

Bausatz: LC-Meßgerät mit PIC Maxi-Meßbereiche zum Minipreis

KLAUS RABAN – DG2XK

Jeder technisch versierte Funkamateur weiß, wie man mit einem Dipmeter und etwas Grundlagen-Mathematik Kondensatoren und Spulen ausmessen kann. Neil Heckt, der Schöpfer des bekannten PIC-Zählermoduls, hat den unbeliebten Rechenaufwand in einen PIC-Controller verlegt und mit dem „LC-Meter II B“ ein perfektes Meßgerät entwickelt, das in keinem Amateurlabor fehlen sollte.

Das Grundprinzip der Messung von Kapazitäten und Induktivitäten beruht im vorgestellten Meßgerät auf dem Verfahren einer doppelten Frequenzmessung, das u.a. von DJ7HS in der CQ DL beschrieben wurde. Von dem dazu notwendigen Meß- und Rechenaufwand merkt man heute (fast) nichts mehr.

Arbeitsweise

Die notwendigen Steuerungs- und Berechnungsvorgänge werden von einem kleinen Mikrocontroller (PIC16C622) übernommen. Demzufolge hält sich der Schaltungsaufwand stark in Grenzen. Infolge der intelligenten PIC-Programmierung ist die Arbeitsweise und Anwendung des LC-Meßgerätes für den Anwender verblüffend einfach geworden.

Ein interner LC-Oszillator schwingt zunächst ohne ein von außen angeschlossenes Bauteil auf einer bestimmten Frequenz (f_1),

die ständig gemessen und nach der allgemein bekannten Schwingkreisformel berechnet werden kann:

$$f_1 = 1/(2\pi \cdot \sqrt{L_1 \cdot C_1}).$$

Da die Gleichung so noch nicht aufgelöst werden kann, schaltet der PIC-Prozessor dem Schwingkreis zeitweise einen zweiten Kondensator (C_2) bekannter Kapazität parallel und ermittelt auch damit die jetzt veränderte Resonanzfrequenz (f_2). Mit Hilfe dieser Daten lassen sich nun verwertbare Zusammenhänge für die Kalibrierung finden:

$$C_1 = f_2^2/(f_1^2 - f_2^2) \cdot C_2.$$

Wie man unschwer erkennt, führen die ersten beiden Frequenzmessungen mit dem bekannten Wert für C_2 zu sehr genauen Werten für C_1 und L_1 und ermöglichen damit eine hohe Meßgenauigkeit für C_x und L_x . Dieses war, in Verbindung mit den

Möglichkeiten, die uns die moderne Mikrorechentechnik heute zu bieten hat, der entscheidende Trick zum Aufbau eines genauen und trotzdem preiswerten L/C-Meßgerätes. Unser besonderes Dankeschön geht dazu an Neil W. Heckt, den Entwickler dieses kleinen High-Tech-Gerätes!

Im Falle einer Bauteilmessung ist C_2 wieder außer Funktion; C_x liegt damit parallel zu C_1 bzw. L_x in Reihe zu L_1 . Unter Berücksichtigung dieser Festlegung kommt man schließlich zu den beiden Gleichungen:

$$C_x = [(f_1^2/f_2^2) - 1] \cdot C_1,$$

$$L_x = [(f_1^2/f_2^2) - 1] \cdot L_1.$$

So kompliziert diese Zusammenhänge auch auf den ersten Blick erscheinen mögen, der Anwender muß sich in keiner Weise darum kümmern. Der PIC-Prozessor erledigt alles durch seine interne Programmierung für uns und bringt nach der Selbstkalibrierung und mehrfachen Frequenzmessung das Ergebnis seiner Berechnungen in sehr kurzer Zeit (ca. 0,2 s) mit dem entsprechenden Zahlenwert und zugehöriger Maßeinheit im LC-Display des Meßgerätes zur Anzeige! Das Display selbst arbeitet im 4-Bit-Nibble-Modus und kann vom Controller direkt angesteuert werden, da seine Datenausgänge in der Lage sind, ohne weiteres einen Strom von bis zu 20 mA zu liefern.

Bei einer Messung lassen sich störende Einflüsse, die durch Kapazitäten bzw. Induktivitäten der Verbindungsleitungen entstehen, durch einen einfachen Tasten-

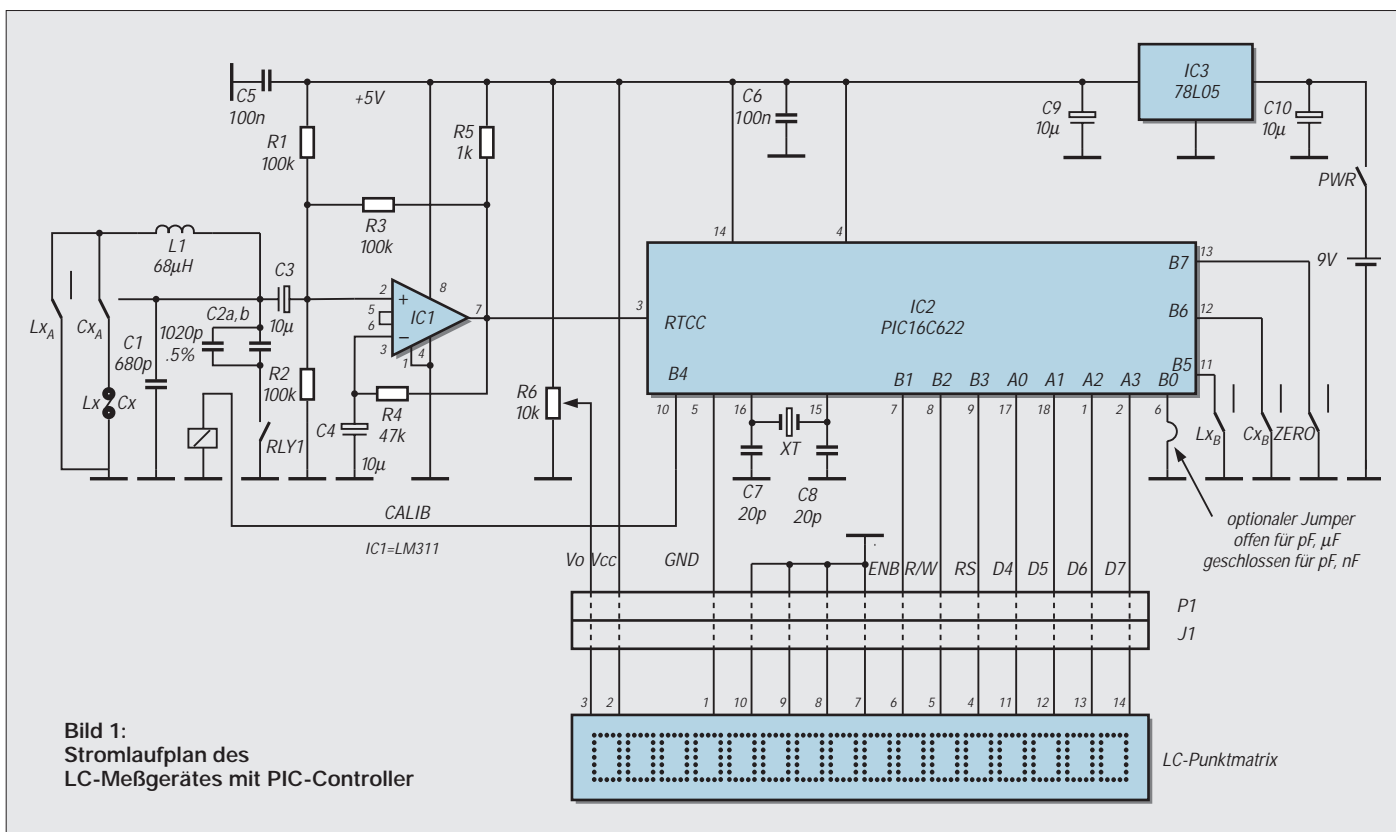


Bild 1:
Stromlaufplan des
LC-Meßgerätes mit PIC-Controller

druck (ZERO) kompensieren, so daß unter Beachtung des Meßfehlers von ca. $\pm 1\%$ immer der tatsächliche Bauteilwert angezeigt wird.

■ Aufbau

An Hand der zum Bausatz mitgelieferten umfangreichen Unterlagen und der nur wenigen Einzelteile gestaltet sich der Aufbau des kleinen Gerätes unkompliziert und stellt somit sogar für einen mittelmäßig geübten Selbstbauer kein Problem dar.

Beim Bestücken der Leiterplatte beginnt man wie üblich mit den flachen, passiven Bauteilen. Die Schaltkreise werden erst ganz zuletzt eingesetzt. Der kleine Taster mit zwei Wechslern wird so umgebaut (Raststift entfernen), daß er nicht mehr rastet. Das LC-Display ist eine steckbar angeordnete fertige Baugruppe, deren Helligkeit später mit dem Regler R6 einmalig eingestellt wird.

Der lichte Abstand der beiden Platinen beträgt 11 mm. Der Jumper zwischen Pin 6 des PIC und GND entscheidet über die angezeigte Einheit bei höheren Kapazitäten (offen $\rightarrow \mu\text{F}$, geschlossen $\rightarrow \text{nF}$).

■ Bedienung

Nach dem Einschalten (Taste PWR) liest man in der Anzeige einige Sekunden „WAIT“, dann „CALIBRATING“ und zum Schluß „READY MEASURE n“; jetzt ist das Gerät zur Messung bereit.

Der Nullabgleich (Taste ZERO) erfolgt bei



Bild 2: Das L/C-Meter II B von Almost All Digital Electronics in der Gesamtansicht.

L-Messungen (Taste L_x drücken) bei kurzgeschlossenen Meßklemmen bzw. kurzen gebrückten Meßleitungen. Automatisch wird dabei auch erkannt, ob es sich bei dem Meßobjekt tatsächlich um eine Induktivität handelt (Gleichstrompfad muß vorhanden sein). Im Fehlerfall erfolgt die Meldung „NOT AN L“.

Bei C-Messungen müssen die Meßklemmen bzw. Meßleitungen zunächst offen sein. Schließt man nun das Bauteil an, ist in kurzer Zeit der Meßwert im Display zu sehen.

„Genaue“ Messungen sollten immer erst nach einer Einlaufzeit von einigen Minuten und nochmaliger Nullung erfolgen. Die Meßgenauigkeit hängt nach den obigen Darlegungen fast nur noch von $C_2 = 1000 \text{ pF}$ ab. Für diesen Kondensator ist demzufolge die höchstmögliche Genauigkeitsklasse gefragt.

Führen Vergleichsmessungen, z.B. mit einem hochgenauen Industriegerät, zu Abweichungen $> \pm 1\%$, so ist C_2 zu überprüfen. C_1 und L_1 müssen dagegen nicht sehr eng toleriert sein; die Abweichungen dieser beiden Bauteile werden bei der Selbstkalibrierung kompensiert.

Es ist zu beachten, daß bei extrem kleinen Meßwerten die Auflösung der Anzeige deutlich über der Meßgenauigkeit liegt; so muß man z.B. im unteren nH-Bereich und bei $0,1 \text{ pF}$ mit einem Fehler von $\pm 15\%$ rechnen. Diskrete Bauteile mit diesen Werten werden allerdings in der Praxis nicht hergestellt.

■ Fazit

Mit dem „LC-Meter II B“ bekommt der Amateur mit Selbstbauambitionen ein

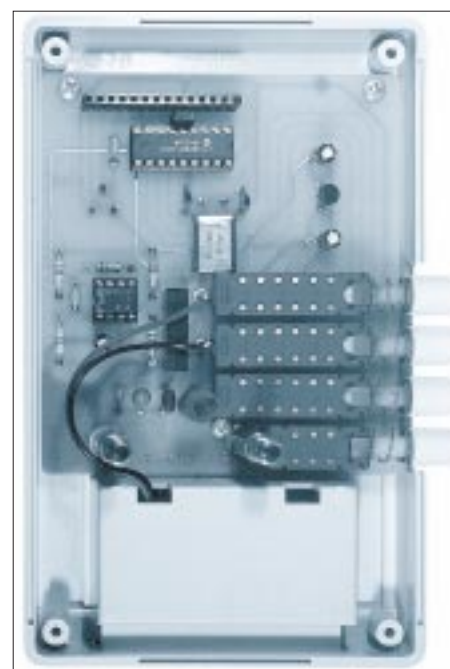


Bild 3: Innenansicht für das L/C-Meter II B, das LC-Display wurde dabei abgezogen.

Meßgerät in die Hand, das mindestens an der unteren Schwelle zur Profi-Meßtechnik liegt. Durch die ausgeklügelte Selbstkalibrierung wird eine Meßgenauigkeit erzielt, die in dieser Preisklasse ihresgleichen sucht.

Nach einer sehr kurzen Einarbeitungszeit wird dieses kleine Gerät neben den sonst noch vorhandenen Meßmitteln sicher einen würdigen Platz bekommen und den passionierten „Do It Yourselfer“ in die Lage versetzen, seine Baugruppen in deutlich kürzerer Zeit zum erfolgreichen Arbeiten zu bringen.

Literatur

- [1] Neil W. Heckt: Original-Unterlagen zum Bausatz des L/C Meter II B (engl.)
- [2] E.F.Schröder: Messen mit Henry und Farad, cq-DL 11/92, S. 686-687
- [3] NN: Digitales L/C-Meter mit hoher Genauigkeit, electronic Kits 6/96, S. 21-28
- [4] NN: Digitales L/C-Meter mißt auch kleine Werte, funk 8/97, S. 32-34

Anzeige

Eigenschaften und Daten

■ **Komplettbausatz** mit (wirklich!) allen Teilen, incl. einem ansprechenden Gehäuse. Der Aufbau kann in wenigen Stunden erledigt werden.

■ Die **Meßbereiche** erfassen vor allem kleine und mittlere Werte, wie sie von Funkamateuren benötigt werden ($L = 10 \text{ nH} \dots 100 \text{ mH}$; $C = 0,1 \text{ pF} \dots 1 \text{ }\mu\text{F}$).

■ **Extrem einfache Bedienung**, ein Handbuch ist (fast für immer) entbehrlich.

■ **Automatische Kalibrierung**, L- bzw. C-Kompensation für die Zuleitungen.

■ Der **Meßfehler** liegt in den meisten Fällen bei $\pm 1\%$ vom angezeigten Wert und erfüllt damit im Hobbybereich auch höhere Anforderungen.

■ Die **Anzeige** des jeweiligen Meßwertes im LC-Display erfolgt neben dem Zahlenwert immer mit der dazugehörigen Einheit (z.B. $L_x = 5,894 \text{ nF}$). Fehlablesungen, wie sie bei analogen Geräten vorkommen (können), sind damit ausgeschlossen. Fehlbedienungen werden im Display gemeldet.

■ Bei einer **Stromaufnahme** von ca. 12 bis 14 mA reicht die interne 9-V-Blockbatterie (bei intermittierendem Betrieb) für viele Wochen bis Monate.

■ Der **Preis** liegt bei 220 DM (FA-Leserservice), womit die Kosten in einem günstigen Verhältnis zur Leistungsfähigkeit stehen.