

MISURATORE DIGITALE DI LCR

Il misuratore digitale di LCR (LCR meter) è uno strumento che trova impiego nei laboratori elettronici di progetto e collaudo; esso permette di eseguire la misura dei parametri incogniti L, C, R e il controllo del valore nominale di un componente passivo, sia esso un resistore R, un condensatore C o un induttore L.

Nei primi due casi la misura è più affidabile di quella condotta rispettivamente con un multimetro o un capacimetro; lo strumento diventa poi indispensabile nella misura di induttanza e del relativo fattore di merito Q.

La presentazione del valore misurato del parametro avviene su un display digitale costituito in genere da almeno 3 cifre e 1/2.

Lo strumento fornisce anche la misura del parametro parassita associato al bipolo equivalente serie o parallelo. In alcuni strumenti il tipo di bipolo utilizzato è determinato automaticamente e la sua rappresentazione compare sul pannello di lettura.

In questo modo l'intera operazione di misura risulta molto semplice, veloce e non richiede particolari accorgimenti o tarature per essere eseguita.

Circuiti equivalenti dei componenti passivi

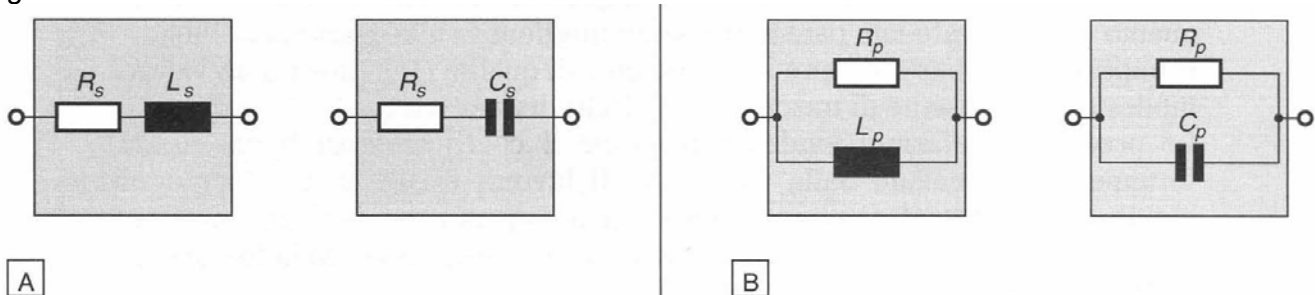
In genere non è sufficiente identificare il comportamento elettrico di un bipolo passivo lineare L, C, R solo con il valore nominale; sono infatti sempre presenti elementi parassiti che possono modificare anche profondamente il comportamento elettrico del bipolo lineare rispetto ad un ipotetico modello ideale.

Considerazioni di tipo tecnologico permettono di creare modelli equivalenti di diversa complessità che tengano conto di uno o più fattori che intervengono nel funzionamento del componente, quale ad esempio la frequenza dei segnali applicati.

L'evoluzione tecnologica ha consentito di ridurre notevolmente gli effetti parassiti e di semplificare di conseguenza la modellizzazione del comportamento del dispositivo.

Pertanto, nella maggior parte delle applicazioni, al componente considerato viene associato un solo parametro che esprime l'effetto principale prodotto dagli elementi parassiti.

I bipoli che rappresentano questi ultimi possono risultare collegati in serie oppure in parallelo all'elemento fondamentale; la configurazione del modello è quindi costituita da una resistenza R_s o R_p e da una reattanza X_s o X_p di tipo capacitivo o induttivo: si perviene quindi a uno dei modelli equivalenti mostrati in figura A e B.



BIPOLO EQUIVALENTE DI UN RESISTORE

L'impedenza misurata ai capi di un resistore è legata alla frequenza di lavoro e agli elementi parassiti insiti nel componente.

Il valore nominale di resistenza, R_s o R_p , è riferito al funzionamento in corrente continua; invece il modello associato comprende anche una reattanza, capacitiva o induttiva, in modo che l'impedenza complessiva risulti dipendente dalla frequenza f o dalla pulsazione $\omega = 2\pi f$ del segnale applicato.

Per elevati valori di resistenza è predominante l'effetto della reattanza capacitiva $X_p = 1/\omega C_p$ dovuta ai terminali del componente, mentre per bassi valori è preponderante la reattanza $X_s = \omega L_s$ determinata dagli effetti induttivi della corrente.

BIPOLO EQUIVALENTE DI UN CONDENSATORE

Nella misura dell'impedenza complessiva di un condensatore si deve tenere conto delle resistenze dovute principalmente alle perdite nel dielettrico e al materiale conduttore con cui sono realizzati i reofori e le armature del componente.

Il valore nominale di capacità determina la reattanza $X_p = 1/\omega C_p$ o $X_s = 1/\omega C_s$ propria del componente.

Nel modello corrispondente si deve inserire una resistenza parassita in parallelo o in serie al condensatore.

Per piccoli valori di capacità è opportuno considerare la resistenza parallelo R_p , mentre per elevati valori la resistenza serie R_s ; infatti si possono determinare apprezzabili transitori di scarica nel primo caso e di carica nel secondo.

Il rapporto tra i valori di reattanza e di resistenza fornisce una misura della qualità di un condensatore; in particolare, per l'equivalenza dei modelli serie e parallelo si può dimostrare che risultano valide le relazioni

$$\frac{R_s}{X_s} = \omega C_s R_s = \frac{X_p}{R_p} = \frac{1}{\omega C_p R_p} = D$$

Il parametro D è denominato fattore di dissipazione o angolo di perdita (*dissipation factor*); in genere il suo valore è molto piccolo, decisamente inferiore all'unità.

BIPOLO EQUIVALENTE DI UN INDUTTORE

Anche per questi componenti l'impedenza complessiva è costituita dalla reattanza induttiva $X_p = \omega L_p$ o $X_s = \omega L_s$ e da una resistenza parassita; quest'ultima tiene conto degli effetti dissipativi che si producono durante il funzionamento dell'induttore.

Nelle bobine dotate di nucleo ferromagnetico questi effetti sono dovuti prevalentemente alle perdite nel nucleo stesso, a causa dell'isteresi o delle correnti parassite di Foucault; in questo caso è opportuno utilizzare il modello equivalente parallelo.

Invece per gli induttori in aria conviene impiegare il modello equivalente serie: in questi componenti l'effetto dissipativo prevalente è dovuto alla resistenza R_s dei reofori e del filo conduttore con il quale sono realizzate le spire della bobina.

L'indice della qualità di un induttore è definito in modo analogo al precedente; si può infatti ancora dimostrare che valgono le relazioni

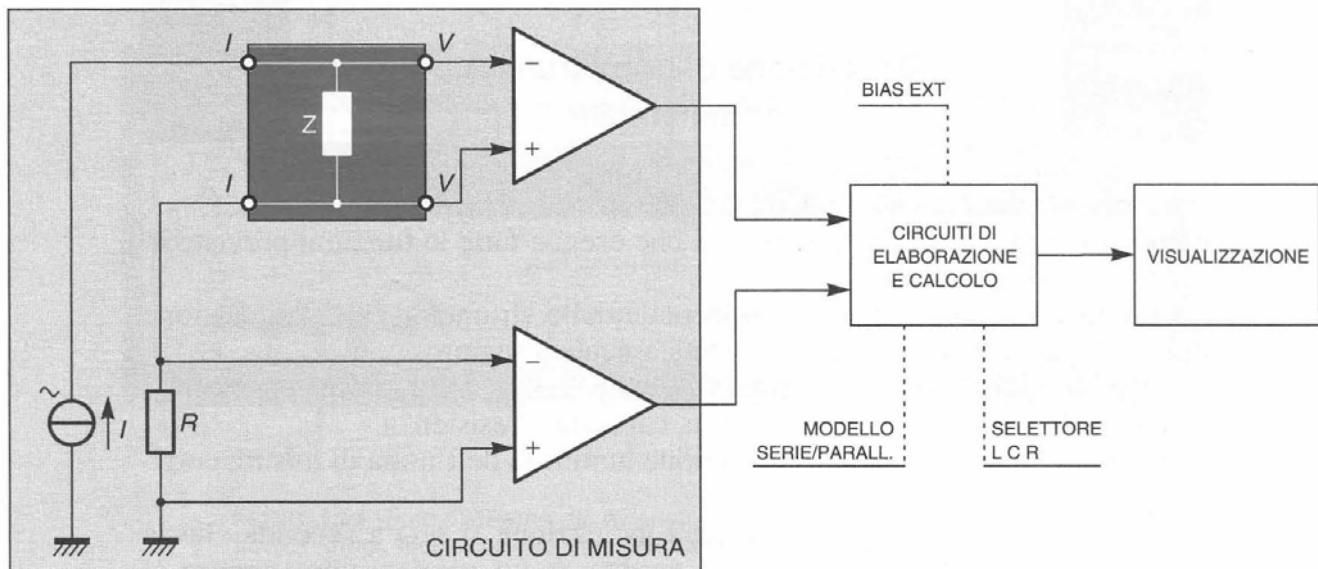
$$\frac{X_s}{R_s} = \frac{\omega L_s}{R_s} = \frac{R_p}{X_p} = \frac{R_p}{\omega L_p} = Q$$

Il parametro Q individua il coefficiente di qualità o di merito (*quality factor*): quanto più è elevato tale parametro, tanto migliore risulta essere la bobina.

E' importante valutare sempre il coefficiente di qualità Q, in quanto un valore modesto non consente di trascurare gli effetti dissipativi. Le precedenti relazioni evidenziano come il coefficiente di bontà risulti fortemente influenzato dalla frequenza di lavoro; esiste tuttavia per ogni induttore un campo di frequenze entro il quale il parametro Q rimane praticamente costante poiché la resistenza parassita varia anch' essa con la frequenza.

Principio di funzionamento

Lo schema a blocchi seguente illustra in linea di principio un misuratore digitale LCR di induttanze, capacità e resistenze. In esso è particolarmente evidente il tipo di collegamento a quattro fili che si deve effettuare per la misura di un bipolo Z passivo lineare.



CIRCUITO DI MISURA

La determinazione dell'impedenza incognita Z viene effettuata ricorrendo al metodo voltamperometrico.

Un generatore sinusoidale fornisce un segnale di corrente che attraversa sia il bipolo Z sia una resistenza nota R .

Il valore della corrente I è quindi determinato in modo indiretto dalla misura di tensione ai capi della resistenza, mentre quello della tensione V è rilevato direttamente ai capi di Z .

Le due misure di tensione effettuate sono riportate all'uscita degli amplificatori differenziali per le successive elaborazioni.

Sotto l'ipotesi che entrambi gli ingressi degli amplificatori differenziali non assorbano corrente si perviene alle relazioni riportate a seguito, nelle quali corrente, tensione e impedenza sono da considerarsi grandezze complesse:

$$V_Z = ZI \quad V_R = RI \quad \rightarrow \quad Z = \frac{V_Z}{I} = \frac{V_Z}{V_R} R$$

È quindi strumentalmente possibile, note R per costruzione e V_Z , V_R per misura, determinare il valore dell'impedenza incognita Z .

Le due coppie di terminali, indicate rispettivamente con I e con V nello schema a blocchi, possono essere distinte oppure associate tra loro per ridurre il numero dei fili di collegamento.

In pratica la connessione fra elemento incognito e strumento si realizza a 2 o 4 fili; quest'ultima risulta conveniente nella misura di piccoli valori di impedenza per rendere trascurabile l'effetto dell'impedenza stessa dei collegamenti.

CIRCUITO DI ELABORAZIONE E CALCOLO

Il blocco comprende una serie di dispositivi digitali e di memorie necessari per l'esecuzione dei calcoli relativi alle misure sul bipolo Z .

Il SELETTORE LCR permette di definire il tipo di componente in prova, mentre il deviatore SERIE/PARALL. stabilisce la configurazione del modello equivalente: in strumenti sofisticati queste regolazioni sono svolte in modo completamente automatico.

L'interruttore BIAS EXT viene impiegato nella misura di capacità dei condensatori elettrolitici per imporre al componente una tensione di polarizzazione nota. Quest'ultima, applicata esternamente allo strumento, simula la tensione continua in genere presente ai capi di tali condensatori durante il loro utilizzo.

VISUALIZZAZIONE

Il blocco di visualizzazione è costituito dai *display* necessari per le letture del valore misurato di L , C o R , del parametro parassita associato, del coefficiente D per i condensatori e del coefficiente Q per gli induttori.

Oltre a questi dati vengono di solito segnalate dall' apparecchiatura altre informazioni riguardanti ad esempio il tipo di modello equivalente utilizzato e le condizioni di prova.

Parametri fondamentali

I principali parametri che determinano la qualità di un misuratore digitale di LCR sono elencati a seguito; i valori tipici indicati sono relativi a uno strumento di medie caratteristiche con *display* a 3 1/2 cifre.

- **Portata** (*measuring ranges*). I valori massimi per questo parametro sono tipicamente 19.99 M Ω per i

resistori, 1999 μ F per i condensatori e 199.9 H per gli induttori.

- **Sensibilità** (*sensitivity o resolution per range*). Rappresenta il valore minimo di *R*, *C* e *L* rilevabile dallo

strumento e assume in genere un valore rispettivamente pari a 1 m Ω , 0.1 pF e 0.1 μ H.

- **Accuratezza** (*accuracy*). Fornisce una misura dell'errore massimo commesso nel rilievo; un valore tipico è 0.25% + 1 digit.

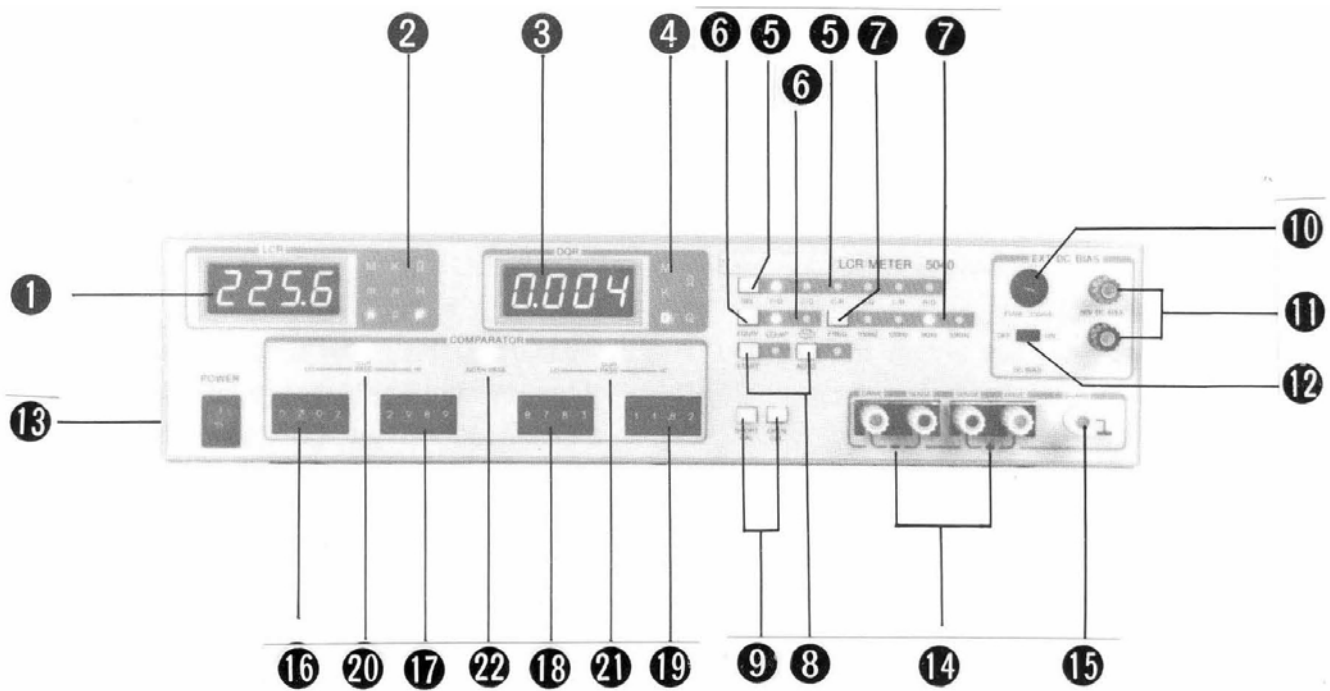
• **Frequenza di misura** (*measuring frequency*). Negli strumenti più economici assume un unico valore fisso, tipicamente pari a 1 kHz; invece in quelli più sofisticati si può scegliere tra una serie di valori, variabili in modo discreto o continuo, consentendo quindi un notevole cambiamento delle condizioni di misura.

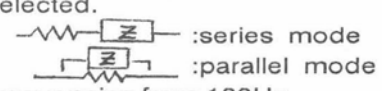
- **DC bias**. La tensione di polarizzazione fornita dallo strumento è di solito fissa a 1.5 V; è anche possibile applicare una tensione esterna variabile in genere nel *range* 0 -; - 30 V.

Strumenti in commercio

Di seguito il pannello frontale dello strumento a disposizione in laboratorio. Maggiori dettagli di funzionamento possono essere letti sul manuale specifico dello strumento (in lingua inglese), oltre a quanto spiegato in laboratorio.

Note operative: accendere lo strumento almeno 10 minuti prima dell'uso; evitare di usare lo strumento in prossimità di disturbi elettromagnetici; evitare di usare lo strumento in ambienti con forti variazioni di temperatura; spesso la scarica di condensatori può essere pericolosa, in alcuni casi anche letale: non toccare con le mani i reofori dei condensatori e seguire una corretta procedura di scarica; non lasciare lo strumento collegato ad una sorgente esterna di tensione continua.



REF NO	NAME	DESCRIPTION
1	Display screen For L,C,R	Shows the LCR primary measured value. Display in 4 digits.
2	Unit indicators For D,Q,R	uH,mH,H for L measurement. pF,nF,mF for C measurement. m ohm,ohm,K ohm for R measurement.
3	Display screen for D,Q,R	Shows the D,Q,R primary measured value. Display in 4 digits.
4	Unit indicators	D is Disspation Factor. It indicates total loss of the capacitor.
5	Function SElect	Selects DUT type. There are 6 LEDs indicating C/D,C/Q,C/R,L/Q,L/R, or R/Q measurement.The left symbol is displayed on the LCR screen,the right is displayed on the DQR screen.
6	EQUIValent	Either the equivalent SERIES or PARALLEL LCR circuit representation may be selected. 
7	FREQUENCY	4 fixed frequencies from 100Hz, 120Hz,1Khz 10KHz(model 5030,5040 only) may be selected.
8	Measure mode key	Auto or manual selection. start of test is initiated by the "START" key in manual mode. Auto mode initiates start at test automatically.
9	Zeroing key	"SHORT" and "OPEN" calibration key the impedance at the DUT test fixture. For best accuracy , repeat the zeroing procedure on a daily basis and with any change to the test fixture.
10	External bias fuse	Current limited at 250 mA for bias Circuit protection.
11	External bias connector	Receives cable for external bias supply. Observe the voltage, current limits and polarity.

12	External bias switch	Slide switch for external bias. ON,OFF. External bias up to 60VDC can be applied to capacitors under test.
13	Power switch	Rocker switch for main POWER ON,OFF.
14	Test unit	A 4 terminal test unit, receives components with radial leads. Kelvin lead set is also available.
15	Guard	Shields against noise and improves accuracy in the test fixture and Kelvin clip lead set.

As follows, for model 5020,5040 only, if the values(L,C,R,D,Q) are not in the set range, the "Hi","Lo" indicators will light. Pass conditions will turn on the "PASS" indicators.

16	Lo limit setup for L.C.R.	
17	Hi limit setup for L.C.R.	
18	Lo limit setup for D.Q.R.	
19	Hi limit setup for D.Q.R.	
20	L.C.R. comparator indicators	LO: under the Lo limit. HI: over the Hi limit. PASS: within range.
21	D.Q.R. comparator indicators	LO: under the Lo limit. HI: over the Hi limit. PASS: within range.
22	BOTH PASS indicator	Both "L.C.R." and "D.Q.R." PASS.