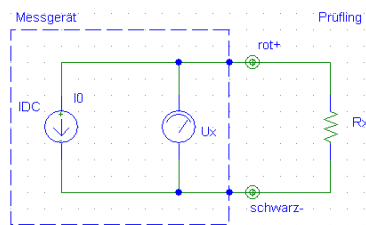


Digitale Messgeräte erlauben die einfache Messung von elektronischen Bauteilen. Dazu wird üblicherweise eine Variante der Strom- Spannungsmessung mit Wechselstrom eingesetzt. Je nach Anforderung und Preis- Leistungsverhältnis des Messgerätes erhält man dabei unterschiedliche Messwerte, die entsprechend zu beurteilen sind.

Widerstandsmessung:

Üblicherweise als DC- Messung, um den ohmschen Anteil (Leitungswiderstand) zu erfassen.

- Prinzip: Konstantstromquelle I_0 an R_x , Spannung U_x wird gemessen und liefert R_x .
 I_0 je nach Messbereich.
- Anzeige: R_x in Ω ($k\Omega$.. je nach Bereich)
- Fehler: Überlastung des Bauteiles, zu kleines U_x verursacht Fehlmessungen.
Beachtung von Übergangswiderständen.
- Sonderform: Durchgangsprüfer (testet auf $R < R_0$, meist ca. 40Ω , relativ großer Messstrom)
Diodenprüfer (Messspannung meist ca. 3 VDC, Diodenstrecken leiten, angezeigt wird die Schwellspannung)



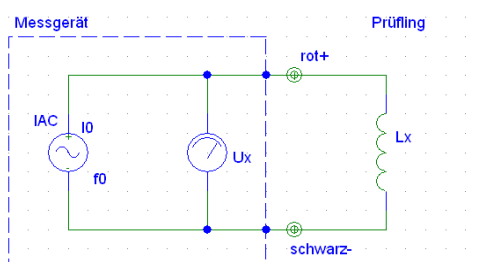
$$R_x = \frac{U_x}{I_0}$$

- Hinweis: Die Messung erfolgt bei meist sehr kleinen Spannungen bzw. Strömen. Für eine Messung im Arbeitspunkt eines Messobjektes ist die Strom- Spannungsmethode anzuwenden.

Einfache Induktivitätsmessung:

AC- Messung, Erfassung des Scheinwiderstandes. Wird in einfachen DMM angewendet.

- Prinzip: Konstantstromquelle I_0 mit Frequenz f_0 an L_x , Spannung U_x wird gemessen und liefert L_x . I_0 und f_0 je nach Messbereich. Spezielle Messgeräte erlauben die L- Messung mit überlagertem Gleichstrom (Vormagnetisierung).
- Anzeige: L_x in H, mH je nach Bereich
- Fehler: zu kleines U_x verursacht Fehlmessungen, magnetische Einstreuungen können durch Induktion eine falsche Spannung U_x vortäuschen. Bei dieser Messung ohne Güteerfassung sind bei Induktivitäten mit hohem Wicklungswiderstand bzw. bei hohen Eisenverlusten Fehlmessungen möglich. Die Messung von Induktivitäten mit Eisen- oder Ferritkernen liefert vom Arbeitspunkt (I_0 , f_0) abhängige Werte, d.h. die Messwerte sind je Messbereich oder Messgerät verschieden.



$$L_x = \frac{U_x}{2 \pi f_0 I_0}$$

RLC- und Impedanz- Messung

Exakte Induktivitätsmessung:

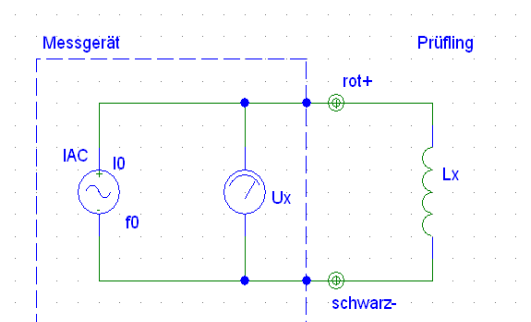
AC- Messung, in speziellen L- Messgeräten wird der induktive Anteil und der Widerstandsanteil (meist Güte- Messung $\tan \delta$) kombiniert gemessen.

Prinzip: Konstantstromquelle I_0 mit Frequenz f_0 an L_x , Spannung $\underline{U}_x$ wird in Betrag und Phase gemessen und liefert $\underline{Z}_x$. I_0 und f_0 je nach Messbereich eingestellt.

Spezielle Messgeräte erlauben die L- Messung mit überlagertem Gleichstrom (Vormagnetisierung).

Anzeige: L- Wert und Güte Q, L- Wert mit $\tan \delta$ oder L mit R (Serienschaltung)

Fehler: zu kleines U_x verursacht Fehlmessungen, magnetische Einstreuungen können durch Induktion eine falsche Spannung U_x vortäuschen. Die Messung von Induktivitäten mit Eisen- oder Ferritkernen liefert vom Arbeitspunkt (I_0 , f_0) abhängige Werte, die Messwerte sind je Messbereich oder Messgerät verschieden.



$$\underline{Z}_x = \frac{U_x}{I_0}$$
$$\underline{Z}_x = R_x + j \cdot X_{Lx}$$
$$L_x = \frac{X_{Lx}}{2 \cdot \pi \cdot f}$$
$$\tan \delta = \frac{R_x}{X_{Lx}}$$
$$Q = \frac{1}{\tan \delta}$$

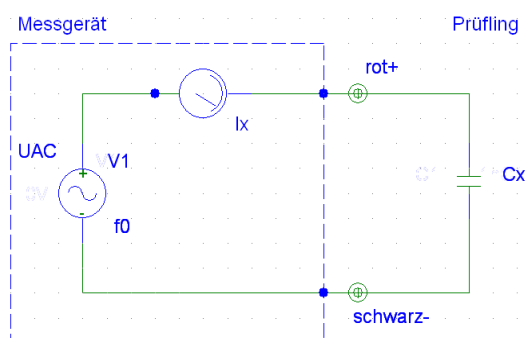
Einfache Kapazitätsmessung:

AC- Messung, Erfassung des Scheinwiderstandes. Wird in einfachen DMM angewendet.

Prinzip: Konstantspannungsquelle U_0 mit Frequenz f_0 an C_x , Strom I_x wird gemessen und liefert C_x . U_0 und f_0 je nach Messbereich. Spezielle Messgeräte erlauben die C- Messung mit überlagerter Gleichspannung (für gepolte Kondensatoren).

Anzeige: C- Wert in F

Fehler: zu kleines I_x verursacht Fehlmessungen, hochfrequente Einstreuungen, Streukapazitäten der Messleitungen und des Aufbaues bei kleinem C_x beachten. Bei Messung von Kapazitäten mit niedrigem Isolationswiderstand bzw. bei hohen dielektrischen Verlusten sind Fehlmessungen möglich. Die C- Messung ist normalerweise vom Arbeitspunkt (U_0 , f_0) weitgehend unabhängig.



$$C_x = \frac{I_x}{2 \pi f_0 U_0}$$

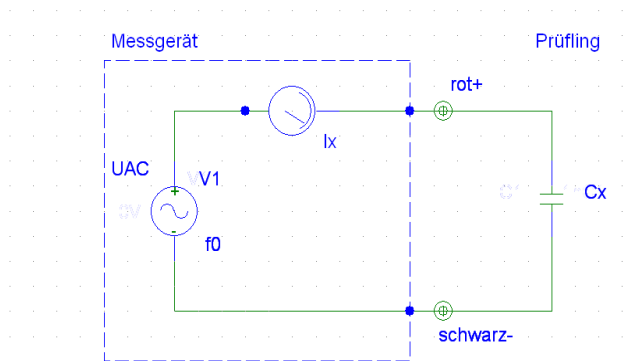
Exakte Kapazitätsmessung:

AC- Messung, in speziellen C- Messgeräten wird der kapazitive Anteil und der Widerstandsanteil (meist Güte- Messung $\tan \delta$) kombiniert gemessen.

Prinzip: Konstantspannungsquelle U_0 mit Frequenz f_0 an C_x , Strom I_x wird gemessen und liefert C_x . U_0 und f_0 je nach Messbereich. Spezielle Messgeräte erlauben die C- Messung mit überlagerter Gleichspannung (für gepolte Kondensatoren).

Anzeige: C- Wert in F und Güte Q, C- Wert mit $\tan \delta$ oder C mit G (Parallelschaltung)

Fehler: zu kleines I_x verursacht Fehlmessungen, hochfrequente Einstreuungen, Streukapazitäten der Messleitungen und des Aufbaues bei kleinem C_x beachten. Die Messung von Kapazitäten ist normalerweise vom Arbeitspunkt (U_0 , f_0) weitgehend unabhängig.



$$\underline{Y}_x = \frac{I_x}{U_0}$$

$$\underline{Y}_x = G_x + j \cdot B_{Cx}$$

$$C_x = \frac{B_{Cx}}{2 \cdot \pi \cdot f}$$

$$\tan \delta = \frac{G_x}{B_{Cx}}$$

$$Q = \frac{1}{\tan \delta}$$

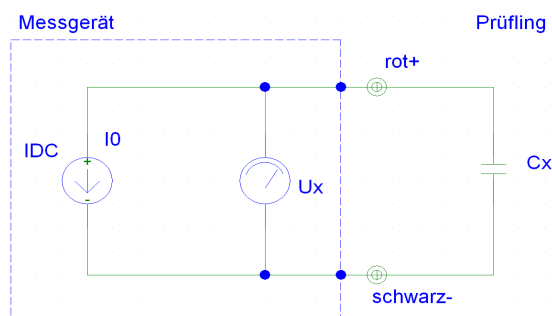
Messung großer Kapazitäten:

Bei großen Kapazitätswerten wird der Scheinwiderstand zu klein, um eine sinnvolle AC- Messung zu ermöglichen. Man misst daher mit DC- Ladeverhalten die Lade- / Entladezeit.

Prinzip: Konstantstromquelle DC I_0 an C_x , U_x steigt linear mit der Zeit. Ladezeit Δt_x zwischen Spannungswerten ΔU_x wird gemessen. C_x wird berechnet; I_0 je nach Messbereich.

Anzeige: C_x ist aus den Messwerten zu berechnen.

Fehler: bei zu kurzem Δt_x und bei niedrigem Isolationswiderstand (Formierstrom bei Alu- Elkos!) sind Fehlmessungen möglich.



$$C_x = I_0 \cdot \frac{\Delta t_x}{\Delta U_x}$$

Alternativ kann ein auf eine Spannung U_0 geladener Kondensator C_x mit einem bekannten Widerstand R entladen werden. Die Messung der Zeit, bis die Kondensatorspannung auf 36 % des Anfangswertes abgefallen ist, ergibt die Zeitkonstante τ . Damit kann C_x berechnet werden.

$$C_x = \frac{\tau}{R}$$

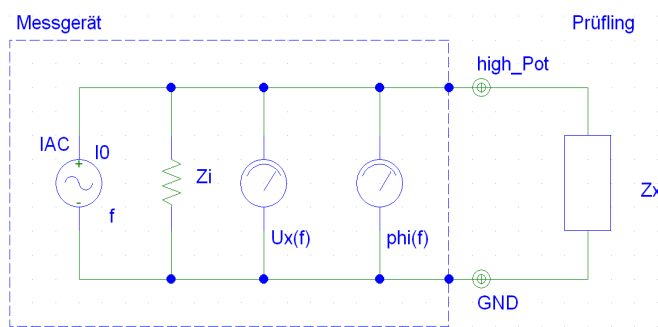
Messung von Impedanzen:

AC- Messung. Meist frequenzabhängige Darstellung (Ortskurve, Smithdiagramm, ...).

Prinzip: Konstantstromquelle I_0 mit Innenwiderstand Z_i liefert im Frequenzbereich Δf an Z_x ein Signal, die Spannung $U_x(f)$ wird nach Betrag und Phase gemessen. I_0 und Δf je nach Messbereich, bis in höchste Frequenzbereiche (GHz).
 Z_i ist für die HF- mäßige reflexionsfreie Anpassung des Prüflings erforderlich.

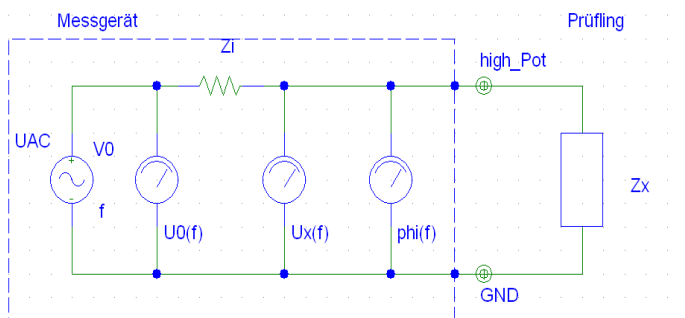
Anzeige: Z_x in Real- und Imaginärteil oder in Polarform mit der Frequenz als Parameter.

Fehler: Fehlmessungen durch HF- Einstreuungen und Leitungsführung.
 Kalibrierung erforderlich (Abgleich auf Leerlauf, Kurzschluss und Abschluss mit Nennimpedanz, meist 50 Ω).



$$\underline{Z}_x(f) = \frac{U_x(f) \angle \varphi(f)}{\underline{I}_0(f) - \frac{U_x}{\underline{Z}_i}}$$

Alternativ kann das Messgerät eine Spannungsquelle mit der Innenimpedanz Z_i in Serie enthalten. Es wird der Strom in das Messobjekt in Betrag und Phase berechnet und daraus Z_x ermittelt.



$$\underline{Z}_x(f) = \frac{U_x(f) \angle \varphi(f)}{\frac{U_0(f) - U_x \angle \varphi(f)}{\underline{Z}_i}}$$