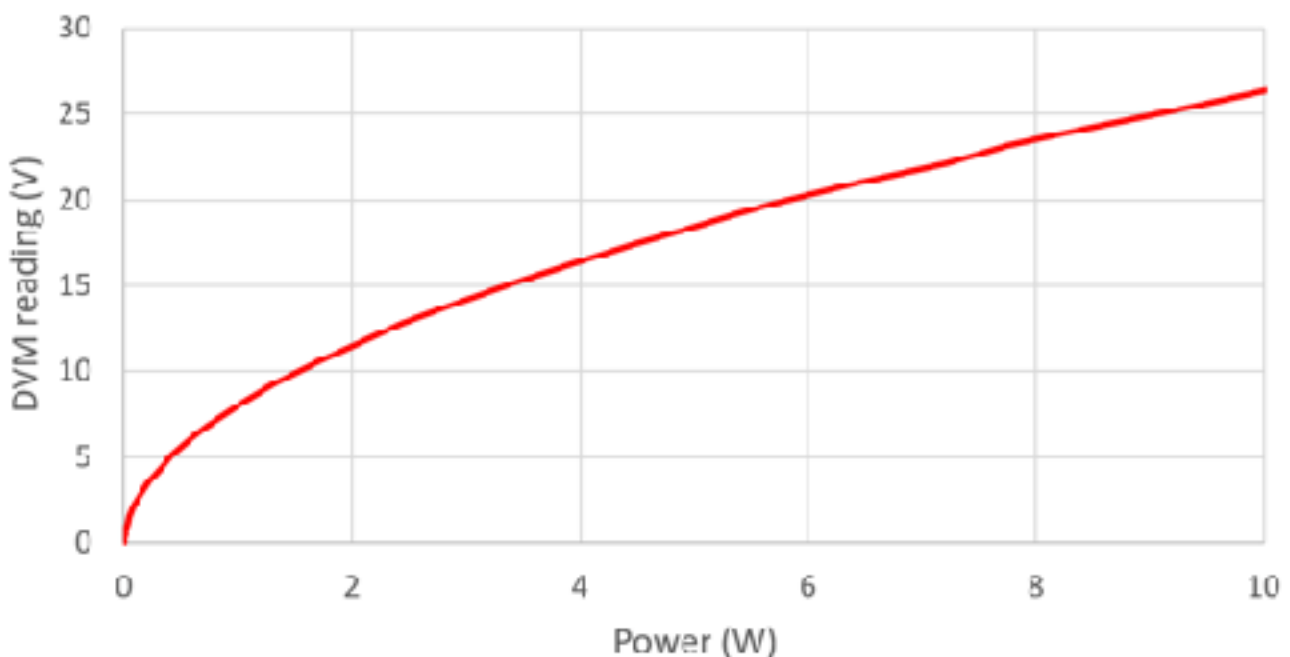
= +37dBm

Por lo general, verá medidas de potencia en dBm citadas con un signo + o - al frente. ¡Esto se debe a que el signo importa! Cualquier potencia inferior a 1mW tendrá un valor negativo cuando se exprese en dBm. Mientras que una potencia expresada en vatios solo puede ser un valor positivo, por lo que no es necesario mencionar el signo. Por ejemplo, un nivel de potencia de 0,1 mW se expresa como "-10dBm".

## Medición de potencia de RF usando un DVM

¡No cualquier DVM, eso sí! Su DVM necesita tener una función RMS. Luego puede leer directamente  $V_{rms}$ , elevarlo al cuadrado y dividirlo por 50 para obtener la potencia. PERO, ¿cuánto confía en la función RMS de DVM? ¿Qué precisión tiene en las frecuencias de radio? ¿Lo sabías?

DVM reading vs Power (0 - 10W)



## Medición de potencia de RF utilizando un detector de RF

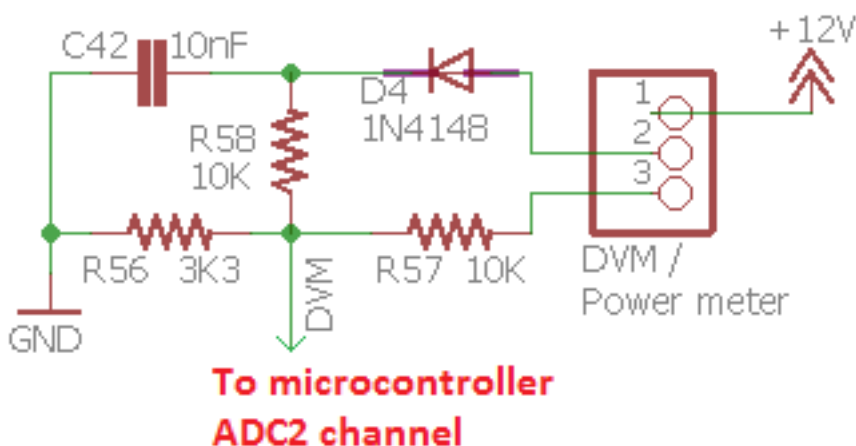
Un detector de RF a menudo consta de un simple diodo y un condensador para detectar y "rectificar" la RF. Eso da como resultado, viendo las cosas de manera simplista, en  $V_{peak}$ . El [transceptor QCX](#) incluye un detector de RF de este tipo. El [Kit de carga ficticia de 50 ohmios de QRP Labs](#) también incluye este tipo de detector de RF (solo la simple adición de un diodo y un capacitor). La RF rectificada resultante es un voltaje de CC y se puede medir con cualquier voltímetro (DVM).

Desafortunadamente, hay muchos problemas con este método, que dan lugar a imprecisiones, cuya magnitud aumenta (ver arriba).

El gráfico (derecha) muestra la medición de una carga ficticia de 50 ohmios de QRP Labs, la lectura de voltaje DVM (CC) correspondiente a la potencia de RF (eje horizontal). Los problemas surgen porque el diodo tiene una cierta caída de voltaje (típicamente alrededor de 0.6V). Todos los diodos tienen una característica diferente de un dispositivo a otro, por lo que es imposible proporcionar un gráfico que sea preciso para todos. Además, la entrada de DVM implicará algo de carga que también puede afectar el resultado.

Sin embargo, muchos medidores de potencia funcionan de esta manera. Solo recuerda, ¿CUÁN EXACTO es? ¿Lo sabías?

## Medición de potencia de RF usando el detector de RF en el QCX



El [transceptor QCX](#) incluye un detector de RF y un menú de medición de potencia. El detector es un simple diodo y capacitor, como se mencionó anteriormente. No es muy preciso, debido a todas las razones mencionadas en la sección anterior. Es sólo una indicación razonable. Una medida aproximada. El [QCX](#) el firmware mide el voltaje máximo y hace su propio cálculo interno de potencia de RF, teniendo en cuenta (algo) la caída de voltaje del diodo.

Si se utiliza la función de medición de potencia de RF, conecte el pin central del encabezado "DVM/Power meter" de 3 pines a la salida de RF, en el conector BNC (la salida del LPF).

**Tenga mucho cuidado de no tocar accidentalmente ningún cable con ningún otro pin cercano, como el encabezado de programación en circuito de 2x3 pines... los voltajes pueden matar fácilmente al microcontrolador ATmega328 y esta es una causa bastante común de falla.**

Hay varios puntos importantes a tener en cuenta sobre el uso del detector de RF en el [QCX](#) para medición de potencia RF:

1. Tengo que decir esto de nuevo, ya que es muy importante: ¡NO espere que los resultados sean muy precisos! Solo tómalos con una pizca de sal. ¡Esta no es una forma muy precisa de medir la potencia de RF!
2. Como se indicó anteriormente, asegúrese de tener una carga ficticia de 50 ohmios conectada a la salida del [QCX](#)! De lo contrario, la medida no tiene sentido.

3. La entrada de este detector de RF solo debe conectarse a señales que no tengan polarización de CC. En otras palabras, acoplado en CA, es decir, un condensador de acoplamiento está en circuito. En el QCX, este es el caso en la salida de RF debido al condensador C29 ([consulte el esquema](#)). Esto significa que la señal está correctamente referenciada a tierra. La línea central de la onda sinusoidal es la misma que la tierra. ¡Sin prejuicios de DC!
4. La escala de las resistencias R56 y R58, que forman un divisor de potencial, es tal que la lectura máxima de este medidor de potencia de RF es de 5,2 W. Si ve 5,2 W en la pantalla, significa "cualquier cosa desde 5,2 W en adelante". Llevó al máximo la entrada del convertidor analógico a digital del procesador.
5. NO conecte el medidor de potencia de RF a ningún otro lugar que no sea la carga ficticia de 50 ohmios/salida de potencia de RF del transceptor. **¡Los resultados no tendrán sentido!**
6. De nuevo: NO conecte el medidor de potencia de RF a los puntos de unión de ninguno de los inductores. La impedancia aquí no es exactamente de 50 ohmios y la lectura será muy imprecisa. ¡TAMPOCO conecte el medidor de potencia de RF a los desagües de los BS170! ¡Aquí la impedancia no es exactamente de 50 ohmios, NI está libre de polarización de CC! Así que los resultados son de nuevo sin sentido.

Así que en conclusión:

- Utilice siempre un [carga ficticia de 50 ohmios](#)
- Solo mida la potencia a través del [carga ficticia de 50 ohmios](#)
- No confíe demasiado (o casi nada) en la precisión de la lectura

## Medición de potencia RF usando un osciloscopio

Un osciloscopio puede ser una de las mejores formas de medir la potencia de RF, porque puede ver directamente la forma de onda en la pantalla y asegurarse de que sea sinusoidal; y puede medir directamente el Vpeak-peak. Los osciloscopios de almacenamiento digital (DSO) modernos incluyen una función para medir y mostrar Vpeak-peak en la pantalla. Eso es muy conveniente.

Asegúrese de utilizar una sonda de osciloscopio x10 para evitar agregar cargas capacitivas e inductivas en paralelo con la carga ficticia de 50 ohmios que pueden distorsionar la medición. La sonda x10 debe compensarse con precisión. La compensación involucra el uso de la salida de prueba del osciloscopio (normalmente 1kHz, 1V de onda cuadrada) y el ajuste del condensador de ajuste en la sonda del osciloscopio hasta que la onda cuadrada sea realmente perfectamente cuadrada sin excesos ni bordes redondeados. Consulte el manual de su osciloscopio.

La clasificación de voltaje de la entrada de su osciloscopio/sonda debe ser fácilmente capaz de manejar los niveles de potencia de QRP. Una salida de potencia QRP de 5 W en 50 ohmios es una onda sinusoidal pico de 45 V que no es un voltaje enorme de ninguna manera. Por lo tanto, la conexión directa de la sonda a la carga ficticia está bien.

Cosas a tener en cuenta:

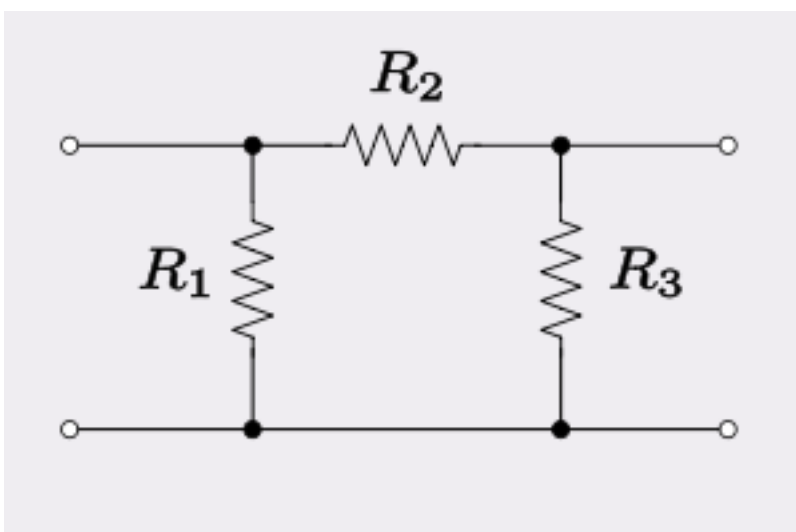
- Nuevamente, TIENES que usar un [buena carga ficticia de 50 ohmios](#)

- Para obtener mediciones precisas, la sonda del osciloscopio x10 debe compensarse con precisión
- Su osciloscopio debe calibrarse con precisión: muchos DSO modernos incluyen una función de autocalibración
- Conozca su osciloscopio... No es imposible hacer un mal uso de un osciloscopio digital y obtener resultados engañosos. Si ajusta la base de tiempo horizontal para mostrar varios ciclos de RF completos en la pantalla, esta debería ser una forma bastante razonable de asegurarse de que todo está bien.
- Asegúrese de que su osciloscopio tenga un ancho de banda adecuado para mostrar correctamente la frecuencia de operación con precisión; hay muchos osciloscopios baratos de eBay/Aliexpress/etc con pequeñas pantallas LCD, con anchos de banda de no más de uno o dos MHz. Si los conecta a su QCX de 40 m (7 MHz), verá algo, pero no espere que sea preciso.

¡El punto del ancho de banda es importante! El ancho de banda se define como el punto donde los amplificadores de entrada del osciloscopio exhiben una pérdida de 3dB (voltaje). En este punto la amplitud medida es el 70,7% de la amplitud real. Por lo tanto, no asuma que si tiene un osciloscopio de 10 MHz, puede medir con precisión un transmisor de banda de 30 m (10 MHz). El ancho de banda del osciloscopio debe ser al menos el doble de la frecuencia operativa, algunos dirían incluso más que eso. Asimismo, para tomar una decisión razonable sobre si la señal es sinusoidal o no, se requiere un osciloscopio que tenga un ancho de banda de 5 o 10x la frecuencia de operación, ya que las distorsiones más probables son los armónicos.

## Medición de potencia de RF usando un analizador de espectro

Si tiene la suerte de poseer un analizador de espectro real, esta es otra excelente manera de medir la potencia de RF.



PERO... ¡Ten mucho cuidado! ¡La entrada de su analizador de espectro, aunque dice 50 ohmios, no está diseñada para medir grandes niveles de potencia! ¡Ni siquiera 5W! La escritura al lado del conector de entrada de RF de mi viejo Advantest R3361C dice "+25dBm MAX". Bueno, +25dBm es solo 0.3W.



Por lo tanto, para poder usar el analizador de espectro para medir la potencia, ¡debe usar un atenuador! El atenuador debe ser capaz de manejar el nivel de potencia que pretende medir, y debe tener suficiente atenuación para que en su salida el nivel de la señal no exceda los +25dBm. Por ejemplo, para nuestro QRP Power de 5W, el atenuador debe ser de al menos 12dB en mi caso (+37dBm - +25dBm = 12dB).

Un buen atenuador es un tipo de red pi ver [https://en.wikipedia.org/wiki/%CE%A0\\_pad](https://en.wikipedia.org/wiki/%CE%A0_pad)

Cuando use un atenuador de entrada de 50 ohmios y un analizador de espectro de entrada de 50 ohmios, NO necesita usar una carga ficticia de 50 ohmios en la salida del transmisor. El atenuador con el analizador de espectro en su otro extremo, hace el papel de carga de 50 ohmios.

Existen numerosos sitios web para calcular valores de resistencia para una red Pi para cualquier nivel de atenuación deseado. Google los encontrará por usted. encontré <https://chemandy.com/calculators/matching-pi-attenuator-calculator.htm> primero. Pero hay muchos, y los resultados son todos iguales.

Al construir un atenuador de red Pi, tenga en cuenta lo siguiente:

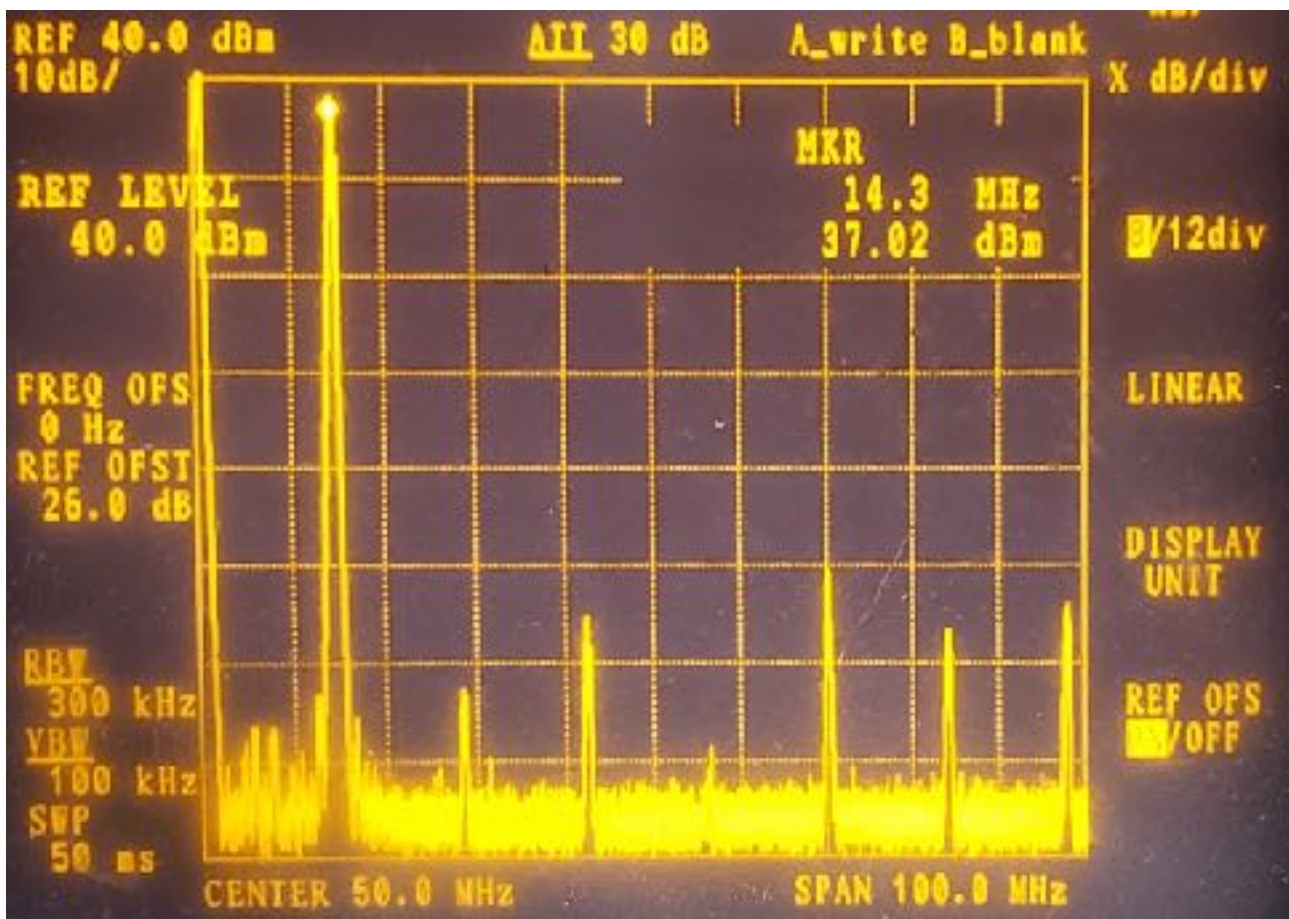
- Calcular para impedancia de entrada y salida de 50 ohmios
- Utilice resistencias con una potencia nominal adecuada para hacer frente a los niveles de potencia esperados
- ¡Asegúrese de usar resistencias de película, NO del tipo bobinado, estas últimas tienen inductancia y la carga ya no será puramente resistiva!
- Si no puede encontrar los valores de resistencia exactos, puede construir valores equivalentes usando una combinación en paralelo o en serie de valores de resistencia comúnmente encontrados.

De hecho, recientemente construí un atenuador de 20dB 5W (diciembre de 2019) y aquí están las fotos para probarlo:

- 
- 
- 
- 
- 

¡Desafortunadamente no estaba contento con los resultados! Si conecto una carga ficticia de 50 ohmios a mi transmisor (QCX), y mire Vpeak-peak en el osciloscopio; luego, si cambio la carga ficticia de 50 ohmios a este atenuador de 20 dB y 5 W, y observo el Vpeak-peak (salida del transmisor) en el osciloscopio. Debería ver el mismo Vpico-pico que antes; esto se debe a que el atenuador de 20 dB funciona como carga de 50 ohmios. Desafortunadamente, NO vi el mismo Vpeak-peak y la diferencia fue suficiente para ser alarmante; esto requiere más investigación, pero sospecho que se debe a que algunas de las resistencias en la carga ficticia están bobinadas y, por lo tanto, presentan una reactancia no deseada además de la resistencia deseada.

**El atenuador del pobre**



Un atenuador rápido y sucio, es solo una resistencia de 1K en serie. Entonces, la configuración es: una carga ficticia de 50 ohmios conectada a la salida del transmisor (que no era, en este caso, un QCX). Luego una resistencia de 1K en serie al analizador de espectro. La resistencia no tiene que ser de alto vataje ya que no disipará mucha energía (en QRP 5W). Esta resistencia más la resistencia de entrada de 50 ohmios del analizador de espectro, hacen 1050 ohmios. En paralelo con la carga ficticia, el resultado es 47,7 ohmios. Está lo suficientemente cerca de 50 ohmios como para que no afecte demasiado el rendimiento del amplificador de potencia del transmisor o el subsiguiente filtro de paso bajo. Entonces es posible calcular (utilizando la aritmética del divisor de potencial) que la resistencia simple de 1K actúa efectivamente como un atenuador de 26dB.

Ahora es posible obtener hermosas trazas del analizador de espectro que muestran los niveles armónicos y el nivel de potencia del fundamental en 14MHz. Podría configurar la "Compensación de referencia" del analizador de espectro a +26dBm de modo que la medición del cursor muestre directamente la potencia de salida. Aquí, +37.02dBm. Muy cerca de exactamente 5W.

Este transmisor muestra niveles realmente bajos de 2.º, 3.º y 4.º armónicos. Los armónicos de orden superior tienden a ser un poco más altos, esto se debe a que en mi configuración de prueba aproximada no se presta mucha atención al diseño de la placa o al blindaje, por lo que en VHF, las señales se filtran por todos lados.

LO MEJOR de todo... cuando medí el mismo transmisor, usando el enfoque del osciloscopio (carga ficticia de 50 ohmios y voltaje pico a pico en el osciloscopio), también dio casi exactamente la misma medida, 5W. Así que me complació mucho que la función de autocalibración del osciloscopio (Siglent SDS 1202X-E, premio de

patrocinador corporativo de la [premio a los héroes caseros 2019](#)), y la función de autocalibración del analizador de espectro, y el cálculo de mi "atenuador de pobre", dieron como resultado un acuerdo consistente entre el osciloscopio y el analizador de espectro. En clara violación de [Ley de Segal \(perdón OM\)](#).

## CALIBRACIÓN

Finalmente, recuerde este punto MUY MUY importante: cualquier medición es tan buena como la calibración de su equipo. Esto se aplica a todo: DVM, osciloscopio, medidor de potencia de RF, analizador de espectro. Incluso si la especificación de un equipo en particular dice "1%" (por ejemplo), debe tener en cuenta y PREGUNTAR, ¿qué tan confiable es esa especificación? ¿Su equipo es de un fabricante conocido y de alta calidad? ¿O lo compró por \$ 5 en eBay sin instrucciones ni herencia? Incluso si es un instrumento calibrado y de buena reputación... ¿cuándo? La calibración se desvía con el tiempo.

Entonces... es difícil estar seguro, ya sea que tenga un resultado preciso o no. Si su instrumento tiene una función de autocalibración, mejor que mejor. Aún así, te preguntas, ¿qué tan precisa es esa función de autocalibración? De todos modos, ejecútalo. Si está utilizando sondas de osciloscopio x10, asegúrese de que estén compensadas con precisión.

En mi caso, ciertamente me ayudó a inspirar confianza cuando pude obtener resultados consistentes entre dos instrumentos diferentes (analizador de espectro Advantest R3361C y [Osciloscopio Siglent SDS 1202X-E](#)).

O... ¿qué le parece construir su propia fuente de señal de calibración? No es tan difícil como suena. Recientemente, me divertí mucho construyendo una fuente de calibración de 7 MHz en una lata de Altoids. Produce una onda sinusoidal de 7MHz con salidas de 0dBm y -60dBm en conectores BNC. 0dBm es 1 milivatio y -60dBm es 1 nanovatio. Hice un video de YouTube al respecto para el [Canal de YouTube de QRP Labs](#), que se puede ver a continuación o haga clic aquí: <https://www.youtube.com/watch?v=732ESoul088>.

Nuevamente, estuve MUY satisfecho con el resultado: mi analizador de espectro Advantest R3361C y mi otro osciloscopio (Owon XDS3102A 100MHz DSO) coincidieron estrechamente en el nivel de salida de 0dBm de 1mW. La salida de -60dBm es demasiado pequeña para medirla en un osciloscopio, pero el analizador de espectro también pensó que estaba bastante cerca de -60dBm (dentro de 1dB).

## Conclusión

Se discutieron los conceptos de medición de potencia de RF. Se describieron varios métodos de medición de potencia de RF (DVM, detectores de RF, medidor de potencia de RF QCX, osciloscopio, analizador de espectro).

Debo enfatizar nuevamente que las mediciones precisas dependen de equipos calibrados con precisión, confiables y de buena calidad. Puede ser muy útil calibrar dos

instrumentos y comparar los resultados, eso realmente eleva los niveles de confianza en la medición. También puede ser útil construir una fuente de señal de calibración para calibrar su equipo.

Y al final... si NO tienes resultados precisos... recuerda, prácticamente hablando al aire, la diferencia es muy pequeña. Su equipo todavía se puede usar bien para el estadio de béisbol y para mediciones relativas del nivel de potencia de RF, que son suficientes en muchos casos.