

Jörg Rehrmann

Induktivitäts-Meßgerät

In zahlreichen Schaltungen, vor allem auf dem Hf-Gebiet, benötigt man Induktivitäten aller Art. Vorwiegend bei Spulen mit kleinen Induktivitäten und bei solchen mit Anzapfung ist man oft auf das Selbstwickeln der Spulen angewiesen.

Die Berechnung von Spulen ist meistens recht aufwendig, und aufs Probieren der richtigen Windungszahl ist auch kein Verlaß. In solchen Fällen kann sich das hier beschriebene Induktivitäts-Meßgerät als ein nützliches Hilfsmittel erweisen. Es mißt Induktivitäten im Bereich von 100 nH bis 400 mH und zeigt sie direkt auf der linearen Skala eines Spannungsmeßgerätes an. Die Ungenauigkeit liegt – je nach Aufbau – bei 5...10 %, was für die praktische Anwendung völlig ausreicht.

Schwingkreis bestimmt Oszillator-Frequenz

Zur Messung einer Induktivität L_x wird diese zunächst mit einem unveränderlichen Kondensator C parallel ge-

schaltet. Dieser Schwingkreis bestimmt die Frequenz einer Oszillator-Schaltung. Die Resonanzfrequenz ergibt sich dann aus der Formel

$$f_x = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_x \cdot C}}$$

Durch Umstellen der Gleichung ergibt sich

$$L_x = \frac{1}{4\pi^2 \cdot C \cdot f^2}$$

Da das Produkt $4 \cdot \pi^2 \cdot C$ in diesem Fall konstant ist, gilt:

$$L_x \approx \frac{1}{f^2}$$

Die so gewonnene Frequenz wird dann auf zwei hintereinandergeschaltete Integratoren gegeben, die ein Tief-

paßfilter mit einer Steilheit von 12 dB/Oktave bilden. Dies bedeutet, daß bei Verdopplung von f die Ausgangsspannung U_a des zweiten Integrators auf ein Viertel des ursprünglichen Wertes zurückgeht.

Es gilt also die Beziehung

$$U_a \sim \frac{1}{f^2}$$

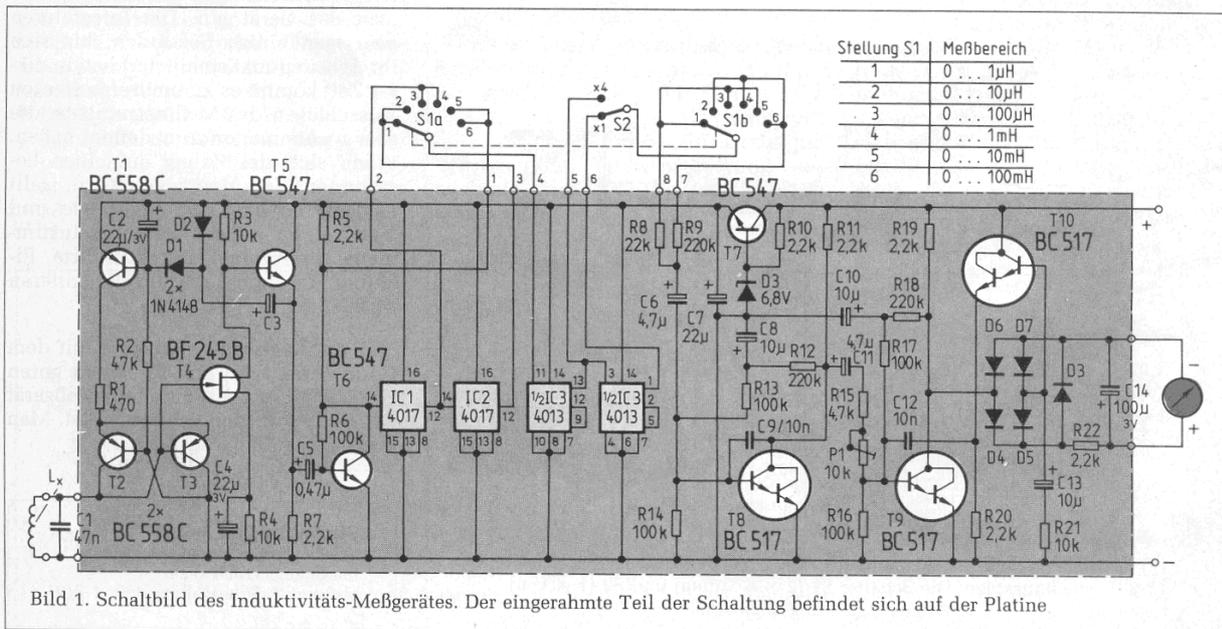
Wenn aber sowohl U_a als auch L_x proportional zu $\frac{1}{f^2}$ sind, so ist U_a propor-

tionale zu L_x . Durch Messung von U_a mit einem Wechselspannungsmeßgerät läßt sich dann L_x direkt auf der Skala des Voltmeters ablesen.

Teilerketten erweitern den Meßbereich

Bild 1 zeigt den Schaltplan des Gerätes. Die bereits erwähnte Oszillator-Schaltung besteht aus den Transistoren T2, T3 und dem Schwingkreis C1, L_x . Der Regeltransistor T1 sorgt dafür, daß die Effektivspannung am Schwingkreis etwa 0,2 V nicht übersteigt. Der FET T4 koppelt die Sinusschwingung hochohmig aus und verstärkt sie zusammen mit T5 und T6. Da die Integratoren nur in einem begrenzten Frequenzbereich arbeiten können, die Schwingfrequenz aber – je nach Größe der angeschlossenen Induktivität – etwa zwischen 1 kHz und 2 MHz liegen kann, muß eine umschaltbare Frequenzteilerkette vorgesehen werden.

Die Teilerkette besteht aus zwei Dezimalzählern (IC1 und IC2) und einem Binärzähler (IC3). Der Meßbereich ist



mit S1 über sechs Dekaden wählbar. Eine weitere Meßbereichserweiterung zwecks größerer Ablesgenauigkeit bei sonst kleinen Ausschlägen bietet der Schalter S2; in Stellung x4 muß der angezeigte Wert mit dem Faktor 4 multipliziert werden, um den tatsächlichen Wert zu erhalten. Im empfindlichsten Bereich ist die Induktivität bei Vollausschlag 1 µH, im unempfindlichsten Bereich beträgt sie 400 mH.

Der erste Integrator ist mit dem Darlingtont transistor T8 aufgebaut, der zweite mit den Darlingtons T9 und

T10. Er ist direkt mit einem Spannungs-/Strom-Konverter kombiniert. Der Wechselstrom wird mit dem Brückengleichrichter D4...D7 gleichgerichtet und mit einem Drehspulennstrument gemessen.

Bei Meßwerken sollte die Schutzschaltung R22, D8 und D9 direkt am Meßwerk angebracht werden, um dieses vor Zerstörung zu schützen. In Multimetern ist diese Schutzschaltung meistens eingebaut.

Das verwendete Meßinstrument sollte eine Empfindlichkeit von 50 µA für Vollausschlag und eine Skaleneinteilung haben, an deren Ende eine Zehnerpotenz (0-1, 0-10, 0-100 usw.) steht. Bei anderen Skaleneinteilungen muß entweder umgerechnet oder – bei geringen Abweichungen von der empfohlenen Einteilung – das Trimpoti P1 entsprechend eingestellt werden.

Es ist auch der Anschluß von Meßinstrumenten möglich, deren Empfindlichkeit nicht wesentlich über 100 µA bzw. unter 25 µA liegt. In jedem Falle sollte das Produkt aus diesem Strom und dem Widerstand R21 etwa 0,5 V sein.

Die Schaltung kann mit einer 9-V-Batterie versorgt werden. Die Stromaufnahme betrug beim Mustergerät je nach angeschlossener Induktivität 10...20 mA. Wenn keine oder eine sehr kleine Spule angeschlossen ist, erreicht die Stromaufnahme ihren Höchstwert.

Die Schaltung kann mit einer 9-V-Batterie versorgt werden. Die Stromaufnahme betrug beim Mustergerät je nach angeschlossener Induktivität 10...20 mA. Wenn keine oder eine sehr kleine Spule angeschlossen ist, erreicht die Stromaufnahme ihren Höchstwert.

Aufbau auf Platine

Beim Bau der Schaltung ist eigentlich nur darauf zu achten, daß sich der Kondensator C1 nicht auf der Platine, sondern direkt an der Meßstelle befindet, also da, wo die Spule angeschlossen ist. Der Schwingkreis sollte sehr nahe an der Platine liegen. Bild 2 zeigt das Layout der Platine und Bild 3 den Bestückungsplan.

Der Abgleich der Schaltung ist sehr einfach. Man benötigt hierfür jedoch eine möglichst engtoleriertere bekannte Induktivität, die man an das Gerät anschließt. Nachdem man einen geeigneten Meßbereich gewählt hat, schaltet man das Gerät ein. Die Integratoren benötigen einige Sekunden, bis sich ihr Arbeitspunkt stabilisiert hat; in dieser Zeit kommt es zu mehreren starken Ausschlägen des Meßinstruments, die aber nichts weiter zu bedeuten haben. Wenn sich der Zeiger auf einen bestimmten Wert eingependelt hat, stellt man P1 so ein, daß angezeigte und tatsächliche Induktivität übereinstimmen. Die einmal durchgeführte Eichung gilt dann auch für alle anderen Meßbereiche.

Beim praktischen Arbeiten mit dem Gerät sollte man erst für einen guten Kontakt zwischen Spule und Meßgerät sorgen, bevor man es einschaltet. Man spart damit Batteriestrom.

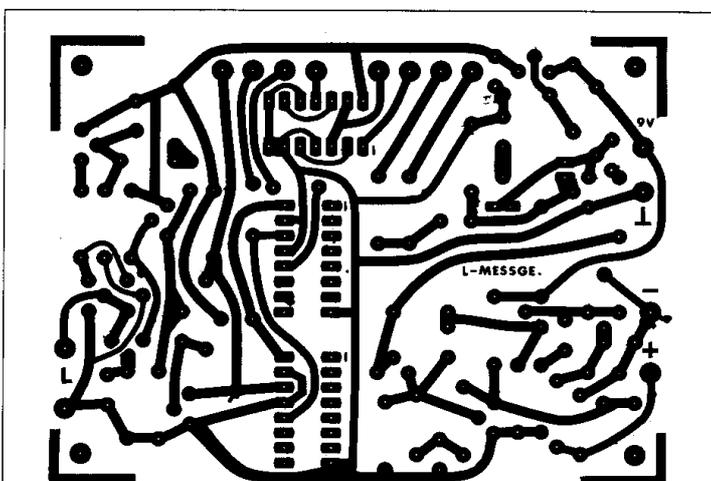


Bild 2. Platinen-Layout zum Aufbau der Schaltung

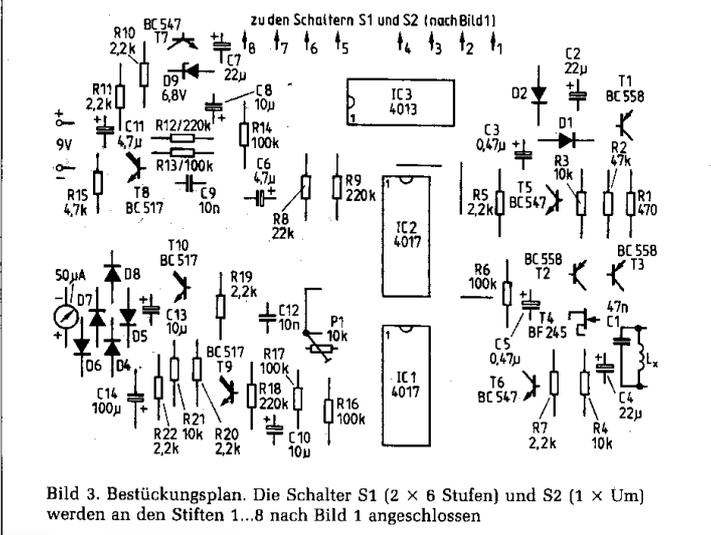


Bild 3. Bestückungsplan. Die Schalter S1 (2 x 6 Stufen) und S2 (1 x Um) werden an den Stiften 1...8 nach Bild 1 angeschlossen

Stichworte zum Inhalt

- Schwingkreis, Resonanzfrequenz,
- Integratoren, Teilerkette,
- Meßwerk-Schutzschaltung.