



Das Bild zeigt die Bedienungs- und Anschlußelemente des LCQ-Meters:

Adjust LCD Contrast	Potentiometer zum Einstellen des Display-Kontrastes
UB1 7 – 30 V	Betriebsspannungseingang UB1 über 2,1 mm Hohlstecker, Pluspol auf Stift, 7 bis 30 V unstabilisiert
UB2 5 V	Betriebsspannungseingang UB2 über Mini-USB-Buchse, unbedingt 5 V, höhere Spannung beschädigt LCQ-Meter
UB2 ON / Off / UB1 On	Schalter zur Auswahl der Betriebsspannungsquelle, bzw. Ausschalten des LCQ-Meters in Schaltermittelstellung
L / C DUT	Anschlussklemme für zu testende Induktivität, Kapazität oder Parallelschwingkreis
Reset LCQ-Meter	Reset des Microcontrollers in den Ausgangszustand, gewählter Modus bleibt erhalten
Mode Selection	Aktivierung des Auswahlmenüs zur Modusselektion, Beenden mittels Auswahl des Modus
Select or Calibrate	Falls im Auswahlmenü zur Modusselektion Quittierung des zu übernehmenden Modus, sonst Durchführung einer Neukalibrierung
Toogle Q On / Off	Aktivierung, bzw. Deaktivierung der Gütemessung

### Spannungsversorgung

Das LCQ-Meter benötigt entweder eine unstabilisierte Eingangsspannung im Bereich 7 – 30 V über einen 2,1 mm Hohlstecker, oder alternativ eine stabilisierte Eingangsspannung von 5 V über eine Mini-USB-Buchse. PC etc. stellen in der Regel diese 5 V über einen USB-Anschluss zur Verfügung, so daß ein Standard-USB Kabel zur Spannungsversorgung verwendet werden kann.

**Achtung!** Es findet über die Mini-USB-Buchse keine weitere Spannungsstabilisierung statt. Sollte hier eine höhere Spannung angelegt werden, nimmt das Gerät Schaden. Die Stromaufnahme beträgt max. 200 mA.

### Testobjekt

An der Klemme L / C DUT sind am besten über kurze Silberdrähte zwei Mini-Krokodilklemmen anzuschließen. Diese dienen dann zum Anschluß der zu testenden Induktivität, Kapazität oder des Parallelschwingkreises. Die ca. meßbaren Werte sind den technischen Daten zu entnehmen.

**Achtung!** Dieser Eingang ist nicht potentialfrei. Einer der Anschlüsse ist mit der positiven Betriebsspannung verbunden. Die Testobjekte sind daher immer außerhalb einer Schaltung zu testen. Andere, parallele Messungen müssen potentialfrei zur Betriebsspannungsversorgung durchgeführt werden.

### Hinweise zu Messungen

Speziell bei höheren Frequenzen im L | C-Modus und auch bei Gütemessungen generell haben parasitäre Kapazitäten, Induktivitäten und Widerstände einen hohen Einfluß auf die Genauigkeit der Meßergebnisse. Anschlußdrähte sind daher so kurz und niederohmig wie möglich anzulegen.

### Funktionsprinzip

Alle Messungen (bis auf die Gütemessung) werten die Frequenzänderung eines Oszillators aus, dessen Frequenz unter anderem über das zu testende Bauteil definiert wird. Mit Hilfe von Zu- und Abschalten von Referenzkondensatoren wird eine unbekannte Kapazität, Induktivität oder auch die Kapazität und Induktivität eines Parallelschwingkreises bestimmt. Die Gütemessung wird über eine Auswertung der Hüllkurve des Oszillatorsignals nach dessen Abschalten bestimmt. Es wird daher immer die Güte eines gesamten Schwingkreises gemessen. Die Zusammensetzung des Schwingkreises bestimmt sich über den gewählten Meßmodus.

### Meßmodi

Das LCQ-Meter verfügt über die folgenden Betriebs- und Meßmodi. Diese werden über die Tasten ‚Mode Select‘ und ‚Select‘ ausgewählt. Der gewählte Modus bleibt auch nach Abschalten der Betriebsspannung erhalten. Er wird im internen EPROM des Microcontrollers gespeichert.

C-Modus	Messung von Kapazitäten als Additionsverfahren. Die unbekannte Kapazität addiert sich zu einer gegebenen internen Cfix-Kapazität. Eine interne Induktivität Lfix dient zur Ergänzung des Schwingkreises.
LLfix-Modus	Messung von Induktivitäten als Additionsverfahren. Die unbekannte Induktivität addiert sich zu einer gegebenen internen Lfix-Induktivität. Eine interne Kapazität Cfix dient zur Ergänzung des Schwingkreises.
L-Modus	Messung von Induktivitäten ohne interne Induktivität. Eine interne Kapazität Cfix dient zur Ergänzung des Schwingkreises.
L   C-Modus	Messung von Kapazität und Induktivität eines Parallelschwingkreises

	ohne interne Induktivität Lfix und Kapazität Cfix.
Diag-Modus	Zusätzlich zum gewählten Modus werden interne Parameter angezeigt. Das Display hält bei einem Wert bis mittels ‚Select‘ auf den nächsten Wert geschaltet wird.

### **Anzeige**

Auf dem Display werden je nach gewähltem Modus die Werte der gemessenen Kapazität und Induktivität angezeigt. Zusätzlich wird die Meßfrequenz und ggf. die ermittelte Güte ausgewiesen. Bei der Messung im L|C-Modus werden Kapazität und Induktivität wechselweise angezeigt.

### **Kalibrierung**

Mittels Kalibrierung wird eine interne parasitäre Kapazität bestimmt (und die Güte der internen Induktivität Lfix). Weiterhin kann der Einfluß von Meßleitungen minimiert werden. Es sind 2 Kalibrierungsvarianten zu unterscheiden.

Bei der Messung von Kapazitäten sind die Anschlußklemmen während der Kalibrierung offen zu lassen. Bei allen anderen Modi sind die Anschlußklemmen während der Kalibrierung kurz zuschließen.

### **Messungen**

#### *Messung von Kapazitäten:*

Nach Einschalten des Gerätes ist über die Taster ‚Mode Selection‘ und ‚Select‘ der C-Modus zu wählen. Für die Kalibrierung sind die Anschlußklemmen offen zu lassen. Ein Drücken der ‚Calibrate‘ Taste leitet die Kalibrierung ein. Nach Abschluß der Kalibrierung kann der unbekannte Kondensator an die Klemmen angeschlossen und die ermittelten Werte abgelesen werden.

Ein Zuschalten der Gütemessung über den Taster ‚Toggle Q‘ ist zwar möglich aber nicht sinnvoll, da die Güte der internen Induktivität Lfix um Größenordnungen schlechter ist als die Güte von zu messenden Kapazitäten. Eine Berechnung der Güte der Kapazität kann damit nicht ausreichend genau durchgeführt werden.

#### *Messung von Induktivitäten:*

Nach Einschalten des Gerätes ist über die Taster ‚Mode Selection‘ und ‚Select‘ der LLfix- bzw. der L-Modus zu wählen. Für die Kalibrierung sind die Anschlußklemmen kurzzuschließen. Ein Drücken der ‚Calibrate‘ Taste leitet die Kalibrierung ein. Nach Abschluß der Kalibrierung kann die unbekannte Induktivität an die Klemmen angeschlossen und die ermittelten Werte abgelesen werden.

Sehr kleine Induktivitäten (etwa kleiner 10 uH) sind im LLfix-Modus zu messen, da die geringe externe Induktivität singulär nicht für eine stabile Oszillatorschwingung ausreichen würde.

Größere Induktivitäten (etwa größer 10 uH) können auch im L-Modus ohne Zuhilfenahme der internen Induktivität Lfix gemessen werden.

Ein Zuschalten der Gütemessung über den Taster ‚Toggle Q‘ ist zwar in beiden Modi möglich aber nur für den L-Modus sinnvoll. Da im L-Modus keine interne Induktivität verwendet wird, kann die Güte mit sinnvoller Genauigkeit ermittelt werden. Die verwendeten internen Kapazitäten Cfix haben eine um Größenordnungen bessere Güte als Induktivitäten und beeinflussen das Ergebnis daher wenig.

Eine Gütemessung auch sehr kleiner Induktivitäten (etwa kleiner 5 uH) kann in gewissem Rahmen über einen Umweg der L|C-Messung durchgeführt werden.

#### *Messung von Kapazitäten / Induktivitäten eines Parallelschwingkreises und dessen Resonanzfrequenz:*

Nach Einschalten des Gerätes ist über die Taster ‚Mode Selection‘ und ‚Select‘ der L|C-Modus zu wählen. Für die Kalibrierung sind die Anschlußklemmen kurzzuschließen. Ein Drücken der ‚Calibrate‘ Taste leitet die Kalibrierung ein. Nach Abschluß der Kalibrierung kann der unbekannte Parallelschwingkreis an die Klemmen angeschlossen und die ermittelten Werte abgelesen werden.

Ein Umschalten eines Relais während der Messung ist normal und erforderlich.

Die angezeigte Frequenz entspricht der Resonanzfrequenz des Schwingkreises. Auch ohne Verwendung der internen Kapazitäten und Induktivitäten wirkt dennoch eine parasitäre Kapazität in der Größenordnung von 5 pF – 30 pF. Bei hohen Resonanzfrequenzen ergibt sich dadurch einen entsprechende Abweichung.

Ein Zuschalten der Gütemessung über den Taster ‚Toggle Q‘ zeigt die Güte des Parallelschwingkreises unter Test.

Im L|C-Modus läßt sich auch die Güte kleinerer Induktivitäten über einen Umweg bestimmen. Dazu wird innerhalb der durch die technischen Daten ausgewiesenen Bereiche der unbekanntenen Induktivität ein hochwertiger, geeignet kleiner Kondensator möglichst direkt parallel geschaltet. Dieser neue Parallelschwingkreis wird dann ausgemessen. Bei Verwendung von hochwertigen Kondensatoren (Glimmer oder Styroflex) entspricht die angezeigte Güte praktisch der Güte der Induktivität.

Auch für größere Induktivitäten hoher Güte (Q größer 100) sind mittels dieser Methode genauere Gütewerte zu ermitteln. Die direkte Kopplung von Induktivität zu Kapazität verringert den Einfluß von

parasitären Widerständen der Leitungen, der Leiterbahnen und der Relais. Bei der Messung hoher Güte sind Widerstände im mOhm-Bereich relevant.

### *Anmerkungen zu Messungen*

Generell sollte die Gütemessung erst nach Selektion des Zielmodus und Anlegen der zu messenden Induktivität zugeschaltet werden und nach Ablesen der Werte direkt wieder abgeschaltet werden, vor Abklemmen des Meßobjektes. Die Zeitdauer der Gütemessung ist abhängig von der tatsächlichen Güte und der Meßfrequenz und kann bis zu einige Sekunden Zeit in Anspruch nehmen.

Es ist zu beachten daß die Werte von Induktivitäten und Kapazitäten zum Teil mehr oder weniger stark frequenzabhängig sind. Eine gewünschte Zielfrequenz kann im L | C-Modus durch geeignete Wahl von Parallelkondensatoren erreicht werden.

Diese Frequenzabhängigkeit begrenzt auch grundsätzlich die Genauigkeit einer Induktivitäts- und Kapazitätsmessung nach dem Verfahren der Frequenzänderung. Genauigkeiten im Bereich kleiner +- 5 % sind sehr kritisch zu hinterfragen.

Auch die Güte einer Induktivität ist stark frequenzabhängig und teilweise aufgrund von Resonanzerscheinungen punktuell Änderungen unterlegen. Eine Güteangabe bei einer Frequenz  $f_x$  kann damit nur bedingt auf eine Güte bei der Frequenz  $f_y$  übertragen werden. Genauigkeiten im Bereich kleiner +- 20 % sind sehr kritisch zu hinterfragen.

### **Technische Daten**

Betriebsspannung	UB1 7 V – 30 V UB2 5 V stabilisiert
Stromaufnahme	kleiner 200 mA
Messung Kapazitäten im C-Modus Meßfrequenz	< 1pF bis > 10 nF < 500 KHz
Messung Induktivitäten im LLfix-Modus Meßfrequenz	< 1uH bis > 100 mH < 500 KHz
Messung Induktivitäten im L-Modus Meßfrequenz	< 20uH bis > 100 mH < 1 MHz
Messung Induktivitäten und Kapazitäten im L   C-Modus Meßfrequenz	< 1uH bis > 100 mH < 10pF bis > 10nF < 5 KHz bis > 30 MHz
Gütemessungen im L-Modus	sinnvoll bis etwa $Q < 100$

Gütemessungen im L   C-Modus Frequenzbereich Gütemessungen	sinnvoll bis etwa $Q < 500$ < 5 KHz bis > 10 MHz
Meßgenauigkeit Induktivität und Kapazität	besser +- 5 %
Meßgenauigkeit Güte	besser +- 20 %