

H  
O  
B  
B  
Y

# Elektronika

2002/10

**PMR446**  
a Megoldás

## INDUKTIVITÁSMÉRŐ-ADAPTER DIGITÁLIS KÉZIMŰSZERHEZ

**Weller**  
szerszámok



1134 Bp. Angyalföldi út 38.  
ISO által minősített köz-  
vetszármok kész-és nagy-  
kereskedelme.  
Tel.: 340-8456

**ConTech**  
Nyomatott áramkörök  
1-12 rétegig

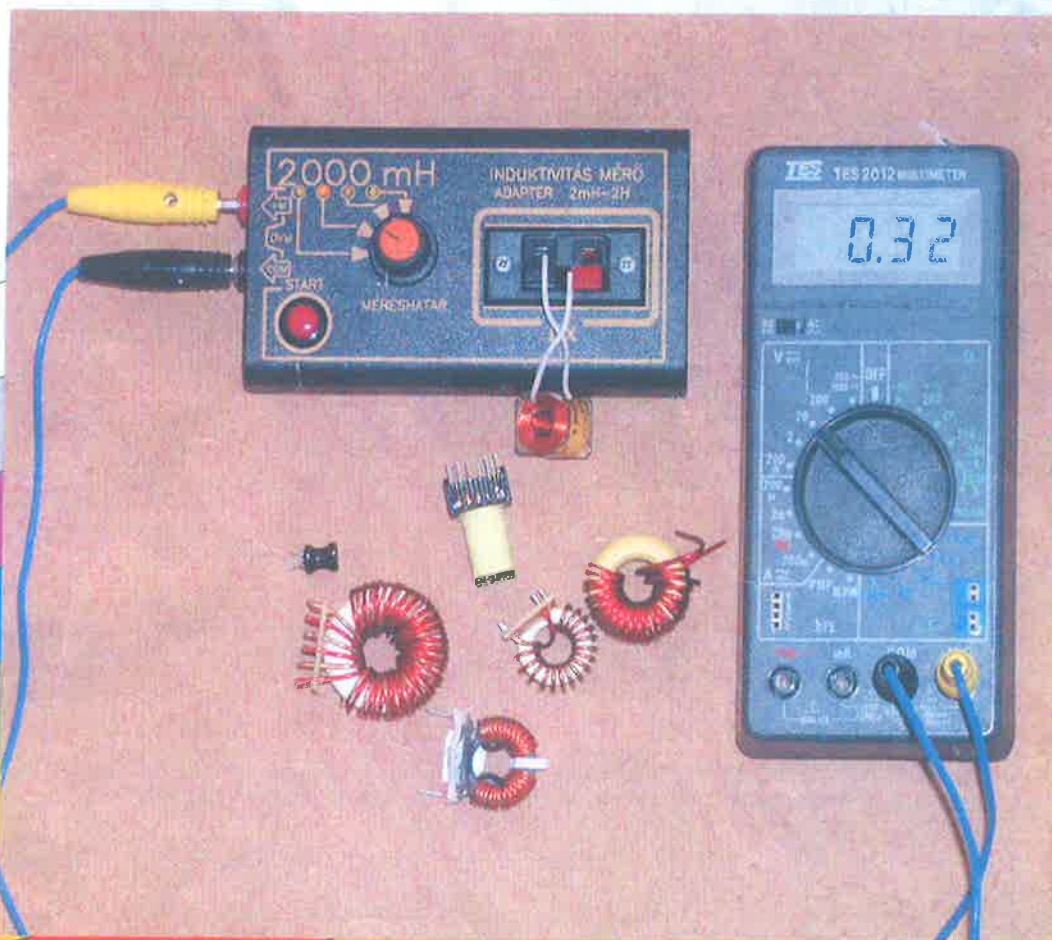


1183 Berekpatai, Hivatal u. 90. Tel: 290-6628  
Fax: 292-0651 E-mail: mad@contech.hu  
Móricz utca 206. 0546 http://www.contech.hu

www.urbanelektronika.hu



**URBAN ELEKTRONIKA**



9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1  
0



**Q52 (TR 2102/A)**  
**RLC<sub>0</sub>-mérő**  
kapcsolási rajza

# Induktivitásmérő-adapter digitális kéziműszerhez

Manapság az elektronikában előforduló alapparaméterek (U, I, R) mérésére meglepően kedvező áron vásárolhatunk LCD kijelzővel rendelkező digitális multimétert. Valamivel többet rászánva olyan kéziműszer is kapható, ami frekvenciát, hőmérsékletet, kapacitást és tranzisztor áramerősítési tényezőjét is méri. Az induktivitás mérését azonban még a drágább univerzális kéziműszerek sem teszik lehetővé, mert ez nem vezethető vissza egyszerűen az alpmennyiségek mérésére.

A tekercsek a frekvenciafüggő látszólagos ellenálláson kívül jelentős veszteségi ellenállással is rendelkeznek, ami a mérést megnehezíti. Nagypontosságú, minden igényt kielégítő induktivitásmérők csak a professzionális műszergyártók kínálatában szerepelnek, de ezek ára az amatőr-pénztárca számára rendkívül magas.

Ez jelzi, hogy a probléma kompromisszumok nélkül nem kezelhető. A címben szereplő áramkör ismertetésével a célunk az volt, hogy egy külföldi folyóirathoz származó ötlet alapján, lehetőleg olcsón megvalósítható megoldással lehetővé tegyük az induktivitások néhány %-os pontossággal történő mérését, ami az amatőr-felhasználás számára még elfogadható. Egy dolgot azonban már most ki kell hangsúlyozni. A mérés pontosságában elfogadott kompromisszum ellenére meglepően szigorú követelmények vannak az áramkörben alkalmazott alkatrészek minőségét illetően. Annak érdekében, hogy az induktivitásmérő reprodukálható legyen, szigorúan be kell tartani a kapcsolási rajzon feltüntetett értékeket! Ezért célszerű az áramkör alkatrészeit az URBÁN ELEKTRONIKA Kft. szaküzletében egységcsomag formájában megvásárolni. Az egységcsomagból az alábbi paraméterekkel rendelkező induktivitásmérő építhető:

Méréshatár:	2 mH	(felbontás 1 μH)
	20 mH	(felbontás 10 μH)
	200 mH	(felbontás 100 μH)
	2 H	(felbontás 1 mH)

A mérés feltételei:

- $R_L < 60 \Omega$  (a 2 mH-s méréstartományban)
- $R_L < 600 \Omega$  (a 20 mH-s méréstartományban)
- $R_L < 6 \text{ k}\Omega$  (a 200 mH-s méréstartományban)
- $R_L < 60 \text{ k}\Omega$  (a 2 H-s méréstartományban)

( $R_L$  = a tekercs huzalellenállása)

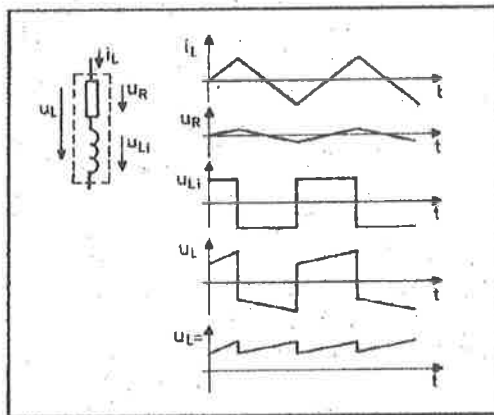
## Mérési elv

Ha egy ideális induktivitást áramgenerátor segítségével torzítatlan háromszög alakú árammal gerjesztünk, akkor azon azonos frekvenciájú négyzetfeszültség keletkezik, amelynek amplitúdója az induktivitással egyenesen arányos. A

valóságos induktivitás veszteségi ellenállásán természetesen szintén háromszög alakú feszültség esik, ami az induktivitáson eső feszültséghez a soros kapcsolás miatt hozzáadódik. Az  $u_L$  feszültség átlagértéke tehát az induktivitás függvénye. Az elméleti működésnek megfelelő jelalakok az 1. ábrán láthatók.

## Az induktivitásmérő működése

Az adapter kapcsolási rajzát a 2. ábra mutatja. Az IC<sub>1</sub> komparátorként üzemelő műveleti erősítő és az IC<sub>2a</sub> műveleti erősítő mint integrátor egy 2500 Hz frekvenciájú háromszögjelet előállító generátort alkot. Az adott típusok alkalmazását az a tulajdonságuk tette indokoltá, hogy a kimenőfeszültségük értéke a pozitív, ill. negatív tápfeszültséggel lehet egyenlő (ún. „Rail-to-rail” CMOS kimenet). A komparátor beállítása a háromszögfeszültség minimum/maximium értékét (+2, ill. +4,9 V) határozza meg. Az IC<sub>1</sub>/6 lábán megjelenő jel egyúttal az IC<sub>4</sub> analóg kapcsolókkal megvalósított vezérelhető egyenirányítót is kapcsolgatja. Az IC<sub>2</sub>/1 kimenőjele az IC<sub>2b</sub>, a T<sub>1</sub> tranzisztor és a R<sub>9...8</sub> ellenállással megvalósított négyfokozatú áramgenerátort vezérli.



### Alkatrészjegyzék:

#### Ellenállás:

- 1 db 100 Ω (R<sub>20</sub>)
- 1 db 150 Ω/1% (R<sub>2</sub>)
- 1 db 560 Ω (R<sub>21</sub>)
- 1 db 1,5 kΩ/1% (R<sub>6</sub>)
- 1 db 2,2 kΩ (R<sub>8</sub>)
- 1 db 3,3 kΩ (R<sub>19</sub>)
- 1 db 5,6 kΩ (R<sub>12</sub>)
- 1 db 9 kΩ/1% (R<sub>15</sub>)
- 2 db 10 kΩ/1% (R<sub>1, 10</sub>)
- 3 db 10 kΩ (R<sub>20, 24, 25</sub>)
- 2 db 15 kΩ/1% (R<sub>6, 7</sub>)
- 1 db 22 kΩ (R<sub>10</sub>)
- 1 db 33,2 kΩ/1% (R<sub>2</sub>)
- 1 db 100 kΩ/1% (R<sub>4</sub>)
- 1 db 150 kΩ/1% (R<sub>6</sub>)
- 1 db 220 kΩ (R<sub>11</sub>)
- 1 db 560 kΩ (R<sub>19</sub>)
- 1 db 2,2 MΩ (R<sub>14</sub>)
- 2 db 1 MΩ (R<sub>22, 23</sub>)
- 1 db 10 MΩ (R<sub>17</sub>)

#### Trimmerpotenciométer:

- 1 db 1 kΩ (P<sub>1</sub>)
- 1 db 10 kΩ (P<sub>1</sub>)

#### Kondenzátor:

- 1 db 3,3 nF/100 V műa. (C<sub>1</sub>)
- 2 db 10 nF/100 V műa. (C<sub>2, 3</sub>)
- 2 db 100 nF ker. (C<sub>4, 5</sub>)
- 1 db 220 nF/100 V műa. (C<sub>6</sub>)
- 4 db 10 μF/63 V álló (C<sub>7...10</sub>)

#### Félvezető:

- 1 db CA3130 (IC<sub>1</sub>)
- 2 db TLC271 (IC<sub>2, 3</sub>)
- 1 db 4066 (IC<sub>4</sub>)
- 1 db 7805 (IC<sub>5</sub>)
- 1 db 7805 (IC<sub>6</sub>)
- 1 db BC557B (T<sub>1</sub>)
- 1 db BC516 (T<sub>2</sub>)
- 1 db BC517 (T<sub>3</sub>)
- 1 db ZPD12 (D<sub>1</sub>)
- 4 db Ø3 sárga LED (D<sub>2...5</sub>)

#### Egyéb:

- 3 áramkörös, 4 állású, nyákba forr. tengelyes fokozatkapcsoló (K) előlapra szerelhető, egyáramkörös, záróérintkezős, előlapra szerelhető nyomógomb (N) piros/fekete szorító-kilipszes hangdoboz-csatlakozó („Lx1”, „Lx2”)
- 1 db piros, ill. 1 db fekete szigetelt banánhüvely anyával, forrfitűllet („GND”, „+M”)
- 2 db 6F22 (9 V-os) telep + 2 db szerelt „kesztyűgombos” telepcsatlakozó

1. ábra



**TLC272**

- 1: ki 1
- 2: inv. bem. 1
- 3: neminv. bem. 1
- 4:  $-U_T$  (vagy 0)
- 5: neminv. bem. 2
- 6: inv. bem. 2
- 7: ki 2
- 8:  $+U_T$

**CA3130**

- 1: Ofset 0/komp.
- 2: Invertáló bemenet
- 3: Neminvertáló bemenet
- 4:  $-U_T$  (GND)
- 5: Ofset 0
- 6: Kimenet
- 7:  $+U_T$
- 8: Strobe/komp.

A mérendő tekercset az áramgenerátor kimenetére kapcsoljuk. A tekercsek a mindig jelenlévő önkapacitásuk miatt gerjesztés esetén hajlamosak oszcillációra, amit a mérést megghamisítaná. A mérendő tekercsel a fokozatkapcsoló állásának függvényében az  $R_9$ , vagy az  $R_{10}$ , vagy az  $R_{11}$  ellenállás kapcsolódik párhuzamosan. A feladatuk, hogy megakadályozzák az induktivitáson a vadrezgések kialakulását. A fokozatkapcsoló negyedük, 2 H-s állásában ezt a feladatot az  $R_{14}$  ellenállás látja el.

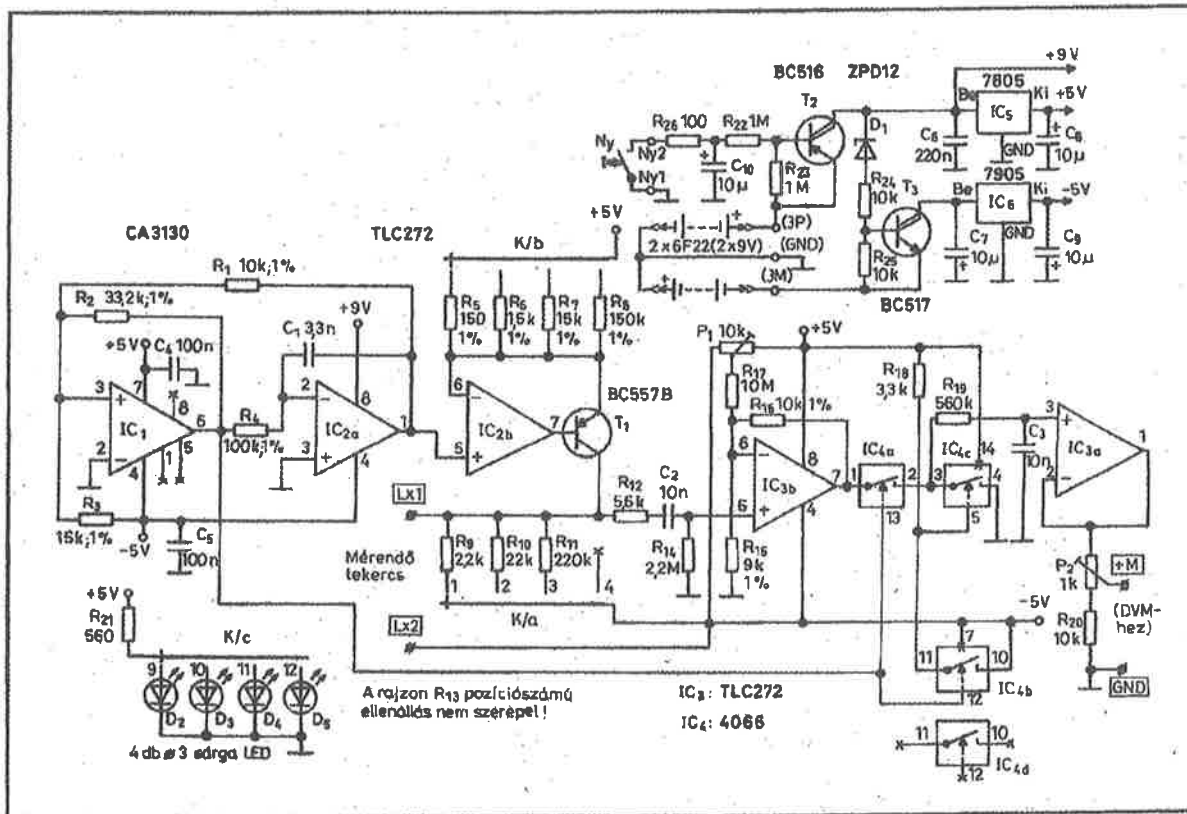
A tekercsen eső feszültséget az egyenfeszültségű komponens leválasztása után ( $C_2$ ) az  $IC_{3b}$ -vel felerősítjük. Az erősítés mértékét az egyenirányítás módja határozza meg. Mivel az ismeretlen induktivitás értékevel arányos amplitúdójú négy-szögjelet együttesen egyenirányítjuk, ezért az abszolút átlagértéknek csak a felét kapjuk, így  $IC_{3b}$ -nél pontosan kétszeres erősítésre lenne szükség. Mivel az adapter kimenetére egy egyszerű digitális multiméter csatlakozik, amely nem minden esetben pontosan kalibrált, az adapter-műszer együttes kalibrálhatósága érdekében az erősítést kismértékben növeljük. A szükséges erősítés körülbelül  $A_{11} = 2,3$ .

A vezérelt egyenirányítót az  $IC_{4a}$  és az  $IC_{4c}$  analóg kapcsolóval valósítottuk meg. Az  $IC_{4b}$  inverterként funkcionál. Ha az  $IC_1$  komparátor ki-

nőfeszültsége  $+5$  V, akkor az  $IC_{4a}$  bekapcsol, az  $IC_{4c}$  kikapcsol állapotba kerül. Az  $R_{19}$ ,  $C_3$  RC-tag elvégzi az integrálást. Ha az  $IC_1$  komparátor kimenőfeszültsége  $-5$  V, akkor az  $IC_{4a}$  analóg kapcsoló kinyit, az  $IC_{4c}$  pedig zárt állapotú lesz. Az  $IC_{3a}$  erősítő követő üzemmódban biztosítja a szükséges impedancia-transzformációt. A kapcsolásban található  $P_1$  trimmerpotenciométerrel az erősítőfokozat ofsetfeszültsége állítható be, a  $P_2$  trimmerpotenciométerrel pedig kalibrálható az adapter. A  $D_{2...5}$  LED a fokozatkapcsoló állását, az aktuális mérés határt mutatja úgy, hogy a doboz „2 0 0 0 mH” feliratában megjeleníti az éppen aktuális tízedes pontot.

Az induktivitásmérő adapter a praktikus felhasználás érdekében telepekről működik. Az adapter áramfelvétele viszonylag alacsony, de figyelemmel kezelés esetén, ha bekapcsol állapotban hagyjuk, a telepek hamar kimerülnek. A probléma megelőzésére az induktivitásmérő egy automatikus kikapcsolót tartalmaz. Ezt a feladatot a  $T_2$  és a  $T_3$  Darlington-pár valósítja meg. A telepek behelyezését követően a  $C_{10}$  kondenzátor feltöltött állapotú, ezért a  $T_2$  és a  $T_3$  tranzisztor zárva van. Ha az NY1 és az NY2 pont közé kötött nyomógombbal a kondenzátort kisütjük, akkor a  $T_2$  és a  $T_3$  vezet. A rajtuk eső kis feszültség a kapcsolás működését nem befolyásolja. Elengedett nyo-

2. ábra



mögomb esetén a  $C_{10}$  kondenzátor mintegy harminc másodperc alatt az  $R_{22}$ ,  $R_{23}$  ellenálláson keresztül feltöltődik, így a  $T_2$  és a  $T_3$  lezárt (kikapcsolt) állapotba kerül.

Az adapter hálózati feszültségről is működtethető. Ebben az esetben a megfelelő csatlakozást ki kell építeni. Külső tápegység használata esetén is csak +9 V lehet a tápfeszültség értéke, mert az  $IC_2$  pozitív tápfeszültsége közvetlenül a +9 V-os pufferfeszültség! A katalógusadatok szerint a tápfeszültség ennél nem lehet nagyobb, mert az  $IC_2$  tönkremenetelét okozhatja!

### Az áramkör szerelése, élesztése

Az adapterhez kapható egy formás, szitázott előlappal rendelkező kis doboz is. Ezt az egység-csomag nem tartalmazza, de külön léteként az URBÁN ELEKTRONIKA szaküzletben megvásárolható. Függetlenül attól, hogy valaki az induktívásmérőt az említett dobozba építi be, vagy más formában képzei el a dobozolás, a szerelést minden esetben célszerű a dobozolásához szükséges feladatokat elvégzésével kezdeni, hogy a műveleteket az üres, ne a szerelt panelen végezzük.

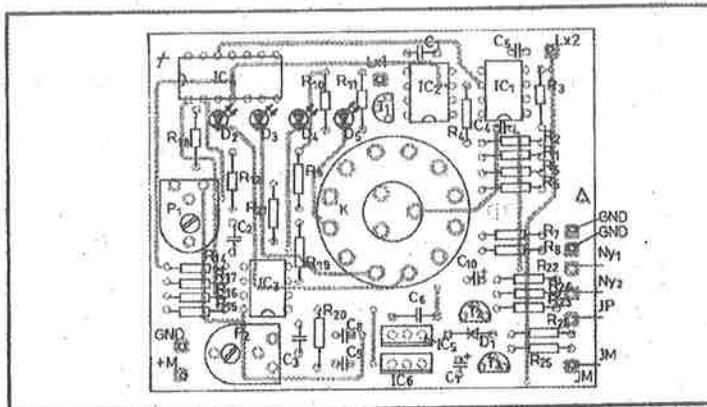
A dobozolásra vonatkozó további szerelési utasítás az üzletünkben kapható dobozra vonatkozik.

Először a nem szitázott dobozrészbe kell rögzíteni az üres panelt. Ez egy csavarral és némi faragással történik. Az a cél, hogy a panel ne mozogjon a dobozban. Ehhez a doboz belső végében lévő két pár műanyag bordába egy éles késsel a panel vastagságának megfelelő hornyot kell vágni az alaplapon levő egyetlen rögzítőcsap magasságában. Ha a horonyba beillesztve a helyére tesszük a panelt, akkor a rajta levő furat és a rögzítőcsap furata pontosan fedt egymást és a csomagban levő rövid lemezsavarral behajtható. Ha az illeszkedés nem pontos, akkor a panel  $IC_4$  felirat felőli sarkán türeszelővel egy picit alakítani kell.

Ezután a szitázott dobozfél furatait alakítsuk ki az alkatrészeknek megfelelő átmérőre!

Egyedül a +M jelű banánehüvely pozícionálására kell ügyelni, mert a fémrésze hozzáérhet a  $D_2$  LED lábához.

Az induktívásmérő-adapter nyákrterve a **339. oldalon** látható. A nyák kétoldalas, furatgalvanizált, finomrajzolatú, ezért építéskor fokozott gondossággal kell eljárni, mert az utólagos hibaelhárítás meglehetősen körülményes. Beültetés előtt a panelt erős fényrel átvilágítva vizsgáljuk meg, hogy nincs-e rajta gyártási hibából származó zárlat vagy szakadás! Az  $IC$ -k feltétlenül foglalatba kerüljenek! Az alkatrészek beültetése az ismert szabályok alkalmazásával, a **3. ábra** alapján történjen! Az ellenállások értékét ne a szinkódjuk alapján azonosítsuk, hanem egyenként ellenállásmérővel mérjük meg! Fokozottan figyeljünk az  $IC$ -foglatok, valamint a fokozatkapcsoló pozícionálására! Az 1-es láb helyén mindig szögletes forrszem található. A fokozatkapcsoló tengelyét a beferrasztás előtt méretre kell vágni. Az adott dobozhoz és forgatógombhoz szükséges tengelyhossz 15 mm. Mérőcsatlakozó-pár gyanánt egy szorító hangdoboz-csatlakozót, a DVM mérőszírnőjának csatlakoztatására pedig két banánehüvelyt szerelünk a dobozra!



3. ábra

A stabilizátorok az alacsony terhelés miatt hűtőszólót nem igényelnek. A tápláláshoz két darab 9 V-os elem szükséges. Ezekhez 2 darab telepcsatlakozót tartalmaz az egységcsomag. A csatlakozók vezetékelt vágjuk rövidebbre, kb. 5-6 cm hosszúságúra és beferrasztásakor ügyeljünk a megfelelő polarításra! Ezután már csak a 4 db LED van hátra. Ezeket olyan hosszú lábbal kell beferrasztani, hogy a doboz megfelelő helyén legalább 1 mm-re kiálljanak a külső síkból.

A csatlakozóvezetékek beferrasztásához a két szerelt dobozfél fektessük egymás mellé! Ebben a helyzetben jól lemérhető az összekötéshez szükséges huzaldarabok hossza. Ezek nem árnyékoló vezetékek. Ezután jól látható, hogy a két telep miként fér el a dobozban. A telepek mozgását egy habszivacsdarabkával célszerű korlátozni.

Később, telepcsere esetén először a forgatógombot kell eltávolítani, le kell húzni. Ezután a doboz egyszerűen, pattintással szétnyitható. Az összeszerelt adapter a **címlepfotón** látható.

A gondosan és esztétikusan összeszerelt áramkört a kapcsolási rajzzal összevetve még egyszer ellenőrizzük, hogy nem követettünk-e el valami hibát!

Az első bekapcsoláskor az  $IC$ -foglatokat hagyjuk üresen! A nyomógomb megnyomása után ellenőrizzük az  $IC$ -foglatokon a helyes tápfeszültségeket, valamint a kikapcsoló automatika helyes működését is! A fokozatkapcsolót működtetve a megfelelő LED-ek világitva az aktuális mérésért kell, hogy mutassák.

A további vizsgálat az  $IC$ -k behelyezett állapotában folytatható. Oscilloszkóppal az  $IC_1/6$  lábán +5 /-5 V amplitúdójú, 2500 Hz frekvenciájú (400 ps ismétlődési idejű) szimmetrikus négyszögjel láthatunk. Ez a jel az  $IC_4/2$ , ill. az  $IC_4/10$  lábán is megtalálható. Az  $IC_4/5$  lábán is ilyen jel észlelhető, de természetesen invertált formában. (Ez célszerűen kétsugaras oszcilloszkóppal ellenőrizhető.) Az  $IC_2/1$  lábán a négyszögjel azonos frekvenciájú háromszögjel található. A feszültség minimuma +2 V, a maximuma +3,9 V. Vizsgálat közben ne feledkezzünk meg a kikapcsoló automatika ismételt indításáról sem! Az áramgenerátor szinttelolást is végez, ezért az  $Lx_1$

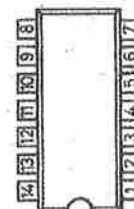


7805

- 1: bemenet
- 2: 0 (közös)
- 3: kimenet

7905

- 1: 0 (közös)
- 2: bemenet
- 3: kimenet



4066

- 1: be 1
- 2: ki 1
- 3: ki 2
- 4: be 2
- 5: vez. 2
- 6: vez. 3
- 7: 0 (GND)
- 8: be 3
- 9: ki 3
- 10: ki 4
- 11: be 4
- 12: vez. 4
- 13: vez. 1
- 14: +U<sub>T</sub>



BC516, BC517, BC557

- 1: emitter
- 2: bázis
- 3: kollektor

pont vizsgálatokor ezt vegyük figyelembe! Ezt a szinteltolást az AC-csatolás visszaállítja.

A fentiek szerint helyesen működő áramkör ki-menetére csatlakoztassunk egy 200 mV mérés-határú digitális multimétert! Az Lx1, Lx2 kapocspár rövidre zárása mellett a P<sub>1</sub> segítségével állít-suk be a 0000 értéket! A kalibrálás egy ismert in-dukтивitásérték mérése mellett a P<sub>2</sub> trimmerrel le-hetséges.

Az egységcsomag tartalmaz egy légnagos te-kercezt, melynek névleges önindukciós tényezője

34 mH. A kalibrálást 200 mH mérés-határban ez-zel végezzük! A többi mérés-határban ez az érték némileg eltérhet. Ez nem hiba, hanem a mérési pontatlanság, a bevezetőben említett kompro-misszum eredménye. Itt mutatkozik meg a minőségi különbség a profi és a szerényebb megoldás között. Az eltérés a két mérés-határ között a kalib-ráló trimmerekkel iteralható, hiszen természetesen a 34 mH sem abszolút pontos érték.

Az induktivitás-mérő-adapter működő mintadarabja megtekinthető, egységcsomagban megvásárolható az URBÁN ELEKTRONIKA Kft. szaküzletében.

A 2. ábrán feltüntetett alkatrészeket tartalmazó egységcsomag ára 4500 Ft, szitázott műanyag doboz a rögzítő, befogó elemekkel 600 Ft, összeszerelt, élesített adapter 7500 Ft.

Folyamatosan kapható egységcsomag, panel és részegység a *Rádiótechnikában* és a *Hobby Elektronikában* korábban megjelent cikkeinkhez is. Ezek egy része működő, így megtekinthető, kipróbálható. A vidéki olvasóknak segít az üzletünk levelező-egységcsomagküldő szolgáltatása: a megrendelt csomagot postán utánvétellel elküldjük. Telefonon és levélben is rendelhet. A rendeléshez nem kell hosszú levél; kívánságát röviden, egyértelműen közölje!

Az üzletben beszerezhetők a *Rádiótechnika*, a *Rádiótechnika Évkönyve* és a *Hobby Elektronika* egyes korábbi számai is.

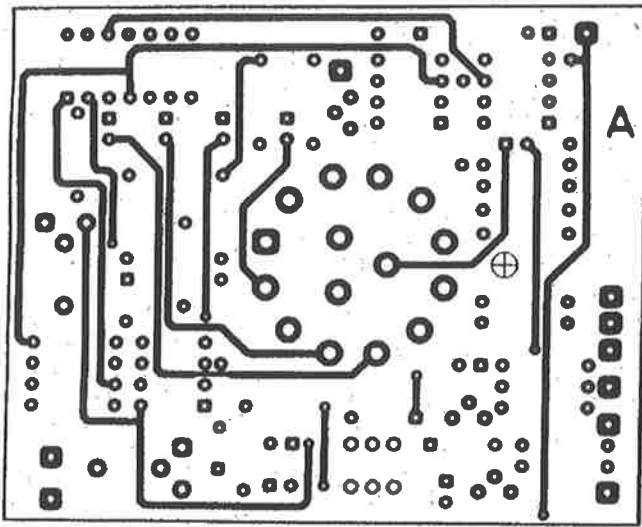
Levél cím: URBÁN ELEKTRONIKA Kft., 1656 Budapest Pf. 50.

Üzlet cím: Budapest VII., Dózsa György út 16. (Jobbágy u. sarok.)

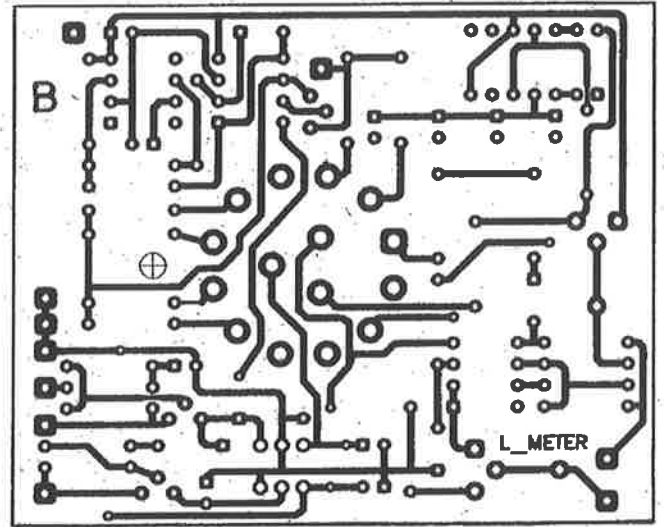
Internet: <http://urbanelektronika.elender.hu>

Nyitva: hétfőtől péntekig 10-től 17-ig; zárás után üzenet-rögzítő.

Tel./fax: 322-8892.



**Induktivásmérő-adapter A**



**Induktivásmérő-adapter B**