

Nº05: PUENTE DE MEDIDA L-C

Joan Borniquel Ignacio, EA3-EIS, 30-11-97.
Sant Cugat del Vallés (Barcelona) ea3eis@hotmail.com

INTRODUCCION

Después de haber pasado la experiencia de montar un medidor de inductancia por resonancia serie, apto para pequeñas inductancias con un Q relativamente alto y posteriormente, haber podido constatar, el papel importante que juegan los filtros pasivos L-C para audio frecuencia (AF), en los receptores de conversión directa, me planteé la necesidad de poder comprobar y llegar a medir, inductancias de un valor más bien alto pero con bajo Q, digamos de 1 mH a 1000 mH y además, de las capacidades asociadas que forman parte de estas redes de filtro para AF.

Al empezar el proyecto, me dediqué a repasar la poca literatura que hay sobre puentes de medida excitados por corrientes alternas que en definitiva, es el sistema más simple y asequible desde el punto de vista constructivo y funcional. Una vez tomada esta primera iniciativa, consideré los rangos de medición y las frecuencias de la fuente de señal de excitación del puente, este último factor, condicionado por los valores altos a medir, tanto de inductancia como de capacidad; para ello y de manera previa, efectué varios ensayos que me permitieron establecer dichas premisas.

CARACTERISTICAS

Las características más importantes de este Puente de Medida L-C, son las siguientes:

Rangos de medición L	: tres, de 1 uH a 1000 mH.
Rangos de medición C	: tres, de 10 pF a 10 uF.
Frecuencias de trabajo	: 3 KHz y 30 KHz.
Tipo de escala	: analógica.
Indicación de cero	: por instrumento c/m.
Alimentación	: 220 V CA.
Dimensiones y peso	: 185x175x145 m/m y 1,5 K.

DESCRIPCION DEL CIRCUITO Y CONSTRUCCION

El circuito del Puente de medición L-C, se ha dispuesto de manera modular en la fase constructiva y por lo tanto, consta de las siguientes partes:

Fuente de señal AF
Circuito puente de medición
Amplificador diferencial
Fuente de alimentación

Fuente de señal AF: La fuente de señal AF de 3 y 30 KHz, comprende básicamente un oscilador tipo puente de Wien con un amplificador operacional como elemento activo, esta combinación, nos garantiza siempre una buena forma de onda senoidal, baja distorsión armónica y amplitud constante en la señal de salida. La frecuencia de oscilación, viene determinada por la constante de tiempo de la red selectiva RC: R1, R2, C1, C2, C3 y C4, entre la salida y la entrada no inversora de U1 (LM741). Las dos frecuencias de 3 y de 30 KHz, se seleccionan mediante relé al variar la capacidad respectiva y en consonancia con el rango de medición. El control automático de

amplitud, está compuesto por el divisor de tensión: R3, P1 y la lamparita LP, entre la salida y la entrada inversora de U1; el filamento de LP, actúa como estabilizador de corriente debido a su comportamiento termoresistivo y este lazo de realimentación negativa, hace que la ganancia del sistema, se pueda mantener constante y fraccionalmente por encima de la unidad. A continuación, se indican las frecuencias que corresponden a cada uno de los rangos de medición:

Rangos de Medición	Frecuencias del oscilador AF
0,1 a 10 uF	3 KHz
1 a 100 nF	30 KHz
10 a 1000 pF	30 KHz
10 a 1000 mH	3 KHz
0,1 a 10 mH	30 KHz
1 a 100 uH	30 KHz

La señal que entrega el oscilador AF de potencia limitada, fué necesario el proceder a su amplificación antes de aplicarla al puente de medición para lo cual, se dispone de una etapa complementaria seguidora de emisor, formada por dos transistores Q1 y Q2 (2N2219 y 2N2905) respectivamente, entre esta etapa amplificadora y el oscilador AF, hay un control manual de amplitud de señal Sensitivity que permite variar la sensibilidad del instrumento al hacer las mediciones. Ver Esquema Eléctrico en la figura N° 1.

Circuito puente de medición: El circuito básico de este instrumento, es un puente de Wheatstone el cual, consta de un potenciómetro lineal bobinado de 10 K, su correspondiente mando de accionamiento con índice y escala graduada. Este potenciómetro y su cursor, forman los dos brazos variables del puente o ramas resistivas y por otra parte, la muestra o patrón y el valor incógnita a medir, corresponderían a los otros dos brazos fijos del puente o ramas reactivas LC. Esta disposición, al serle aplicada una señal alterna entre los extremos interconectados de ambos juegos de brazos resistivo y reactivo, hará que el reparto desigual de corrientes que circulan por dichos brazos, produzca un desequilibrio de tensión entre los dos puntos intermedios de control del puente, obligando a alterar la posición del potenciómetro hasta conseguir equilibrar el sistema según el indicador de cero, dando a la vez, el valor del componente bajo prueba en la escala graduada para tal fin. Esta es la filosofía operativa de este instrumento considerado de antaño, como uno de los medios de mayor exactitud al tratar de medir resistencias, inductancias o capacidades.

La señal que proviene de la fuente AF, se aplica al puente de medición, mediante un pequeño transformador de aislamiento T con primario de 45 espiras y secundario con toma media referencial a masa de 22+22 espiras, el núcleo es un toroide apto para AF u de 2000 (FT50-77). Ver Esquema Eléctrico en la figura N° 2.

El hecho de utilizar un potenciómetro bobinado, ha sido por su condición lineal, de precisión y también por la resistencia al rozamiento del cursor por lo tanto, es obvio que deberá ser de la máxima calidad posible. Al confeccionar la escala de medición L-C, partí de patrones de inductancia y capacidad de 1 mH y de 10 nF con el fin de conseguir mayor precisión en las medidas de orden más alto, la precisión de dicha escala con valores L-C más pequeños, no es tan buena por la reactancia asociada del propio potenciómetro y al trabajar con 30 KHz. Otra cuestión que quiero resaltar, es la progresión inversa de las escalas, ello es debido a que la reactancia inductiva aumenta al hacerse más grande la L y la reactancia capacitiva, disminuye al aumentar la C. Las muestras o patrones L-C, están constituidos por valores de inductancias y capacidades que coinciden con el centro de cada una de las distintas escalas. La selección, se hace por relés a tenor de cada rango de medición y partiendo de un selector rotativo de 6 posiciones dos circuitos RANGE, ver cuadro de correspondencia a continuación y también, un detalle de la escala en la Figura N° 3.

Rangos de medición	Muestra o patrón
0,1 a 10 uF	1 uF
1 a 100 nF	10 nF
10 a 1000 pF	100 Pf
10 a 1000 mH	100 mh
0,1 a 10 mH	1 mH
1 a 100 uH	10 uH

Amplificador diferencial y control de cero: La situación de desequilibrio o cero de señal, entre los puntos intermedios del puente de medición L-C, se controla mediante un amplificador diferencial o substractor U2 (CA3140) con una ganancia de 10, alta impedancia y acoplamiento capacitivo en la entrada (1uF); la señal amplificada, se lleva a un rectificador puente de cuatro diodos de Ge (OA95) e instrumento de c/m de 200 uA tipo pequeño el cual, actúa como elemento de control visual de la situación de cero; para evitar la deflexión brusca de dicho instrumento, cuando se da la situación de desequilibrio del puente, es recomendable el disponer un diodo de Si en paralelo con los bornes del instrumento como recortador de la señal excesiva. Ver Esquema Eléctrico en la Figura N° 2.

Fuente de alimentación: La fuente de alimentación comprende, un transformador primario 220 V y secundario de 15+15 V y 0,5 Amp, una doble rectificación de onda completa para disponer de dos tensiones, positiva y negativa con referencia a masa y los correspondientes filtros de aplanamiento del rizado y finalmente, dos reguladores de tensión de +12 y -12 V / 1 Amp. Ver Esquema Eléctrico en la Figura N° 2.

COMENTARIOS FINALES

Dentro de la fase constructiva y de manera genérica, todos los módulos están montados sobre placa Repro-circuit y con separadores exagonales M3 sobre el suppanel interior de Al. Puede verse su disposición, en la Figura N° 4.

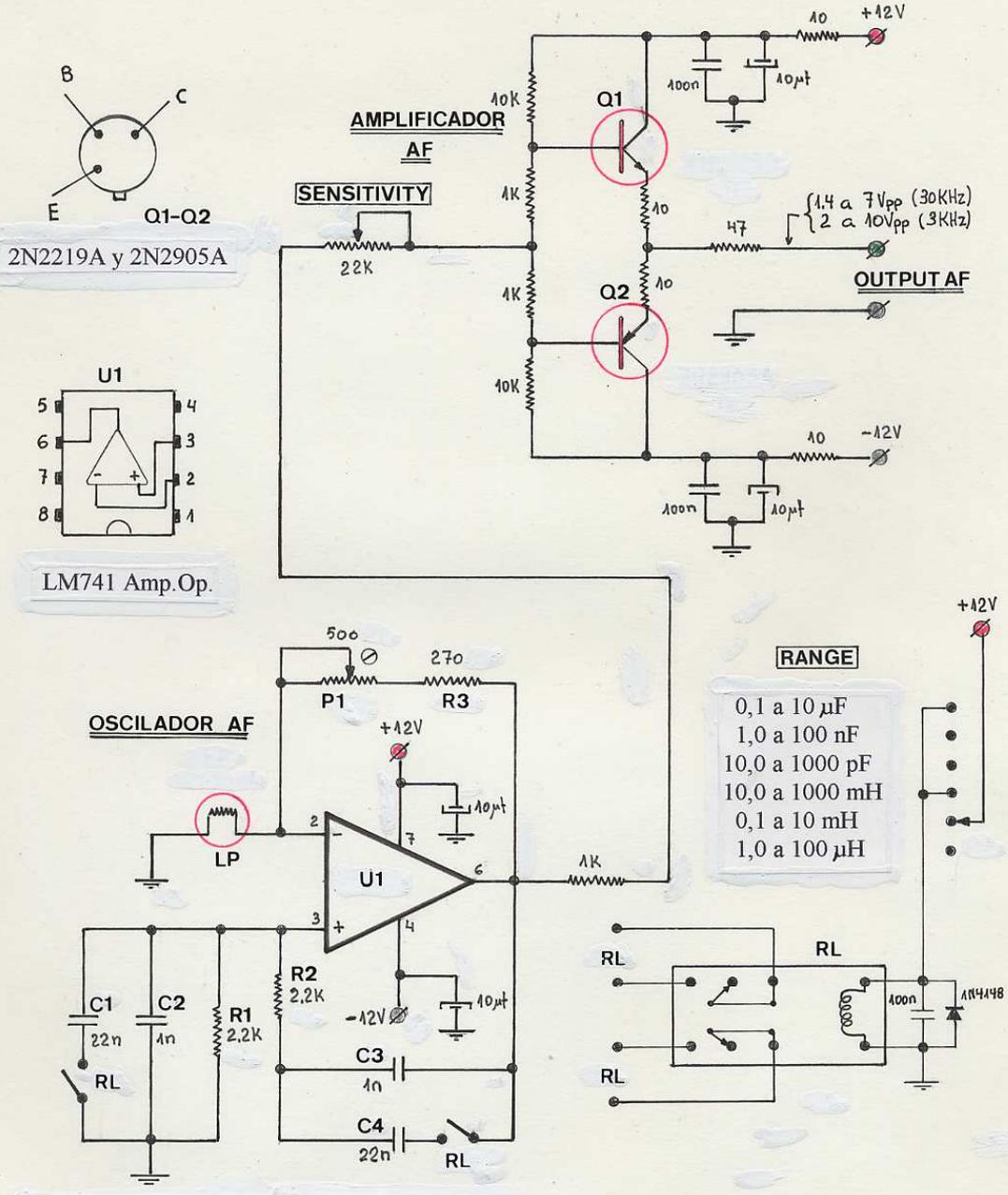
En cuanto al acabado exterior, se ha utilizado una caja del comercio marca Retex en color gris y medidas:185x175x75 m/m, un receptáculo posterior de PVC para el cable de red y una asa del mismo color y procedencia, ello le da un acabado más funcional. Véase la Figura N° 5.

Ya ha pasado un cierto tiempo y llego ha pensar, que aun tratándose de un sistema de medición rudimentario, este instrumento es capaz de mantener su vigencia y continuar teniendo un lugar de aplicación en mi cuarto de radio, confieso que en algunas ocasiones, me ha sido muy útil y además, es de construcción propia, detalle que aporta un valor añadido de orden sentimental.

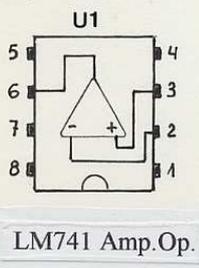
Para finalizar y como recordatorio, solamente indicar que si se trata de medir o de comprobar pequeñas inductancias con un Q más elevado, es preferible utilizar el sistema de medición por resonancia serie que fue publicado en la revista CQ N° 235 Julio del 2003 “Medidor de inductancia y Q relativo”. Al igual que para pequeñas capacidades, hay el sistema de medición por reactancia capacitiva muy simple por cierto, que también se publicó en la revista CQ N° 233 Mayo del 2003 “Capacímetro”. En fin aquí lo dejo, saludos de Joan, EA3-EIS.

BIBLIOGRAFIA

- *Introducción a los amplif op y aplicaciones con CI lineales. LM Faulkenberry. Limusa SA.*
- *Radio Handbook por William I. Orr, W6SAI. Capítulo 31-6. Editorial Marcombo.*



Q1-Q2
2N2219A y 2N2905A



RANGE
0,1 a 10 μF
1,0 a 100 nF
10,0 a 1000 pF
0,1 a 10 mH
1,0 a 100 μH

Figura N° 1: Esquema eléctrico de la Fuente de señal de 3 y 30 KHz.
 - LP: Lámpara tipo telefónico, 12 V / 20 mA.
 - RL: Relé Finder, II inversor, 12 V cc.
 - Notas: Para 3 KHz, C1+C2 y C3+C4 y para 30 KHz, C2 y C3.

PUENTE DE MEDIDA LC
 Fuente de Señal AF de 3 y 30 KHz
 30-11-97,EA3-EIS

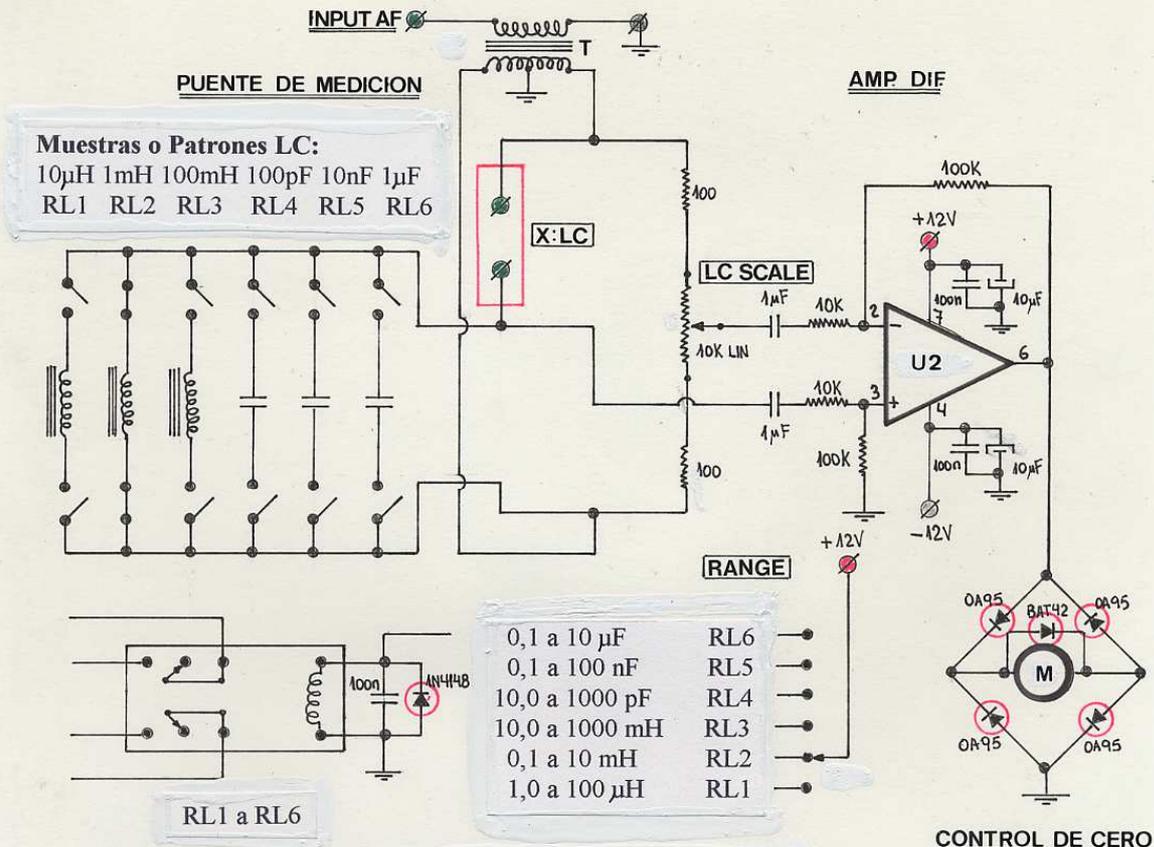
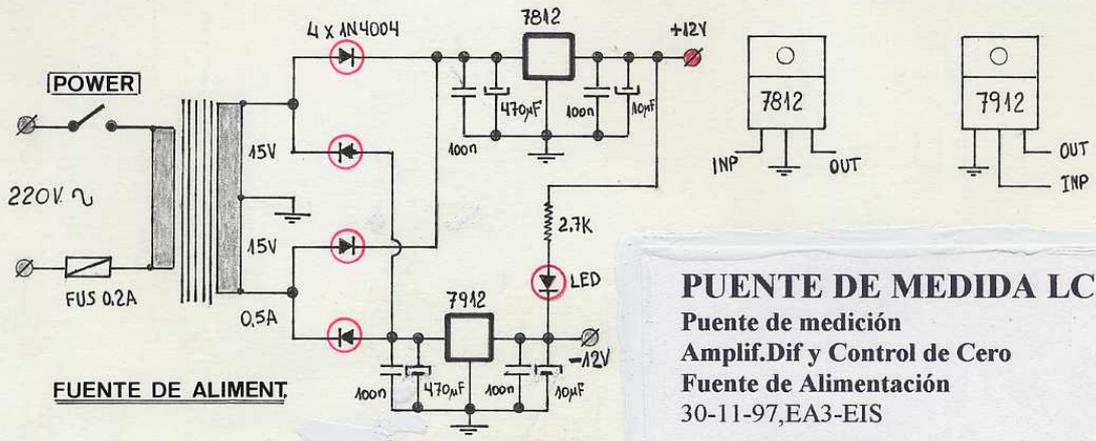
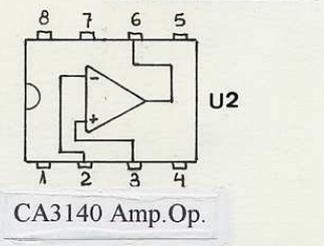


Figura N°2: Esquema eléctrico del Puente de medición, Amplif. dif, Control de cero y Fuente de alimentación.
 - T: Toroide FT50-77, prim 45 e, sec 22+22 e, hi de 0,2.
 - RL1 a RL6: Relés Finder, II inversor, 12 V cc.
 - M: Instrumento de c/m, 200 mA, tipo pequeño.



PUNTE DE MEDIDA LC
 Puente de medición
 Amplif. Dif y Control de Cero
 Fuente de Alimentación
 30-11-97, EA3-EIS

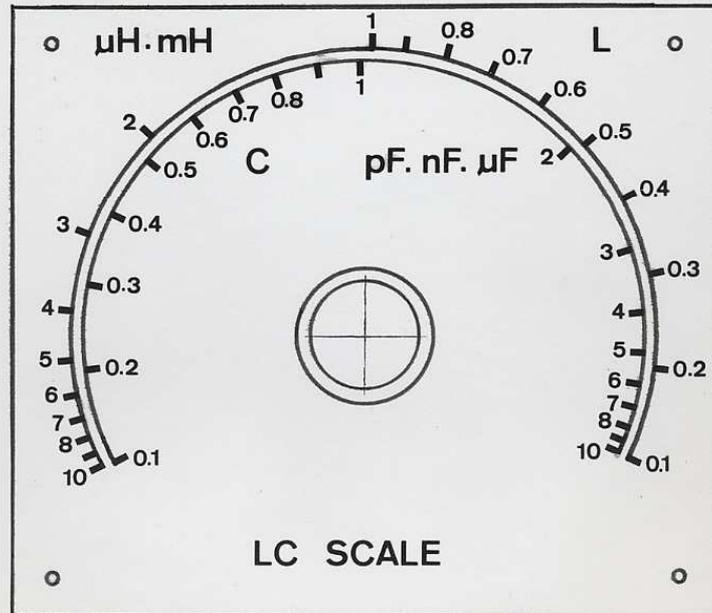


Figura N° 3: Escala de medición LC, comprende dos escalas de 1 a 100. La escala exterior L, corresponde a los valores de inductancia y se expresan según el rango del selector RANGE, en μH o bien en mH. La otra escala interior C, corresponde a los valores de capacidad y se expresan también según la posición del selector, en pF, nF o en μF . Su confección, ha sido un poco laboriosa por tener que partir de componentes de valor estandar del mercado y cuya tolerancia, está dentro del márgen de $\pm 10\%$, tanto en las inductancias como las capacidades.

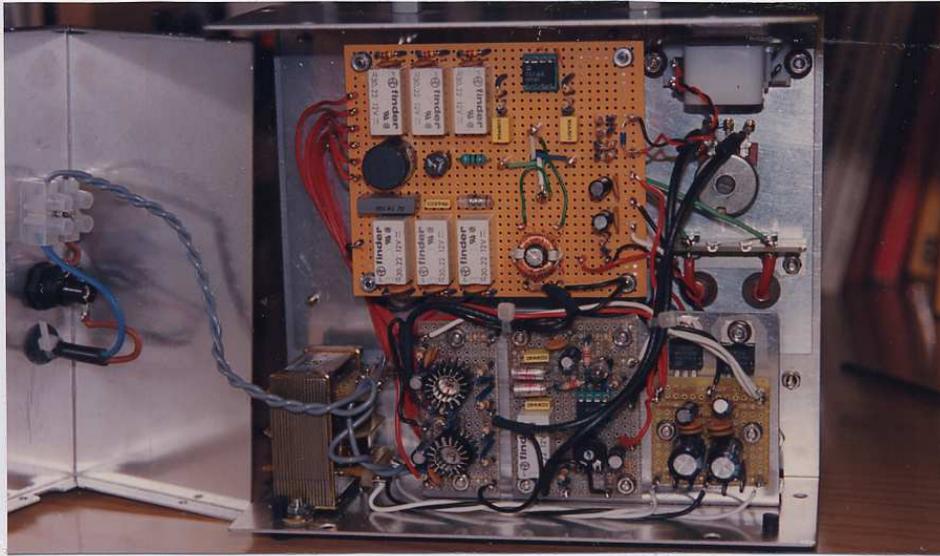


Figura N° 4: Vista interior del Puente de medida LC. Se pueden apreciar en la parte superior, el puente de medición con los relés selectores de los patrones LC, amplificador diferencial U2 y el transformador T1. En la parte inferior y por la izquierda, el trafo de alimentación, amplificador complementario Q1 y Q2, la fuente de señal AF con U1 y el regulador de +/- 12 Volts, estos módulos, sujetos con separadores sobre un soporte de Al solidario de la base de la caja.

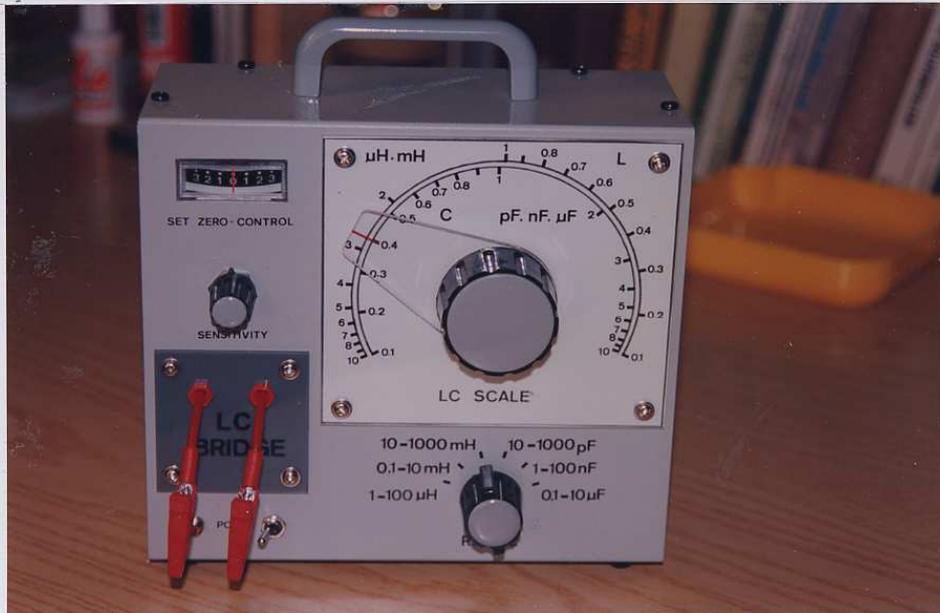


Figura N° 5: Vista exterior del Puente de medida LC. Comprende, la escala de medición con el mando de accionamiento del potenciómetro de 10 K e índice de metacrilato, el selector de rangos RANGE de seis posiciones, el mando POWER con el led asociado, las pinzas o bornes para el componente bajo prueba, sistema que resulta bastante práctico, el mando de sensibilidad SENSITIVITY y el instrumento de c/m como indicador de cero