

DIPMETER

1.- INTRODUCCIÓN.

El avance de la técnica es imparable. Lo que hoy nos parece el último adelanto dentro de muy poco tiempo será sustituido por una nueva tecnología con más prestaciones que dejará arrinconado el anterior equipo o aparato. En el campo de la radio este fenómeno es muy acusado. Cada día se emplean en mayor medida los microcontroladores para realizar las funciones de diversos aparatos de medida, frecuencímetros, generadores sintetizados, adaptadores de impedancias, acopladores de antena, etc. Por esto, puede parecer algo extraño que estas líneas se dediquen a un aparato de medida "analógico" dentro del contexto "digital" que nos rodea. No obstante, hay algunas ocasiones en las que la tecnología "analógica" sigue siendo útil al Radioaficionado que gusta de construir sus propios equipos.

En el presente artículo se describirá la construcción de un importante aparato de medida en el laboratorio del Radioaficionado. Se trata del Medidor de Resonancia, aparato que ha recibido y recibe diversas denominaciones. A lo largo de las siguientes líneas utilizaremos la denominación Dipmeter. Un Dipmeter es, en esencia, un oscilador capaz de funcionar en un amplio margen de frecuencias y en cuyo circuito se encuentra un instrumento que mide la amplitud de la energía de RF generada. Al acercar la bobina del Dipmeter a un circuito resonante sintonizado a la misma frecuencia del Dipmeter, se produce una disminución de la amplitud de la oscilación debido al efecto de resonancia del circuito bajo prueba. Esta disminución es indicada por el instrumento de medida con lo que se puede conocer perfectamente esta frecuencia.

Los primeros Dipmeter equipados con válvulas de vacío han sido conocidos como Grid Dip Meter, GDM, cuya traducción es Medidor por Mínimo de Rejilla. Otra denominación utilizada es Grid Dip Oscillator, GDO, Oscilador por Mínimo de Rejilla. Esto es debido a que el instrumento indicador de resonancia estaba conectado en el circuito de rejilla de la válvula osciladora y al producirse la resonancia, la intensidad de la corriente de rejilla sufría una acusada disminución. Con la llegada de los semiconductores, el término "Grid" ya no es aplicable, por lo que estos instrumentos han pasado a llamarse Medidor de Resonancia, o para abreviar, Dipmeter, que es el término que utilizaremos en lo sucesivo.

Un Dipmeter no debería faltar en el taller del Radioaficionado. Algunas de las operaciones que se pueden realizar con él son las siguientes.

Ajustar circuitos resonantes.

Ajustar bobinas.

Ajustar condensadores variables.

Ajustar antenas.

Sintonizar filtros.

Sintonizar tanques "pi".

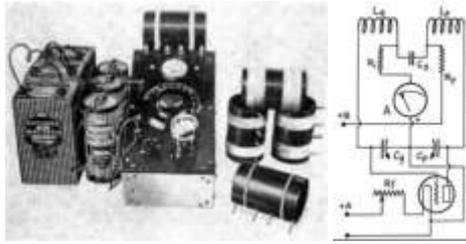
Medir capacidades.

Medir inductancias.

Sirve como oscilador patrón.

Para los que se acercan por primera vez a estas técnicas, la construcción de un Dipmeter es una práctica muy conveniente ya que, aparte de lo que supone el encuentro lleno de enseñanzas con un oscilador, constituye su primera acción de ensayo en la medición y verificación de circuitos oscilantes. Durante la construcción de equipos de radioaficionado, un Dipmeter ahorra muchas molestias y gastos y el montaje de conexiones inadecuadas. Un modelo de este aparato debe ser para todo radioaficionado el primer proyecto constructivo, especialmente para los lectores más jóvenes, cuyos medios materiales son en muchos casos reducidos. Permítaseme pues el consejo de que, ante todo, deben proceder a la construcción de un Dipmeter por sí mismos. Esta autoconstrucción es, no sólo un motivo de enseñanza, sino que les evitará muchos esfuerzos y gastos consiguientes.

Una de las primeras referencias sobre el Dipmeter apareció en la revista QST del mes de Agosto de 1926 en un artículo de W. A. Hoffman titulado "A Grid Meter Driver" y cuya apariencia se puede ver en la figura número uno. En la figura número dos se puede ver su esquema, donde se aprecia que se trata de un montaje de una válvula en configuración Colpitts con alimentación serie.

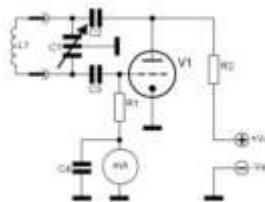


El Dipmeter ha tenido mejoras en su funcionamiento y diseño con el paso de los años. Los modelos equipados con válvulas fueron sustituidos en su momento por circuitos con semiconductores. En las figuras número tres y cuatro tenemos dos modelos de los años 40-50 equipados con válvulas, el segundo un modelo especial para UHF. En la figura número cinco podemos ver un modelo de válvula muy conocido en su momento de la firma Heathkit, en dos colores diferentes. La figura número seis nos muestra otro modelo muy peculiar fabricado por Grundig, también de válvula. En la figura número siete vemos un modelo más reciente de la firma Kenwood y en la figura número ocho tenemos el modelo MFJ-201, posiblemente el único en producción actualmente.



2.- FUNCIONAMIENTO DEL DIPMETER.

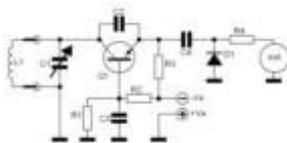
En las líneas anteriores ya se ha indicado someramente el funcionamiento del Dipmeter. En los equipados con válvulas de vacío, la resonancia se observa mediante la disminución de la corriente de rejilla. Esto se logra del modo más sencillo mediante la inserción de un miliamperímetro en el circuito de rejilla, como se puede ver en la figura número nueve, que nos muestra el esquema básico de un Dipmeter con válvula.



La disposición representa un oscilador montado en conexión Colpitts. El miliamperímetro en serie con la resistencia de rejilla R 1, mide el valor de la corriente de rejilla. Aproximando ahora el circuito oscilante del Dipmeter a otro circuito oscilante pasivo en examen, es decir acoplándolo inductivamente a éste, el circuito del Dipmeter cede energía en la resonancia de ambos circuitos. Esta cesión de energía se traduce en una disminución de la corriente de rejilla. Una vez se haya logrado, por sintonización del circuito del Dipmeter, precisar con agudeza el punto de resonancia en función del grado de acoplamiento de ambos circuitos, se acusa una disminución acusada de la corriente de rejilla. Esta disminución recibe en inglés la denominación de "dip".

Cuando el oscilador de un Dipmeter está equipado con un transistor, las cosas suceden de otro modo que con las válvulas. Sería posible también aquí, mediante un miliamperímetro conectado en el circuito de base, determinar la condición de resonancia, pero esta indicación es más pequeña que la presentada en las válvulas y no suficientemente perceptible en todos los casos. El procedimiento más sencillo y practicable con el Dipmeter a transistor consiste en visualizar por cualquier medio la magnitud de la tensión de RF existente en el circuito oscilante. La magnitud de esta tensión de RF constituye un criterio para la definición

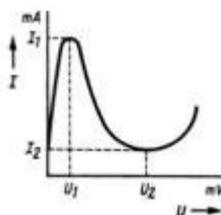
de la posición de resonancia.



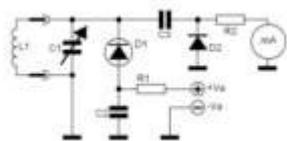
La figura número diez muestra el esquema básico de un Dipmeter con transistor. El oscilador con transistor es excitado en oscilación por su circuito oscilante C1/L1 a través del condensador de realimentación C2. La tensión de RF existente en el circuito se envía mediante el condensador C4 al rectificador D1. La tensión rectificadora se mide sobre el miliamperímetro conectado en serie con R4. Lograda la resonancia entre el Dipmeter y el aparato sometido a examen, se modifica la tensión de RF y con ella también la desviación del miliamperímetro.

En el Dipmeter con transistor, la indicación de la tensión de RF puede ser muy pequeña y por este motivo muy difícil de reconocer con perfección mediante un miliamperímetro. En la práctica se utilizan con frecuencia adecuados dispositivos de amplificación.

Otro dispositivo semiconductor empleado en su momento para la construcción de Dipmeter es el "diodo túnel". Este dispositivo tiene la característica de presentar una zona de resistencia positiva en su curva de conducción que le hace apto para la construcción de un oscilador.



En la figura número once se puede ver esta curva. Al igual que ocurre en un diodo normal, al aplicar una tensión directa al diodo, la intensidad de la corriente es proporcional a la tensión aplicada, hasta un punto, U1, a partir del cual, al aumentar la tensión, la intensidad de la corriente disminuye, hasta el punto U2, donde el diodo túnel vuelve a comportarse como un diodo normal. En este intervalo de tensiones, U1 a U2, el diodo túnel presenta una resistencia negativa, lo que equivale a una ganancia o amplificación, por lo que, conectado a un circuito oscilante, esta resistencia negativa compensa las pérdidas del mencionado circuito resonante con lo que se produce y mantiene la oscilación. En la figura número doce podemos ver el circuito simplificado de un Dipmeter con diodo túnel como elemento activo.



De la misma manera que en el Dipmeter con transistor, en los Dipmeter con diodo túnel se rectifica también la tensión de RF del circuito oscilante que alimenta el dispositivo indicador. El diodo túnel recibe también el nombre de diodo Esaki, en honor del científico japonés descubridor del efecto túnel. Mediante la oportuna determinación del punto correspondiente de trabajo para el diodo túnel, éste actúa según su característica más negativa de resistencia controlando el amortiguamiento del circuito oscilante en forma tal que la disposición alcanza la autoexcitación. La tensión de RF creada en el circuito oscilante es tan baja, que tras su rectificación debe ser amplificada en dos o tres etapas. Sólo entonces es perfectamente reconocible la caída o dip.

En resumen se tiene que, en todas las clases de Dipmeter, en el momento de la resonancia, existe una transferencia de energía desde el oscilador hacia el dispositivo sometido a medición. Esta transferencia de energía se manifiesta por alteraciones de intensidad y de tensión en los osciladores y se mide mediante los dispositivos adecuados.

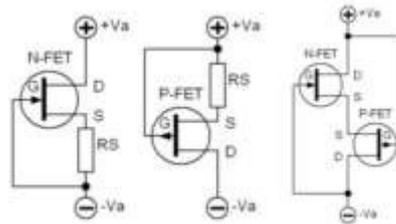
3.- DIODO LAMBDA.

En un anterior artículo ("RADIOAFICIONADOS" Julio - 2002) se hacía un repaso a las características de los Transistores de Efecto de Campo, FET. El lector puede consultar aquel artículo para ampliar conceptos.

Los FET se pueden clasificar en dos clases, los que funcionan en el modo de acumulación y los que lo

hacen en el modo de deplexión. En el modo de acumulación, el FET debe ser polarizado para utilizarlo como amplificador, al igual de lo que ocurre con los transistores bipolares. En el modo de deplexión, el FET debe ser polarizado en sentido inverso para ajustar el punto de funcionamiento, de forma similar al amplificador con válvula de vacío. El FET de unión, o JFET, funciona en modo deplexión y para obtener la adecuada polarización solamente hay que conectar la correspondiente resistencia R_S en serie con el electrodo fuente, como ocurre con las válvulas con la resistencia de cátodo.

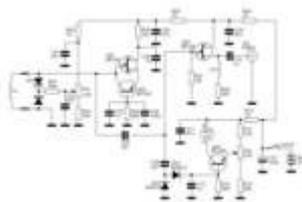
La figura número trece nos muestra un JFET de canal N y un JFET de canal P cada uno con la resistencia de polarización del electrodo fuente. La diferencia entre los dos circuitos está en la polaridad de la fuente de alimentación. En la resistencia de fuente se produce una tensión que se aplica entre "puerta" y "fuente". Debido a la realimentación negativa, la corriente se estabiliza a un valor determinado por el valor de la resistencia R_S .



A continuación sustituimos la resistencia R_S de cada transistor por el otro FET para obtener el circuito de la figura número catorce. Conectados de esta manera los dos transistores interactúan para producir una curva de conducción similar a la de la figura número once, es decir, se comportan como un diodo túnel. A este montaje se le llama "DIODO LAMBDA", con el que es posible construir un oscilador y en nuestro caso un Dipmeter.

4.- DIPMETER.

Con el fin de explorar sus posibilidades de uso, se propone la construcción de un Dipmeter equipado con semiconductores. Se trata de un modelo básico con indicación resonancia mediante miliamperímetro y capaz de funcionar en una banda de frecuencias entre 1MHz y 100MHz, aproximadamente. Las distintas bandas de frecuencia se obtienen con distintas bobinas de fácil construcción, mientras que la sintonía se realiza mediante diodos varicap, más pequeños y de más fácil obtención que los condensadores variables. Dispone de una salida para la conexión de un frecuencímetro y así tener un mejor control de la frecuencia de funcionamiento.



En la figura número quince tenemos el esquema general del Dipmeter. El oscilador está construido alrededor de un diodo lambda, en el que se ha sustituido el FET de canal P por un transistor bipolar de tipo PNP, para tener un funcionamiento más estable en un amplio margen de frecuencias.

La bobina L_x es enchufable para poder cambiar la banda de funcionamiento del Dipmeter. Esta bobina está conectada en paralelo con el diodo varicap D_{01} del tipo BB204. Este varicap está formado por dos secciones y su capacidad varía según la tensión presente en el punto medio del potenciómetro P_{01} que se aplica a través de la resistencia R_{01} , desacoplada por el condensador C_{02} . El condensador C_{01} desacopla la alimentación del potenciómetro P_{01} . La variación de frecuencia obtenida con este montaje no es muy grande y por tanto es necesario un mayor número de bobinas para cubrir todas las frecuencias que se desean.

La resistencia R_{04} establece la polarización de base del transistor Q_{02} y está desacoplada por los condensadores C_{03} y C_{04} , de diferente valor para cubrir un gran margen de frecuencias. La alimentación del oscilador también está desacoplada por dos condensadores de diferente valor, C_{05} y C_{06} , por el mismo motivo.

Mediante el condensador C_{07} se lleva la señal del oscilador a un paso separador compuesto por el transistor Q_{03} y los componentes asociados. Este paso está montado en configuración "seguidor de fuente", con lo que se consigue una alta impedancia de entrada, para no cargar en exceso el oscilador y una baja impedancia de salida, para atacar al frecuencímetro.

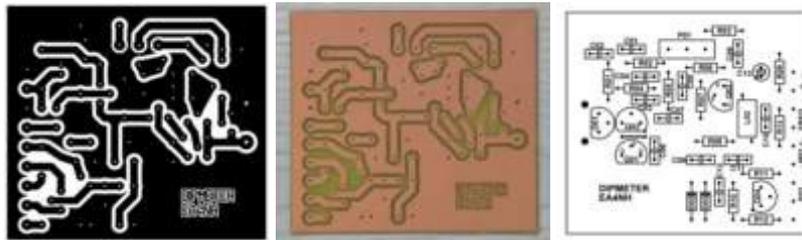
La señal del oscilador se envía, mediante el condensador C08 al rectificador formado por los diodos D02 y D03. La señal de RF rectificada se filtra mediante el condensador C12 y se aplica a la base del transistor Q04 en cuyo colector se encuentra el instrumento de medida. El potenciómetro P02 ajusta el punto de funcionamiento del transistor Q04 para obtener una indicación adecuada. Los condensadores C11 y C13 desacoplan la tensión de alimentación del circuito que se realiza mediante una batería de nueve voltios.

3.- CONSTRUCCIÓN.

Los componentes necesarios para la construcción del Dipmeter son los siguientes.

BAT1	9V
C01	47nF
C02	47nF
C03	1nF
C04	100nF
C05	47nF
C06	1nF
C07	4,7pF
C08	4,7pF
C09	47nF
C10	1nF
C11	47nF
C12	1nF
C13	100pF
D01	BB204
D02	BAR10
D03	BAR10
J01	BNC
L01	VK200
P01	47K
P02	47K
Q01	BF245
Q02	BF324
Q03	BF245
Q04	BC549
R01	56K
R02	10
R03	1K8
R04	56K
R05	1K2
R06	10
R07	1M
R08	560
R09	10
R10	56K
R11	12K
R12	680
R13	10
SW01	1xON

El dipmeter se monta sobre una placa de circuito impreso con unas medidas de 69mm x 62mm y cuyo diseño se puede ver en la figura número dieciséis. En la figura número diecisiete se puede ver el circuito impreso preparado para el montaje y en la figura número dieciocho la situación de los componentes sobre la placa de circuito impreso.



Una vez en posesión de la placa de circuito impreso y el resto de los componentes procederemos al montaje del dipmeter. Como paso previo hay que realizar el puente situado entre los transistores Q01 y Q02. Después colocaremos y soldaremos los diodos D02 y D03, dos diodos Schottky del tipo BAR10. Se ha elegido este tipo por su pequeña capacidad y excelente respuesta en altas frecuencias, aunque también se puede utilizar el tipo más corriente, 1N4148.

Continuaremos con las resistencias, condensadores y resto de componentes. Es preciso tener la precaución de no calentar en exceso los transistores durante la soldadura, para evitar el riesgo de avería. En la figura número diecinueve se puede ver la placa de circuito impreso con todos los componentes montados.



El transistor Q01 es un FET del tipo BF245 que se encuentra fácilmente en el comercio. El otro transistor que forma el oscilador, Q02, es un transistor PNP tipo BF324. Como los transistores PNP son menos corrientes, es posible utilizar otros tipos de transistor en lugar del BF324, como los que se indican en la siguiente tabla.

Tipo	Cápsula	Polaridad	hFE min	hFE max	ft min MHz	Ic max (mA)	VCEO max (V)	Ptot max (mW)
BF324	SOT54	PNP	25	25	450	25	30	300
BF450	SOT54	PNP	50	50	350	25	40	300
BF550	SOT23	PNP	50	50	325	25	40	250
BF824	SOT23	PNP	25	50	450	25	40	250
BF824W	SOT323	PNP	25	25	400	25	30	200

El dipmeter prototipo se ha montado en una caja de aluminio cuyas medidas son 146 mm de largo, 83 mm de ancho y 38 mm de alto. En la parte frontal se han realizado los taladros correspondientes al potenciómetro de sintonía, potenciómetro de sensibilidad, instrumento de medida e interruptor de encendido. La situación y tamaño de estos taladros podrá variar en función de los elementos disponibles, por lo que no se da un plano con medidas concretas. En la parte superior de la caja se ha fijado una carátula con unas divisiones de 0 a 100 para el control de la frecuencia. Al mando del potenciómetro de sintonía, se ha fijado un disco de metacrilato transparente, sobre el que se ha grabado una línea con una cuchilla o cualquier otra herramienta punzante. El diámetro de este disco es un poco mayor que el ancho de la caja, para poder accionarlo fácilmente.

El circuito impreso va fijado directamente sobre el conector DIN hembra, donde conectaremos las distintas bobinas de sintonía. La conexión con el potenciómetro de sintonía se hace mediante tres trozos de hilo de cobre. El instrumento empleado tiene una sensibilidad de 0,5 mA, pero es posible utilizar otro modelo de menor sensibilidad, por ejemplo, 1 mA.

En la parte inferior de la caja se coloca un conector BNC donde podremos conectar un frecuencímetro y así leer directamente la frecuencia del oscilador. Con el conexionado del potenciómetro de sensibilidad y del interruptor de encendido se completa el montaje del dipmeter. En las figuras números veinte a veintisiete se pueden ver distintas fases del montaje del dipmeter.



4.- BOBINAS.

Las bobinas para las distintas bandas de frecuencia se han realizado con tubo de PVC con un diámetro exterior de 16 mm aprox. y un diámetro interior de 12 mm aprox. Para la conexión de las bobinas con el dipmeter se utiliza un conector DIN de 5 contactos hembra en el dipmeter y el correspondiente conector macho en cada bobina. Se utilizan los contactos laterales unidos, tal como se indica en la figura número veintiocho. De esta forma, al utilizar dos contactos en paralelo se asegura un mejor contacto entre la bobina y el dipmeter.



Como ya se ha indicado, la variación de capacidad del varicap BB204 no es muy grande, por lo que el margen de frecuencias cubierto por cada bobina es un poco escaso. Esta circunstancia tiene el inconveniente de que es necesario construir un mayor número de bobinas, pero tiene la ventaja de que la sintonía se hace más precisa. Por otro lado tampoco es necesario construir todas las bobinas a un tiempo y se pueden ir construyendo según se necesiten.

No es posible dar los datos concretos de una bobina para una determinada banda de frecuencias, ya que puede haber variaciones en el montaje que afecten a la frecuencia final de funcionamiento. Para comprobar el funcionamiento del prototipo se han construido ocho bobinas con los siguientes datos.

BOBINA	ESPIRAS	HILO	F. MIN.	F. MAX.
1	160	0,2 mm	1,83 MHz	2,11 MHz
2	90	0,2 mm	2,64 MHz	3,07 MHz
3	45	0,2 mm	4,32 MHz	5,00 MHz
4	25	0,4 mm	7,36 MHz	8,49 MHz
5	10	0,8 mm	18,55 MHz	21,27 MHz
6	5	0,8 mm	30,17 MHz	36,58 MHz
7	2	0,8 mm	53,38 MHz	69,47 MHz

8	1	1,5 mm	80,15 MHz	109,13 MHz
---	---	--------	-----------	------------

Estos datos pueden servir al lector para la construcción de las bobinas adecuadas a sus necesidades. Si se sustituye el diodo varicap por un condensador variable el margen cubierto por cada bobina será mayor y por tanto no será necesario construir tantas. Un valor adecuado para el condensador variable puede ser 100 - 150 pF. Cuanto mayor sea la capacidad del condensador mayor será el margen de frecuencias cubierto por cada bobina pero la sintonía será más crítica. En la figura número veintinueve se puede ver el conjunto de bobinas.



5.- FUNCIONAMIENTO.

La utilización del dipmeter se reduce a acercar su bobina al circuito oscilante del cual queremos conocer su frecuencia de resonancia y girar el mando de frecuencia hasta que la aguja del medidor sufra una deflexión en su lectura, es decir un "dip". Moviendo el mando de sintonía en un sentido y otro, al mismo tiempo que alejamos el dipmeter de la bobina bajo prueba, obtendremos un "dip" de menor intensidad pero más definido. Leeremos la indicación de la escala y consultaremos la tabla que hayamos previamente realizado. Si tenemos un frecuencímetro conectado, leeremos directamente la frecuencia de resonancia del circuito bajo prueba. Si no es posible acercar la bobina del dipmeter, le acoplaremos al circuito oscilante mediante un lazo.

Estos procedimientos han sido descritos con detalle en esta y otras publicaciones, las que puede consultar el lector para obtener información más completa.

6.- RESUMEN.

En el presente artículo se describe la construcción de un Dipmeter, para la comprobación de circuitos oscilantes. Se trata de un circuito experimental, construido con componentes comunes y de fácil localización. La sintonía se realiza mediante diodos varicap en lugar del condensador variable, por lo que el montaje es más compacto. Se dan indicaciones para la construcción de las bobinas, con las que el lector podrá realizar las necesarias para una determinada banda de frecuencias.

El montaje descrito en el presente artículo no ha sido probado en grandes series y, por tanto, no se tiene certeza de que su funcionamiento sea 100% correcto. Solamente se describe la construcción y el funcionamiento del prototipo.

El autor no se hace responsable de posibles derechos de copia. La información para la realización de este montaje procede de diversas publicaciones, libros, revistas, etc., así como de los propios conocimientos del autor.

El autor no se hace responsable de posibles daños y/o perjuicios causados por la construcción y/o uso de este dispositivo, daños personales o muerte, daños a la propiedad, daños al medio ambiente, lucro cesante, pérdida total o parcial de datos informáticos o cualquier tipo de daño que se pudiera derivar del montaje y/o uso de este dispositivo.

No se aconseja el uso de este dispositivo en aplicaciones críticas, como son control de maquinaria peligrosa, control de navegación o tráfico, maquinaria de mantenimiento de vida o sistemas cuyo mal funcionamiento pueda provocar causas o efectos anteriormente mencionados. Este dispositivo no es tolerante a fallos.

El autor declina cualquier responsabilidad, ni se hace responsable de no mencionar a los dueños de las posibles patentes que aquí se pudieran reflejar.

El dispositivo descrito en el presente artículo es un montaje experimental, cuyo propósito es el estudio de los diferentes aspectos de la Electrónica, por tanto, no está destinado a su utilización industrial ni para su explotación comercial en cualquiera de sus facetas.

El autor no efectúa ninguna actividad comercial relacionada con este u otros montajes publicados en esta u otras revistas o publicaciones de cualquier tipo.

El presente artículo y todos los publicados hasta el momento en la revista "RADIOAFICIONADOS", están

recopilados en un [DVD](#) a disposición de quien lo solicite. Se incluyen todos los textos, así como las fotografías, dibujos, gráficos, plantillas de circuitos impresos, etc.

Aunque se ha intentado proporcionar todos los detalles necesarios para la realización del proyecto, es posible que algún aspecto no haya quedado suficientemente desarrollado. Como es natural, con mucho gusto el autor dará cumplida información sobre cualquier detalle no especificado, o cualquier punto en particular que no haya quedado completamente explicado. Buena suerte a todos.

Luis Sánchez Pérez. EA4-NH

Apartado 421, 45080 - TOLEDO

E-mail : ea4nh@ure.es