

Nº13: SONDAS DEMODULADORAS DE RF

Joan Borniquel Ignacio, EA3-EIS, 30-09-03.
Sant Cugat del Vallès (Barcelona) ea3eis@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Las sondas de RF en principio, están pensadas para ser utilizadas con Voltímetros de alta impedancia (10 Mg) con el fin, de extender el margen de frecuencia de estos instrumentos.

La sonda de RF y el cable, forman un solo conjunto que reemplaza los cables ordinarios que se utilizan para las mediciones en CC. Por el hecho, de que la tensión de RF rectificada por dicha sonda demoduladora, es aplicada a la entrada de CC del Voltímetro, es obvio que el selector de Modo, deberá estar también en alguna de las escalas de CC del instrumento al hacer la medición.

Dicho esto, añadir que las lecturas efectuadas, serán de carácter relativo y no absoluto salvo que se trate de una señal de RF de naturaleza sinusoidal pura y exenta de armónicos, solo en este caso, se podrá considerar que el valor ha medir, puede llegar a ser eficaz o rms. También añadir, que si la amplitud de la señal o tensión de pico V_p es demasiado pequeña y además, la respuesta en frecuencia de dicha sonda, no es plana dentro de unos márgenes, tampoco llegaremos a tener una lectura absoluta eficaz o rms sino, una indicación relativa de la existencia de una señal de RF.

DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO

El circuito más utilizado como elemento demodulador de RF, es el rectificador paralelo de cresta, cuyo esquema puede verse en la Figura Nº1. El principio de funcionamiento es el siguiente, el condensador C1, ejerce la función de elemento de paso para la señal de RF y también, de bloqueo para la posible componente continua; el diodo D1 como rectificador de media onda, solo permite el paso de los semiciclos positivos hacia el instrumento medidor de CC; la resistencia R1 y C2 así como, la capacidad inherente del cable coaxial, hacen la función de filtro eliminando la componente pulsatoria de RF, dado que la constante de tiempo RC de ambos elementos, es suficientemente larga el condensador C2, se mantendrá siempre cargado a la máxima tensión que está presente entre los extremos de R2, esta resistencia representa la impedancia de entrada del Voltímetro de CC sobre el cual, está conectada la sonda demoduladora de RF.

En lo que respecta a la lectura V_{rms} , las resistencias R1 y R2, forman un divisor de tensión en cuyos extremos, aparece la tensión máxima rectificada por D1 y el valor de la tensión rms sobre R2 o valor absoluto a medir, se establece variando el valor de la resistencia R1.

Admitiendo de buen principio, que toda señal evaluable debería ser de naturaleza sinusoidal, hay algunas limitaciones más que han sido apuntadas al principio y que creo deberían ser analizadas separadamente para así entender mejor el origen de estos condicionantes, por ejemplo:

Poco rendimiento con señales pequeñas: La causa de esta limitación o poco rendimiento hay que atribuirlo, al aumento de la resistencia dinámica directa del propio diodo rectificador D1 la cual, no es constante pues decrece cuando se incrementa el voltaje directo V_p y se hace mayor al disminuir esta tensión. Esta dinámica de la resistencia directa en el diodo rectificador D1, no es lineal sino, de carácter exponencial y ello obliga a establecer unos límites de señal V_p máxima y mínima dentro de la parte más lineal de la característica de dicho diodo. De manera genérica, esta disminución en el rendimiento ante las señales de RF, ocurre a menos de $1V_p$ en los diodos de Germanio detectores de señal. Ver curva orientativa de respuesta del diodo, en la Figura Nº1

Caída de la respuesta en las frecuencias altas: Hay que buscarla en la naturaleza del propio diodo y también en la construcción de la sonda de RF. Con respecto al tipo de diodo, se hace necesario el utilizar un diodo de puntas de contacto por su baja capacidad (del orden de 1 pF), ello contribuye a minimizar las pérdidas de RF por capacidad parásita del propio diodo, es por esta

razón que se ha utilizado un diodo de Germanio detector de señal. También el situar el circuito rectificador y filtro, en el punto donde se efectúe la medición de manera permanente (sonda de RF); en la fase constructiva, deberán hacerse las conexiones de unión lo más cortas posible. El medidor de CC a distancia, interconectado mediante cable blindado del tipo coaxial y conector BNC.

Limitación con señales máximas: Existe otra limitación que no se ha llegado a comentar como es, la máxima señal de RF Vp admisible la cual, viene condicionada por el voltaje inverso del propio diodo de punta de contacto que suele ser según características, de unos 50 a 75 Vp quedando limitada la utilización por razón de seguridad a 30 Vp. Cave la solución, de diodos conectados en serie para aumentar el margen de trabajo Vp o bien, el utilizar resistencias o capacidades como divisores de tensión y dispuestos, en un compartimento anexo en la entrada del sistema rectificador y filtro. En la Figura N°4, se presenta una sonda demoduladora de RF tipo BNC, atenuación 10:1.

CONSTRUCCIÓN

La construcción de la sonda demoduladora de RF, no presenta ninguna dificultad después de todo lo expuesto, uno de los condicionantes más importantes será, el elemento rectificador y habrá que decidirse, por un diodo de puntas de contacto de Germanio cuya tensión de umbral, es de 0,4 V aproximadamente (en los diodos de Silicio es de 0,7 V), para señales pequeñas es el más indicado, yo utilicé el 1N34, también puede valer otro tipo equivalente, por ejemplo el OA95.

Desde el punto de vista de aplicación, se podría pensar en dos versiones de sondas: El tipo lápiz, aplicable manualmente o bien, el tipo de compartimento, con un conector macho BNC solidario del propio envoltorio metálico. Para la primera versión, utilicé el cuerpo de un bolígrafo tamaño grande y como blindaje interno, plancha de latón en forma de cilindro referenciada a masa. En la segunda versión, se ha utilizado una cajita de plancha de Cu de 0,5 m/m con los lados y conector BNC soldados con estaño, el cierre o acceso mediante tapadera de Al de 1,5 m/m sujeta con tornillos M3. En ambos casos, los envoltorios metálicos actúan de blindaje electrostático.

Los pocos componentes que comprenden estas sondas de RF, se han dispuesto en una placa de fibra de vidrio con terminales remachados y así, poder hacer las uniones soldadas. La fijación de la plaqueta en la versión lápiz, queda ajustada en el interior concéntrico del cuerpo y cilindro de latón procurando, que los componentes no lleguen a tocar la pared metálica. En la versión BNC, la plaqueta de componentes, queda sujeta por dos separadores exagonales y tornillos M3.

La sonda demoduladora de RF tipo BNC, atenuación 10:1, nos permite multiplicar por 10 el margen de trabajo en Vp. Esto se consigue, con un divisor de tensión resistivo dispuesto, en la entrada de la sonda en un compartimento estanco a la RF y anexo al sistema rectificador y filtro, cuyos detalles de construcción, son idénticos a la otra sonda tipo BNC, atenuación 1:1.

El cable de interconexión hacia el instrumento de medición, es del tipo video 75 Ohms VK1 y longitud de 1,10 Metros, con un conector BNC para la conexión al Voltímetro CC de alta impedancia (10 Mg). Pueden verse los detalles de: Características, Esquema Eléctrico de Principio y Curvas de respuesta HF y VHF, en las Figuras N° 2, 3 y 4. También de construcción y acabado en las Figuras N° 5, 6 y 7.

AJUSTE Y COMENTARIOS FINALES

Como se ha indicado, el único ajuste a efectuar en las sondas de RF, consiste en establecer el valor de la resistencia R1 la cual, debe quedar, alrededor de 3 Mg y en función del diodo D1 que se utilice, pues la resistencia inversa de cada diodo, es distinta y puede afectar con toda seguridad, la lectura en Vrms del voltímetro. Al hacer dicho ajuste, acabé montando resistencias en serie y también en paralelo hasta conseguir el valor idóneo. Esta operación final se consigue, partiendo de una fuente de señal de RF, cuya amplitud debe ser constante y conocida, por ejemplo, 1Vrms y también dentro de un margen de frecuencia suficientemente amplio (0,1 a 160 MHz).

Los valores de las capacidades de paso y filtro C1 y C2, deben de ser del tipo cerámico, es suficiente un valor de 470 pF y a ser posible de 500V en lo que respecta a C1, dadas las funciones que debe asumir dicho condensador, de paso y bloqueo de una posible componente continua.

Las curvas de respuesta que se presentan, tanto de la sonda del tipo lápiz, como de la BNC, ambas muestran en HF, un comportamiento bastante plano; en VHF y en la sonda tipo BNC, se da la circunstancia de aparecer, un máximo y un mínimo en las zonas baja y alta respectivamente del espectro de frecuencias, ello es atribuible, a la característica de trabajo del propio Generador de RF cuyo aplanamiento de la señal de salida, está dentro de +/- 0,5 dB según el fabricante. Con respecto a la curva de respuesta VHF en la sonda tipo lápiz, el aumento anormal a partir de 50 MHz, se debe sin lugar a dudas, al sistema de acoplamiento de la sonda con respecto a la fuente de señal, en este caso concreto, se hace mediante pinza o contacto puntual sobre el lugar activo y el retorno a masa, por latiguillo de cable y pinza, como ya es habitual en este tipo de sondas. Por lo tanto, esta versión de sonda, no se puede considerar válida para efectuar mediciones a partir de 50 MHz para arriba.

Después de todo lo que han expuesto otros autores sobre el tema y de esta mi experiencia, puedo pensar, que los diodos de Germanio tipo punta de contacto, son los más indicados para esta clase de aplicaciones cuales son, las sondas demoduladoras de RF.

También es evidente, que el poder efectuar mediciones en RF con cierto grado de precisión no siempre resulta fácil, pues tiene sus condicionantes como ya se ha podido constatar. Espero más adelante, el poder seguir experimentando de manera paralela, con detectores por diodo compensado, sistema muy ingenioso como ya se ha podido ver en trabajos anteriores el cual, permite mejorar la respuesta de estos semiconductores ante las señales de RF de menor amplitud.

Entre tanto, que cada uno pueda sacar sus propias conclusiones de lo que se ha intentado exponer en este reportaje. Será hasta pronto, saludos de Joan, EA3-EIS.

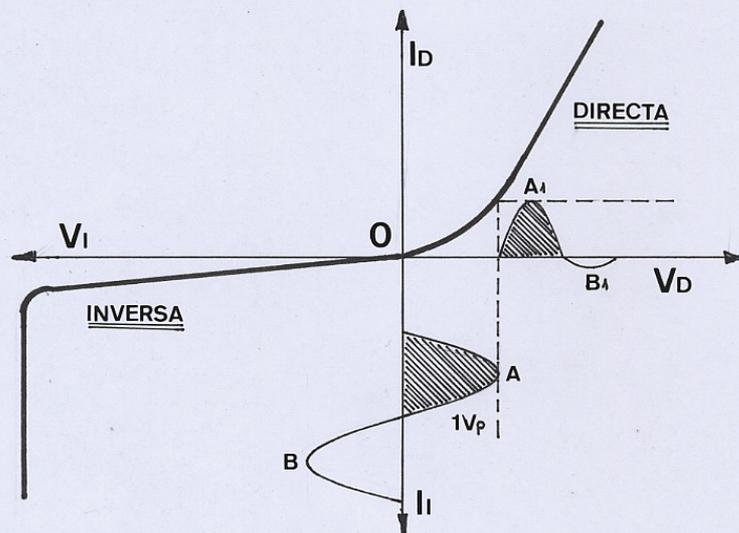
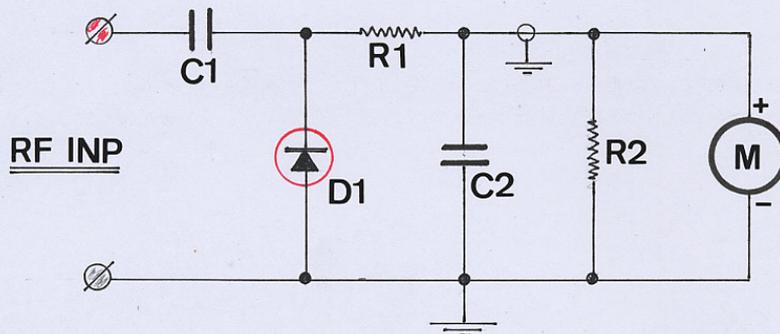
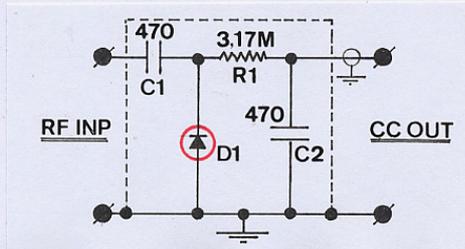


Figura N°1: En la parte de arriba, tenemos el esquema eléctrico de principio, de un rectificador paralelo de cresta. Este circuito, es el que se ha utilizado, en todos los tipos de sondas demoduladoras de RF, que se presentan en este reportaje, destacando por su extrema sencillez y eficacia. De manera resumida puede verse, partiendo de la entrada de RF, el condensador de paso y bloqueo C1 sobre el diodo de germanio D1, las resistencias R1, R2 y C2, ejercen la función de filtro para eliminar la componente pulsatoria de RF y también, de impedancia de carga hacia el voltímetro de CC alta impedancia M. En la parte inferior, la curva de respuesta de un diodo de germanio la cual, pone en evidencia las limitaciones de este tipo de componente al asumir, la función de demodulador de RF con señales de poca amplitud, véase la parte inicial de conducción directa de dicha curva, es de carácter exponencial, lo cual condiciona al hacer mediciones con señales de RF, que la amplitud mínima debe partir de $1V_p$, con tal de conseguir precisión en las medidas, a partir de este punto para arriba, estamos en la parte lineal de la curva, que es lo deseable.

SONDA DEMODULADORA DE RF LAPIZ 1:1



CARACTERISTICAS

- Tipo de sonda : lápiz, atenuación 1:1.
- Voltaje max ent : 30 Vp.
- Voltaje mín ent : 1 Vp.
- Margen de frec : 0,1 a 50 MHz.
- Diodo rectificador : 1N34.

Figura N°2 (A): Esquema eléctrico de principio, de la sonda demoduladora de RF tipo lápiz, atenuación 1:1. Se adjuntan, las características de voltaje de pico Vp y también en la parte inferior, la curva de respuesta en frecuencia HF expresada en MHz y Vrms.

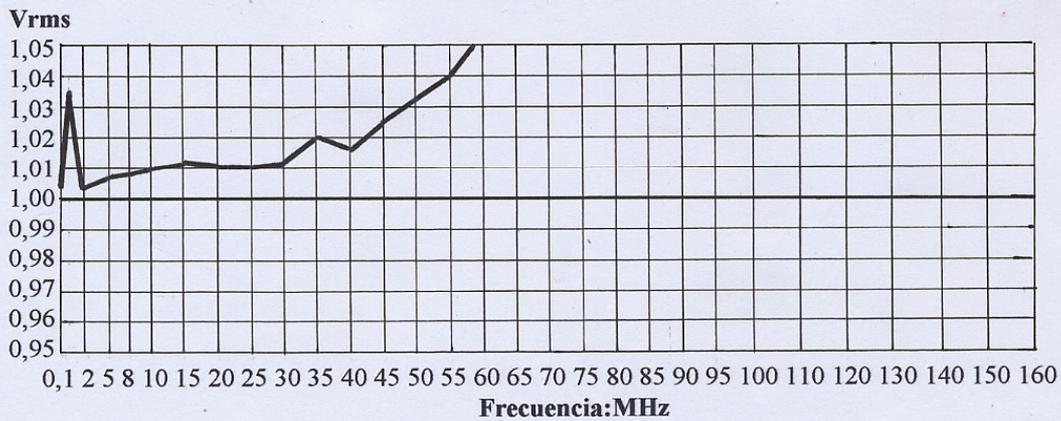
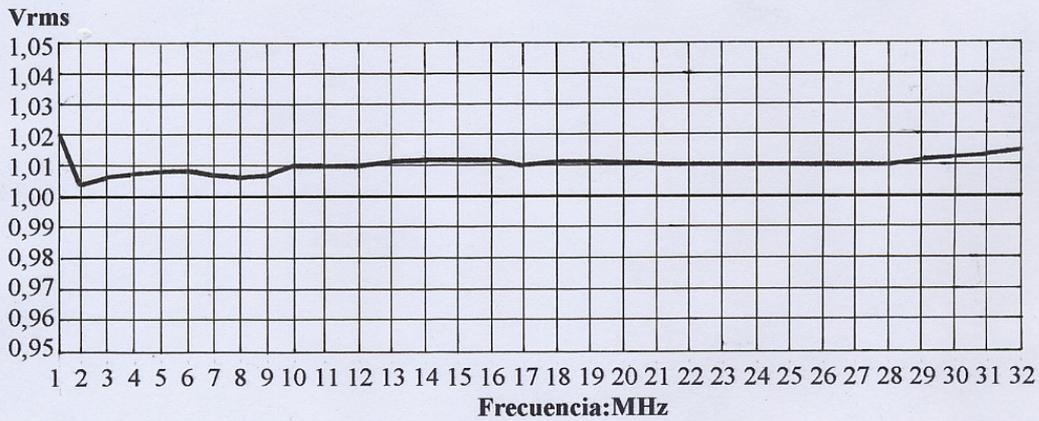
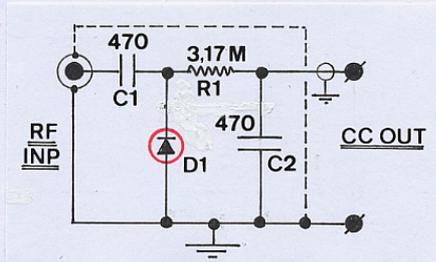


Figura N 2 (B): Curva de respuesta en frecuencia HF y VHF de la sonda demoduladora de RF tipo lápiz, atenuación 1:1. Puede verse el desplazamiento de la señal en Vrms hacia arriba, a partir de 50 MHz. La señal de RF de entrada de 0,1 a 160 MHz, es constante en 1 Vrms sobre 50 Ohms y el voltímetro CC utilizado, es del tipo digital (10 Mg).

SONDA DEMODULADORA DE RF BNC 1:1



CARACTERISTICAS

- Tipo de sonda : BNC atenuación 1:1.
- Voltaje max ent : 30 Vp.
- Voltaje min ent : 1 Vp.
- Margen de frec : 0,1 a 50 MHz.
- Diodo rectificador : 1N34.

Figura N°3 (A): Esquema eléctrico de principio, de la sonda demoduladora de RF tipo BNC, atenuación 1:1. Se adjuntan las características de voltaje de pico Vp y también en la parte inferior, la curva de respuesta en frecuencia HF expresada en MHz y Vrms.

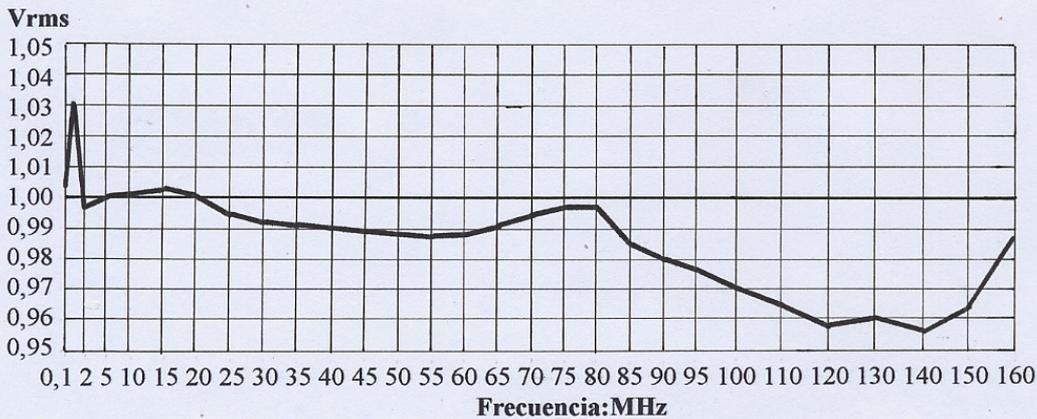
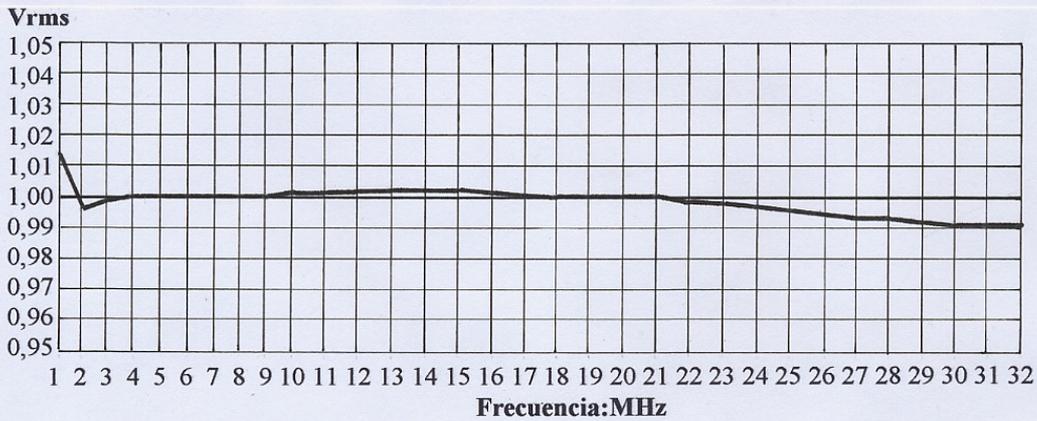
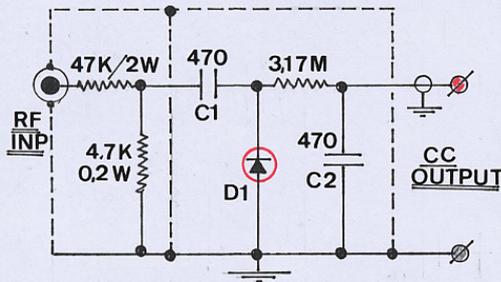


Figura N°3 (B): Curva de respuesta en frecuencia HF y VHF, de la sonda demoduladora de RF tipo BNC, atenuación 1:1. Puede verse la variación de la señal en Vrms, dentro de las especificaciones. La señal de RF de entrada de 0,1 a 160 MHz, es constante en 1 Vrms sobre 50 Ohms y el voltímetro de CC utilizado, es del tipo digital (10 Mg).

SONDA DEMODULADORA DE RF BNC 10:1

CARACTERISTICAS



Tipo de sonda	: BNC atenuación 10:1
Voltaje max ent	: 300 Vp.
Voltaje min ent	: 10 Vp.
Margen de frec	: 0,1 a 160 MHz.
Diodo rectificador	: 1N34.

Figura N° 4 (A): Esquema eléctrico, de la sonda demoduladora de RF tipo BNC, atenuación 10:1. Se adjuntan las características de voltaje de pico Vp, el margen de frecuencia expresado en MHz y el tipo de diodo utilizado. En el esquema, figura el divisor de tensión resistivo, dispuesto en la entrada y ubicado en un compartimento estanco anexo. Las resistencias utilizadas, son de 1 W de disipación. La respuesta en frecuencia, y variación de la señal en Vrms, es igual a la sonda BNC con atenuación 1.1 por lo cual, no se han añadido las respectivas curvas de respuesta.



Figura N° 4 (B): Una vista avanzada de dos sondas demoduladoras de RF ya operativas, la sonda de la izquierda es del tipo lápiz y la de la derecha es del tipo BNC. El cable que se ha utilizado en ambas, es de vídeo 75 Ohms, con una longitud de algo más de un metro, la conexión con el voltímetro CC de alta impedancia, es mediante conector BNC macho. Posteriormente se dan más detalles, tanto constructivos como también de acabado de los tres tipos de sondas.

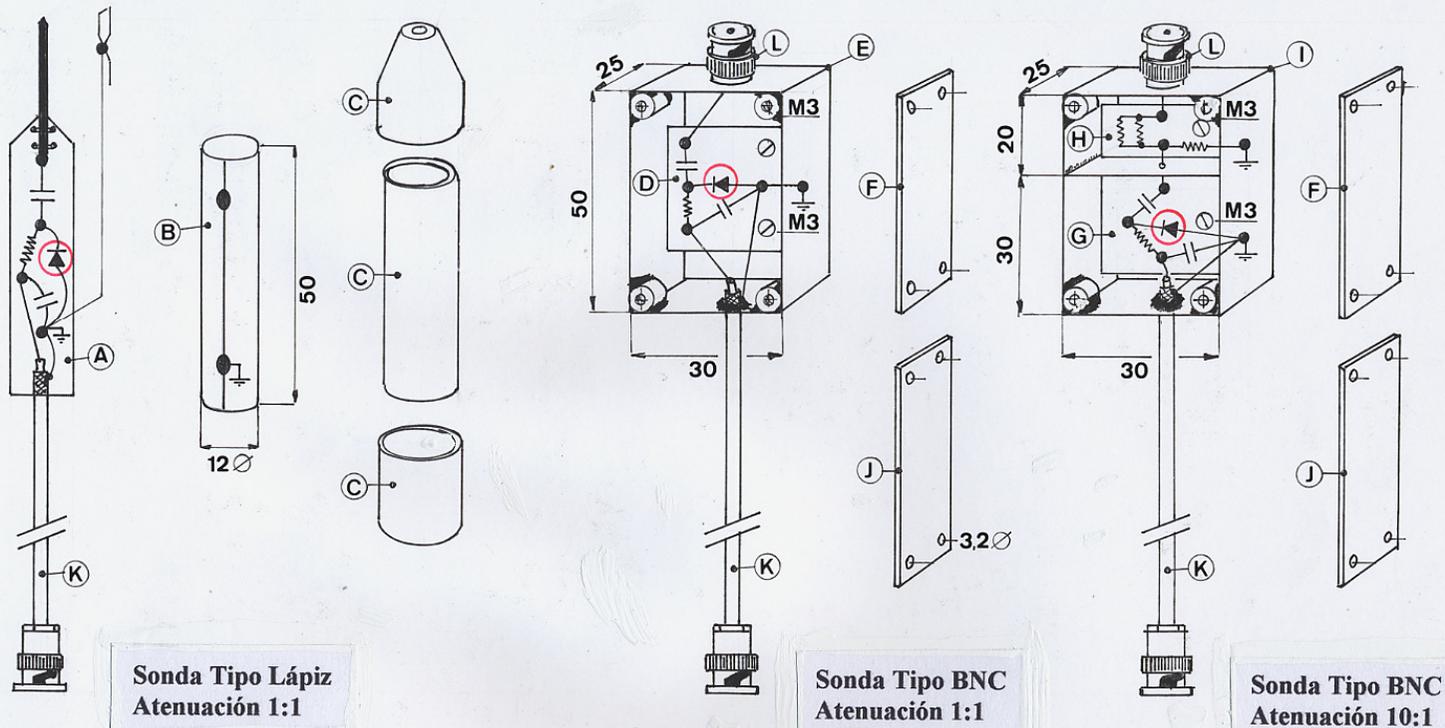


Figura N°5: Sondas Demoduladoras de Radio Frecuencia. Detalles constructivos.

- A: Plaqueta CI, medidas: 12x50x1,5.
- B: Cilindro sold, plancha latón de 0,2.
- C: Cuerpo de bolígrafo tipo grande.
- D: Plaqueta CI, medidas: 25x20x1,5.
- E: Caja soldada, plancha Cu de 0,5.
- F: 2 Tapas Aluminio, 53x33x1,5.
- G: Plaqueta CI, medidas: 25x20x1,5.
- H: Plaqueta CI, medidas: 25x13x1,5.
- I: Caja soldada, plancha Cu de 0,5.
- J: 2 Protectores plástico, 53x33x2.
- K: Cable 75 Ohms y conector BNC.
- L: Conector BNC macho, soldado.

SONDAS DEMODULADORAS DE RADIO FRECUENCIA

Detalles constructivos

EA3-EIS,30-10-03.

Notas: Todas las medidas estan en m/m.
-Los tornillos y tuercas de fijación M3.
-Los separadores soldados son M3.

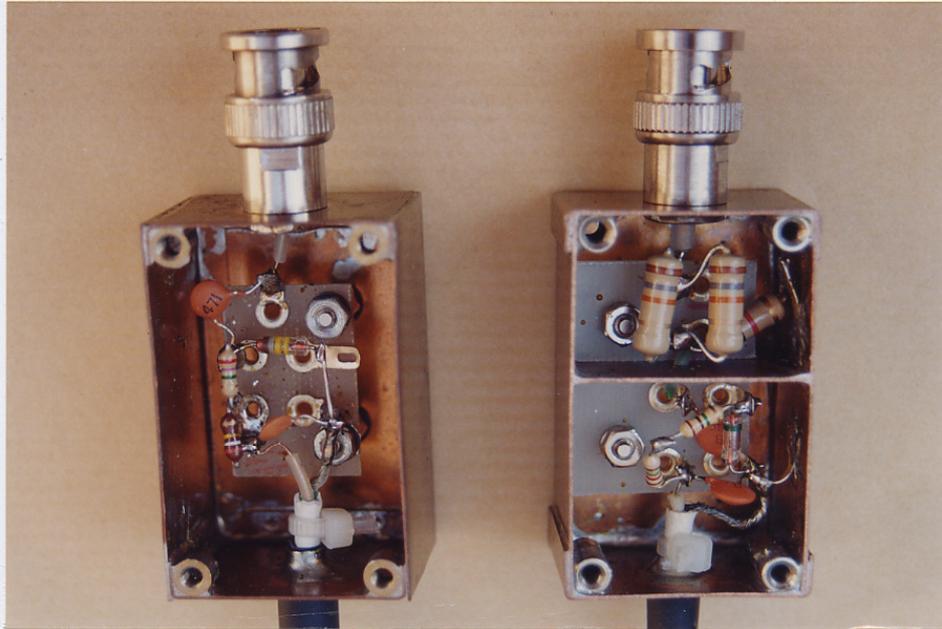


Figura N°6:Vista interior sin la tapa,de las Sondas de RF tipo BNC 1:1 y 1:10.En ambos casos y siguiendo el orden respectivo,véase la caja metálica de Cu con el conector BNC y separadores M3 de fijación soldados.También,las plaquetas de fibra de vidrio que contienen los componentes.La sonda tipo GE 1:10,con red atenuadora separada por tabique de Cu y agujero de comunicación.

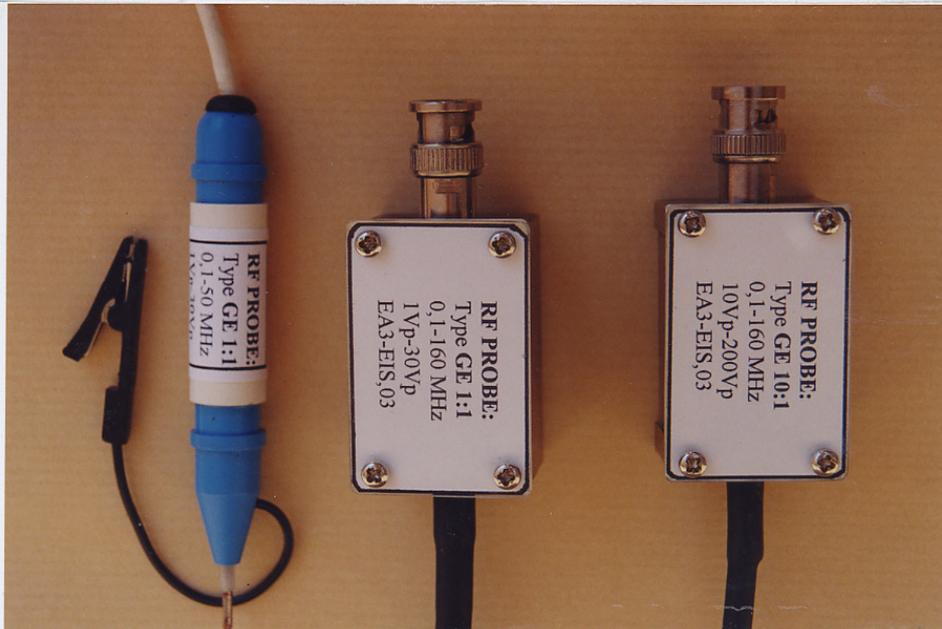


Figura N°7:Vista exterior de las Sondas de RF ya operativas,tipos Lápiz GE 1:1,BNC GE 1:1 y BNC GE 1:10.En las tres versiones,el cable de salida hacia el Voltímetro de CC,es del tipo video 75 Ohms y de 1,10 Metros de longitud.