

Almost All Digital Electronics

L/C Meter IIB

Neil Heckt

_ Spezifikation

Bereich

0,001 H (1nH) bis 100 mH (meist bis 150 mH)
 0,010 pF bis 1 F (meist auch bis 150 F)
 (Kondensatoren müssen unpolarisierte Typen sein)
 AUTOMATISCHE BEREICHSWAHL

Genauigkeit

1% der Anzeige typisch
 Typisch bedeutet, der durchschnittliche Fehler von 83 verschiedenen Bauteilen verglichen mit einem

- _ HP4275A Digital L/C Messgerät (bei einer Testfrequenz von 1 MHz) für Bauteile im Bereich von 0,1 H bis 1 mH und 2,7 pF bis 0,068 F
- _ B&K878 Digital LCR Messgerät (bei einer Testfrequenz von 100 kHz) für Bauteile im Bereich von 1 mH bis 100 mH und 0,1 H bis 1,6 H

SELBSTKALIBRIEREND

Anzeige

Intelligente 16 Zeichen LCD Anzeige
 Auflösung 4 Digit
 Direkte Anzeige in ingenieurmäßigen Einheiten, z. B. $L_x = 1,234 \text{ H}$ / $C_x = 1,234 \text{ pF}$

Messzyklus

Ungefähr fünf Messungen pro Sekunde (Messung während der Einstellung variabler Bauteile)

Die Anzeigeeinheit kann während der Messung zwischen zwei Betriebsarten (Modi) umgeschaltet werden. Der Nano-Modus zeigt im gegebenen Fall Werte in H, mH, pF und F an. In diesem Modus werden z. B. 10,00 nano-Farad als 0,0100 Mikro-Farad und 1 Nano-Henry als 0,001 Mikro-Henry angezeigt. Dies ist für Oldtimer wie mich (Neil Heckt d. .) und so sind viele Teile gekennzeichnet. Der Mikro-Modus ist besser für die metrische Darstellung geeignet. Die Tafel 1 zeigt, wie jeder Bereich in den beiden Betriebsarten angezeigt wird.

INDUKTIVITÄT Nano-Modus	INDUKTIVITÄT Mikro-Modus	KAPAZITÄT Nano-Modus	KAPAZITÄT Mikro-Modus
000 — 999 H	0,000 — 0,999 H	0,00 — 0,99 pF	0,00 — 0,99 pF
1,000 — 9,999 H	1,000 — 9,999 H	1,00 — 9,99 pF	1,00 — 9,99 pF
10,00 — 99,99 H	10,00 — 99,99 H	10,00 — 99,99 pF	10,00 — 99,99 pF
100,0 — 1,999 H	100,0 — 1,999 H	100,0 — 999,9 pF	100,0 — 999,9 pF
1,000 — 1,999 mH	1,000 — 1,999 mH	1,000 — 9,999 nF	1000 — 9999 pF
10,00 — 99,99 mH	10,00 — 99,99 mH	10,00 — 99,99 nF	,01000 — ,09999 F
100,0 — 999,9 mH	100,0 — 999,9 mH	100,0 — 999,9 nF	,1000 - ,9999 F
		1,000 — 9,999 F*	1,000 — 9,999 F*

Tafel 1: Anzeigoptionen (* manche Werte sind außerhalb des Bereiches).

Betriebsarten

Wenn die Schalter für L_x und C_x ausgeschaltet sind (nicht gedrückt), dann führt das Drücken der Taste ^aZERO nacheinander in folgende Betriebsarten:

- | | |
|------------------|---|
| READY MEASURE n | Messung von L_x oder C_x und Anzeige des Ergebnisses im ^a Nano-Modus .
Beispiel: $L_x = 99 \text{ nH}$, $C_x = 12,34 \text{ nF}$ |
| READY MEASURE | Messung von L_x oder C_x und Anzeige des Ergebnisses im ^a Mikro-Modus .
Beispiel: $L_x = 0,099 \text{ H}$, $C_x = 0,01234 \text{ F}$ |
| READY MATCH MODE | Zuerst wird ein Referenzwert von L_z oder C_z gemessen und im ^a Mikro-Modus angezeigt. Wenn dann die ^a Zero-Taste gedrückt wird, dann wird dieser Wert im RAM gespeichert und die Differenz zwischen diesem und dem folgenden Wert wird im ^a Mikro-Modus angezeigt.
Beispiel: $L_x - L_z = 0,099 \text{ H}$, $C_x - C_z = 12,34 \text{ F}$ |
| READY MATCH%MODE | Zuerst wird ein Referenzwert von L_z oder C_z gemessen und im ^a Nano-Modus angezeigt. Wenn dann die ^a Zero-Taste gedrückt wird, dann wird dieser Wert im RAM gespeichert und das Verhältnis zwischen diesem und dem folgenden Wert wird in Prozent angezeigt.
Beispiel: $(L_x - L_z) / L_z * 100 = 12,34 \%$, $(C_x - C_z) / C_z * 100 = 12,34\%$ |

Beachte, dass eine positive Anzeige in den MATCHING-MODI bedeutet L_x ist größer als L_z oder C_x ist größer als C_z oder umgekehrt.

Das L/C Meter II ist zum messen von Induktivitäten und Kapazitäten ^aaußerhalb der Schaltung gedacht. Die Induktivitäten müssen eine vernünftige Güte Q bezogen auf ihren Wert haben und geringfügige Eigenkapazität. Ich habe dies getestet unter Verwendung von kommerziell verfügbaren HF-Drosseln im Bereich von 0,1 Mikro-Henry bis 1000 Mikro-Henry, Drosseln bis zu 100 Mikro-Henry auf Ferritkerne gewickelt, bei Pi-gewickelten HF Drosseln bis zu 7,5 Milli-Henry, bei auf Ringkern gewickelten Induktivitäten bis zu 150 Milli-Henry (wie als HI-Q-Serie von Mouser Electronics enthalten) und verschiedene abstimmbare Induktivitäten aus dem Coilcraft Slot-10 Designers Kit (ähnlich der TOKO Serie abstimmbarer Induktivitäten).

Schaltungsbeschreibung

Der Oszillator

Der Schlüssel zum L/C Meter IIB ist die Oszillatorschaltung in Figure 1. Der LM311 ist als Spannungskomparator geschaltet. Wenn die Spannungsversorgung eingeschaltet ist, dann beträgt die Spannung an Pin 2 etwa 2,5 Volt weil die Ausgangsspannung auf einem Pegel von 5 Volt liegt. Hierdurch wird der Kondensator C4 über den Widerstand R4 geladen, bis die Spannung an Pin 3 gleich 2,5 Volt beträgt. Wenn diese 2,5 Volt erreicht werden, dann schaltet der Ausgang auf einen niedrigen Pegel was einen Ausgleichstrom in den Kreis bestehend aus L1 und C1 verursacht. Der Ausgleichstrom verursacht den abgestimmten Schwingkreis auf seiner Resonanzfrequenz zu schwingen. Die Resonanz erzeugt eine Rechteckschwingung, die am Ausgang des Spannungskomparator anliegt. Die Rechteckschwingung ist mit dem abgestimmten Schwingkreis durch R3 und C3 rückgekoppelt.

Für die Nominalwerte von L1 (68 H) und C1 (680pF) bedeutet eine Veränderung von L um 1nH (0,001 H) oder eine Veränderung C von 0,1 pF eine Frequenzänderung von mehr als 5 Hz. Eine 0,2 Sekunden Messperiode kann diese 5 Hz auflösen und damit auch 0,001 H oder 0,01pF.

Neben seiner Einfachheit ist dieser Oszillator sehr zuverlässig, er schwingt immer an und kann eine große Variation der Induktivitäten und Kapazitäten im Schwingkreis tolerieren.

Der Mikrorechner

Die vollständige Schaltung ist in Figure 2 (nicht in diesem Dokument enthalten) dargestellt. Der Ausgang des Oszillators geht auf den RTCC-Pin, den Real Time Clock Counter. Dies zahlt einen 8 Bit Zähler des Mikrocomputer hoch. Der Mikrocomputer zählt über eine Periode von 0,4 Sekunden. Die Frequenz ergibt sich aus den Zählerstand geteilt durch die Periode. Diskrete Signale von L_x -, C_x - und Zero-Schalter sind auf Eingänge des Mikrocomputer gelegt, so dass dieser weiß, was der Bediener des Gerätes machen will.

Selbstkalibrierung

Während des Kalibrierungszyklus misst der Mikrocomputer zuerst F1, die Frequenz wenn nur L1 und C1 im Schwingkreis sind. Die Frequenz ist:

$$F1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L1 \cdot C1}}$$

Nacheinander können wir die Formel für L1 und C1 lösen, ein bekannter Kondensator ist in den Schwingkreis geschaltet.

$$F2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L1(C1+1020)}}$$

C2b ist ein keramischer Kondensator NPO, parallel zu C2a 1022 pF +/- 5pF.

Diese beiden Formeln können gleichzeitig gelöst werden

$$C1 = \frac{F2^2}{(F1^2 - F2^2)} \cdot 1020 \text{ pF}$$

und letztendlich

$$L1 = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot F1^2 \cdot C1}$$

Durch die Frequenz der Selbstkalibrierung sind die genauen Werte von L1 und C1 nicht kritisch und es werden Bauelemente mit 10 % Toleranz verwendet. Die Genauigkeit der Schaltung hängt von C2 ab, es wird eine Kombination von Kondensatoren mit 0,5 % Toleranz verwendet.

Messung der Induktivität und Kapazität

Wenn die L_x - und C_x -Schalter in Aus-Stellung sind, dann misst der Mikrocomputer die Frequenz F1 kontinuierlich, um eine Drift aufzuzeichnen. Wenn der L_x -Schalter nicht gedrückt (geschlossen) ist, dann liegt die unbekannte Induktivität in Serie mit L1. Die Gesamtinduktivität beträgt dann $L1 + L_x$. Dadurch wird die Frequenz wie folgt verändert:

$$F2 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{(L1 + L_x)} \cdot C1}$$

Diese Gleichung kann gleichzeitig mit der Berechnung von L1 gelöst werden:

$$F1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L1} \cdot C1}$$

Und man erhält:

$$L_x = \left[\frac{F1^2}{F2^2} - 1 \right] \cdot L1$$

Ähnlich verhält es sich, wenn der C_x -Schalter geschlossen ist. Dann liegt der unbekannte Kondensator parallel zu C1. Die Gesamtkapazität beträgt dann $C1 + C_x$.

$$F2 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L1} \cdot (C1 + C_x)}$$

Aufgelöst nach C_x ergibt sich:

$$C_x = \left[\frac{F1^2}{F2^2} - 1 \right] \cdot C1$$

Streuinduktivitäten und Streukapazitäten

Die Leiterbahnen auf der Platine, die Schalter und die Testanschlüsse, all diese Teile ergeben einen geringen Wert von Streuinduktivitäten (L_s) und Streukapazitäten (C_s). Diese Streuwerte addieren sich zu den Werten von L_x oder C_x . Die Anzeige wird genullt, indem man den ^aZero-Schalter drückt, wodurch die Werte der Streuinduktivitäten oder Streukapazitäten gespeichert werden und später von den gemessenen Werten subtrahiert werden. Die Werte werden wie folgt angezeigt:

$$L_x = \left[\frac{F1^2}{F2^2} - 1 \right] \cdot L1 - L_s$$

Und

$$C_x = \left[\frac{F1^2}{F2^2} - 1 \right] \cdot C1 - C_s$$

Um die Werte für L_s zu nullen muss der Bediener die Anschlüsse kurzschließen, L_x drücken und dann den ^aZero-Taster drücken. Ähnlich bei Kondensatoren muss der Bediener die Anschlüsse offen lassen, C_x drücken und dann den ^aZero-Taster kurz drücken.

Die gespeicherten Werte von L_s und C_s bleiben solange gespeichert, bis die Betriebsart (Modus) gewechselt wird. Während der Messung einer Reihe von Bauelementen ist es nicht notwendig zwischendurch die Anzeige jedes Mal auf Null zu setzen. Wenn die Betriebsart von MEASURE zu MATCH gewechselt wird, dann werden die gespeicherten Werte auf Null zurückgesetzt.

Man wird bei den o. g. Formeln bemerken, dass beim Einsetzen von Unbekannten immer wenn $F2$ kleiner als $F1$ sein muss. Wenn eine Induktivität eingesetzt wurde während C_x nicht gedrückt (also offen) ist, dann kommt es zu einem Ansteigen der Frequenz, d.h. $F2$ wird größer als $F1$. Dies hat seine Ursache darin, dass die Induktivität parallel mit $L1$ geschaltet wird und bei Parallelschaltung von Induktivitäten die resultierende Induktivität stets kleiner als der kleinere Wert von beiden ist. Wenn das Messgerät ein Ansteigen der Frequenz feststellt, dann zeigt es im Display ^aNOT A CAPACITOR (s.v.w. kein Kondensator). Dies funktioniert nicht für sehr große Werte von L_x . Die Verringerung der Induktivität $L1$ (durch Parallelschaltung) ist bei sehr großen Induktivitäten zu vernachlässigen, weil deren Eigenkapazität erheblich sein kann, wodurch die Frequenz sinkt und damit ein fehlerhafter Wert zur Anzeige kommt. Wenn ein Kondensator bei gedrückter L_x —Taste angeschlossen wird, ist die Wirkung ähnlich, ausgenommen wenn die Oszillatorschwingung abreißt und $F2$ gegen Null geht. Das Gerät erkennt diesen Zustand und zeigt ^aNOT A INDUCTOR (s.v.w. keine Induktivität) an. Dies gilt wiederum nicht für sehr große Werte von C_x — es können in diesem Fall falsche Werte angezeigt werden.

Das L/C Meter IIB kann jeden Wert in seinem Messbereich auf Null setzen. Wenn ein Wert eingesetzt und auf Null gesetzt wurde, dann zeigt das Gerät die Differenz zwischen diesem Wert und den geräteinternen Induktivitäten bzw. Kapazitäten, ähnlich wie bei den

Betriebsarten MATCHnMODE und MATCH MODE. Der Unterschied zwischen den MATCHxMODI besteht darin, dass der Bereich auf die Auflösung des initial Bauelementes festgelegt ist. Dies begrenzt die minimale Differenz zwischen den Werten auf 1 : 10.000 oder 0,01%. Die Schlussfolgerung hieraus kann nicht offensichtlich sein. Die größte Auflösung der Anzeige beträgt vier Digit **von dem Wert des gemessenen Bauelements**. Betrachtet man zwei Bauelemente, einen mit exakt 5000 pF und einen weiteren mit dem genauen Wert von 5010,25 pF. Die Differenz beträgt genau 10,25 pF, jedoch kann das Messgerät in diesem Bereich 1 pF nicht auflösen und es kommt (kürze) zu einer Tuschung indem gebrochene Anteile dieser Differenz angezeigt werden.

Aufbau

Das Ger t ist in der Tat einfach und es gibt keine bestimmte Reihenfolge beim Aufbau. Betrachte den Best ckungsplan, er enth lt wichtige Informationen. Ich best cke die Teile und l te sie gruppenweise in folgender Reihenfolge ein:

IC-Fassungen, Steckverbinder f r das Display, Schalter, s mtliche Kondensatoren, s mtliche Widerst nde und dann die restlichen Teile (Quarz, Relais und Induktivit t).

Beachte: Es gibt nur 3/8 Zoll H he (9,5 mm) unter dem Display. Man muss die Anschl sse der h heren Teile etwas l nger lassen, um sie dann entsprechend abwinkeln zu k nnen, damit die H he von 3/8 Zoll nicht berschritten wird.

L te J1, den weiblichen Kopfstecker am oberen Teil der Leiterplatte. L te hierbei erst einen Stift an und pr fe, ob der Stecker rechtwinklig auf der Leiterplatte sitzt, dann erst l te die restlichen Stifte.

Montiere die beiden $\frac{1}{2}$ Zoll Abstandhalter f r die Anschlussbuchsen so wie in der Skizze ^aMechanische Details dargestellt. Damit die Leiterplatte komplett best ckt.

berlege welche Art der Anzeige f r Kondensatoren Du direkt nach dem Einschalten bevorzugst. Wenn Du es vorziehst im Nano-Modus zu messen, dann l te die Br cke (Jumper Display Option).

Stecke die Anschl sse des Batterieklipps durch einen der beiden Schlitze des Batteriekastens und l te sie an die zugeh rigen L tpunkte der Platine. Stecke die Anzeigebaugruppe auf, drehe den Kontrastregler gegen den Uhrzeigersinn voll auf Anschlag und schalte das Ger t ein. Das Ger t zeigt jetzt 10 Sekunden lang ^aWAIT an, dann 2 Sekunden ^aCALIBRATING gefolgt von der Anzeige ^aREADY MEASURE x . Wenn das so ist, dann ist l uft alles.

Stelle den Kontrast so ein, dass der Hintergrund der Anzeige kaum sichtbar ist. Montiere die Leiterplatte in den Unterteil des Geh uses unter Verwendung der drei Metallschrauben (#4). Montiere das Oberteil des Geh uses unter Verwendung der Verbindungsteile so wie in Figur 4, Mechanische Details dargestellt.

Die Testanschl sse mit einem Bananenstecker auf der einen und Krokodilklemme auf der anderen Seite sollten nicht l nger als 4 Zoll (10 cm) sein.

Es kann notwendig sein, eine Ecke eines Loches oder einen Schlitz im Geh use etwas zu erweitern. Dies geht einfach mit Sandpapier, einer Feile oder einem Hobbymesser. Vor der Montage der Anschlussbuchsen und der Schrauben auf der Geh user ckseite setze den Deckel auf und pr fe die ob die Schalter an den Kanten des Montageschlitzes anstoßen. Wenn n tig, dann mache den Schlitz passend.

Fehlersuche

Es ist sehr unwahrscheinlich , dass Du Probleme haben wirst. Wenn es jedoch so scheint, dass Du das Ger t nicht zum laufen bringst, dann werde ich (Neil Heckt d. .)versuchen es in kostenlos (davon ausgenommen f r 4 \$ R ckporto) Ordnung zu bringen.

Wenn es nicht funktioniert, dann entferne vorsichtig die Leiterplatte und inspiziere, ob das was gel tet werden soll auch wirklich gel tet ist und ob etwas gel tet ist, was nicht gel tet werden darf (ob es L tbr cken gibt). Schlechte L tstellen sind in 99% der F lle die Ursache f r nicht funktionierende Ger te. Hier einige Hinweise darauf, wonach man sehen sollte:

- 1) **Leere Anzeige**, Der Kontrastregler ist nicht richtig eingestellt.
- 2) **Leere Anzeige**, Prüfe 5 V an CPU und Anzeigebaugruppe
- 3) **Anzeige von 8 schwarzen Feldern**, Die CPU kommuniziert nicht mit der Anzeigebaugruppe. Prüfe die Lötstellen an der CPU und der Anzeige. Der Oszillator der CPU schwingt nicht. Wenn möglich mit einem Oszilloskop überprüfen.
- 4) **Anzeige WAIT, dann CALIBRATING und bei CALIBRATING hängen bleiben**. Der Oszillator (LM311) schwingt nicht. Prüfe die Lötstellen um den LM311. Ist der LM311 richtig bestückt, Bauelemente richtig bestückt, C3 verpolt?
- 5) **Anzeige WAIT, dann CALIBRATING und bei CALIBRATING hängen bleiben**. Der "Zero"-Taster verklemmt oder nicht getriggert. Verfolge die Verbindung nach Masse von Pin 13 der CPU.
- 6) **Es scheint zu gehen, aber die Messwerte scheinen von beschrifteten Bauteilen abzuweichen**. Der Kalibrationskondensator ist nicht korrekt bestückt oder das Relais ist verpolt. (Das Relais muss mit der Bauteilbeschriftung entgegen zu den Schaltern und mit dem kleinen Kreis zum oberen Teil der Platine bestückt werden).

Betrieb

Die typische Streuinduktivität t liegt zwischen 0,04 und 0,06 μH die typischen Streukapazität t zwischen 5 und 7 pF. Bei der Messung von Induktivitäten kleiner als 5 μH oder Kapazitäten kleiner 50 pF ist es ratsam das Messgerät vorher zu "nullen". Bei größeren Werten sind die Streuwerte in Bezug auf das Ergebnis zu vernachlässigen. Es ist schwierig, eine Anzeige von 0,000 pF zu halten, weil das Instrument sehr empfindlich ist. Die Kapazität beeinflusst die Messung. Versuche die Kapazität zu "nullen" und dann bewege die Hand über den Anschluss, ohne sie zu berühren. Du wirst feststellen, dass man die Anzeige so um einige hundertstel Picofarad beeinflussen kann.

Zur Messung von Induktivitäten verbinde die unbekannte Induktivität mit den Testanschlüssen und drücke L_x . Zur Messung von Kapazitäten verbinde die unbekannte Kapazität mit den Testanschlüssen und drücke C_x .

Genauigkeit und Auflösung

Das L/C Meter IIB ist mit 1 % der Anzeige spezifiziert. Ich habe etwa 60 Bauelemente mit einem HP4275A L/C Meter gemessen. Diese Bauelemente mit dem L/C-Meter IIB gemessen ergaben einen durchschnittlichen Fehler von 0,23 % bei Induktivitäten und 0,24 % bei Kapazitäten. Diese Werte lagen im Bereich von 0,1 μH bis 6,8 mH und 2,7 pF bis 0,068 F. Diese Messung für ein einzelnes Element und konnte von Element zu Element um etwa 0,5 % abweichen, abhängig von der Genauigkeit des Wertes von C2.

Das L/C Meter IIB hat eine Auflösung von vier Digit für kleine Werte von L bei 1 nH und C bei 0,01 pF. Man kann so kleine Werte nicht genau messen. Die Auflösung übersteigt die Genauigkeit. Man kann kleine Werte bei 0,01 μH und 0,1 pF mit etwa 15 % Genauigkeit messen. Im allgemeinen findet man Bauelemente mit solchen Werten nicht. Zum Beispiel ein Stück Draht welches kürzer als 1 Zoll (2,54 mm) ist eine Induktivität bei 0,01 μH . Jedoch kann die Auflösung verwendet werden, um einen Stapel ähnlicher Bauelemente zu sortieren, indem es wirklich feststellt, welches ist größer, welches kleiner als das andere. Bei kleinen Induktivitäten bringen die Anschlüsse bereits einen Teil des Gesamtwertes. Messung vom Ende der Anschlüsse, anstatt direkt am Körper des Bauteiles kann bis zu 0,025 μH zum eigentlichen Wert addieren. Für kleine Werte liegt die Arbeitsfrequenz (Testfrequenz) bei ungefähr 750 kHz, abnehmend auf etwa 60 kHz für 0,1 F oder 10 mH und etwa 20 kHz für 1 F oder 100 mH.

St ckliste

R1, R2, R3	100 k‰ _ W
R4	47 k‰ _ W
R5	1 k‰ _ W
R6	10 k‰ Potentiometer
C1	680 pF (keramischer Scheibenkondensator, Kennzeichnung 681)
C2a	1000 pF, 2% (C2a und C2b sind in einer kleinen braunen T te verpackt)
C2b	5, 10, 15, 20, 24, 27, 33 oder 39 pF NPO werden verwendet um den Gesamtwert von 1020 pF zu erzielen
C5, C6	0,1 F (keramisch, gr n, gekennzeichnet 104)
C3	10 F / 10 Volt Tantal (tropfenf rmig, Polarit t beachten)
C4, C9, C10	10 F /10 Volt Elektrolytkondensator (blau, radial, Polarit t beachten)
C7, C8	22 pF (keramisch, monolithisch, braun, gekennzeichnet 22J)
X1	8 MHz Quarz
L1	68 H (blau)
U1	LM311N Spannungskomparator
U2	PIC 16C622 Mikrocomputer
U3	78L05 Spannungsregler
RLY1	SPST N.O. Reedrelais (mit Freilaufdiode, Best ckungsrichtung beachten)
DISP	LM-16151 oder gleichwertig
J1	14pol. Buchsenleiste (befindet sich auf Displaymodul)
P1	14pol. Steckerleiste (auf Leiterplatte installieren)
Lx, Cx, PWR	DPDT Schalterbaugruppe mit Wechselfunktion
ZERO	DPDT Taster

Hinweise des Übersetzers

Diese Übersetzung ist den OM geschrieben, der sich den Bausatz zugelegt hat und damit über alle Originalunterlagen verfügt. Deshalb kann hier auf die Wiedergabe der Gesamtschaltung, des Leiterplattenlayouts und des Bestückungsplanes verzichtet werden. Weiterhin werden Probleme mit dem Urheberrecht umgangen und Speicherplatz gespart.

Weiterhin möchte ich darauf aufmerksam machen, dass ich für eventuelle Fehler keine Garantie gebe und auch keine Haftung übernehme.

Ich wünsche viel Erfolg beim Aufbau und verbleibe mit

vy73 Andy, [DL2LUX](#)

Leipzig, den 15.12.2001

PS: Dieser Text ist OMs gedacht, die das L/C Meter IIB aufbauen wollen.
Eine kommerzielle Nutzung dieses Textes untersage ich hiermit ausdrücklich!