

# Induktivitás- és kapacitásmérő készülék

Verik János okl. villamos üzemmérnök

A következőkben egy komplett L-C-mérő elkészítésének leírását adjuk meg. A mérési eredmény kijelzése egy 3½ digités folyadékkristályos kijelzőn (LCD) történik, mégpedig kondenzátorok esetén 0,1 pF...200 µF, tekercsek esetén 0,1 µH...20 H méréstartományokban.

Tekercsek inductívitásának és kondenzátorok kapacitásának méréséhez különféle eljárások ismeretesek. Ezek közül az egyik módszer, hogy differenciált négyszögimpulzusok feszültség-idő függvényéből állapítjuk meg az L, illetve a C érték nagyságát. Ez az 1a, illetve 1b ábra szerinti kapcsolási elrendezéssel történhet. A tekercs vagy a kondenzátor mindenkor egy R<sub>m</sub> mérőellenálláshoz csatlakozik, ami az L<sub>x</sub>-szel, illetve C<sub>x</sub>-szel együtt a négyszögregzések differenciálását befolyásolja. Az így nyert pozitív és negatív tüimpulzusok feszültség-idő integrálja az L, illetve a C értékkel arányos.

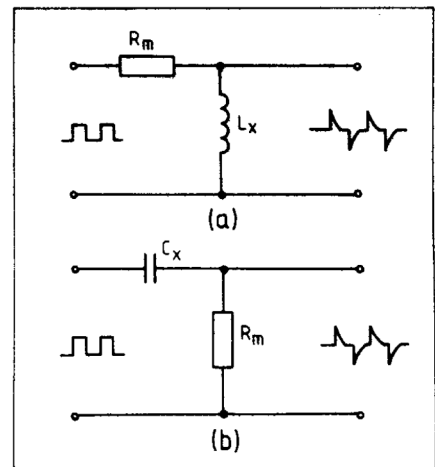
A méréshez hat L és hét C méréstartár áll rendelkezésre a fent megadott méréstartományokban. Kapcsolásszerűen a készülék három fő részből áll, vagyis egy oszcillátorból frekvenciaosztóval, a tulajdonképeni mérőkapcsolásból és egy A/D-átala-

Táblázat. A méréstartárak és a hozzá tartozó frekvenciák táblázata

Méréstartár	Mérőfrekvencia	Órajel
200 µH	100 kHz	40 kHz
2 mH	30 kHz	40 kHz
20 mH	3 kHz	40 kHz
200 mH	1 kHz	40 kHz
2 H	100 Hz	40 kHz
20 H	30 Hz	40 kHz
200 pF	30 kHz	40 kHz
2 nF	3 kHz	40 kHz
20 nF	3 kHz	40 kHz
200 nF	300 Hz	40 kHz
2 µF	30 Hz	30 kHz
20 µF	10 Hz	40 kHz
200 µF	3,33 Hz	13,33 kHz

kítóból kijelzővel együtt. Feszültségforrásként három sorbakapcsolt 9 V-os „transzistorelem” szolgál.

Az oszcillátor (2. ábra) 3 MHz frekvencián rezeg. Ez kvarcstabilizált, mivel a frekvenciaváltozások befolyásolnák a mérést. A táblázatból az egyes méréstartárakhoz tartozó kimenőfrekvenciák állapíthatók meg. A frekvenciaosztó programozása



1. ábra. Elvi kapcsolási ábrák: a) induktivitásmérés és b) kapacitásmérés

a méréstartárkapcsolókkal történik. Az IC<sub>3</sub> szimmetrikus négyszögimpulzusokat biztosít a mérőkapcsoláshoz a 11-es kivezetésén.

Az ICL 7106 vezérléséhez aszimmetrikus órajelek szükségesek. Ezeket egy, az



## A Műszaki Könyvtár ajánlata

- ... pld. Cs. Kádár Péter: **DISZKÓNIKA (a rockzene és a diszkó technikája)** 1984, Ifjúsági Lap- és Könyvkiadó, 312 oldal, kötve 198 Ft
- ... pld. Csabai Dániel: **MAGNOSOK ÉVKÖNYVE 1986** 1986, 220 oldal, kötve 90 Ft
- ... pld. Ferenczy Pál: **VIDEO- ÉS HANGRENDSZEREK** 1986, 368 oldal, kötve 178 Ft
- ... pld. Házman István: **ELEKTRONIKAI BERENDEZÉSEK TERVEZÉSE** 1987, 304 oldal, kötve 88 Ft
- ... pld. Jánthó István: **JANEL-PANEL ELEKTRONIKUS JÁ-TÉKOK ÉS SZERKEZETEK** 1987, 131 oldal, füzve 77 Ft
- ... pld. Kasser, Joe G3CZ: **MIKROSZÁMÍTÓGÉPEK AZ AMATŐR RÁDIÓZÁSBAN** (Elektronika sorozat) 1987, 269 oldal, füzve 66 Ft
- ... pld. Lambert Miklós: **TIRISZTOR- ÉS TRIAKATLASZ** 1987, 294 oldal, kötve 164 Ft
- ... pld. Lóska Péter: **AZ EGYÁTMENETŰ TRANZISZTOR** (Elektronika sorozat) 1985, 253 oldal, füzve 78 Ft
- ... pld. Madarász László: **µP-HOBBY** (Elektronika sorozat) 1987, 221 oldal, füzve 86 Ft
- ... pld. Magyarai Béla: **ANALÓG IC ATLASZ (Feszültségabá-lyozók)** 1987, 276 oldal, kötve 240 Ft
- ... pld. Magyarai Béla: **ANALÓG IC ATLASZ (Műveleti erősítők és komparátorok)** 1986, 292 oldal, kötve 198 Ft
- ... pld. Masszi Ferenc-Szamosközi Zoltán: **LSI-VLSI ÁRAM-KÖRÖK FELÉPÍTÉSE, TESZTELÉSE, ALKALMAZÁ-SA** 1985, 408 oldal, kötve 88 Ft
- ... pld. Moczala, Helmut: **TÖRPE VILLAMOS MOTOROK ÉS ALKALMAZÁSAIK** 1984, 206 oldal, kötve 57 Ft
- ... pld. Főszerkesztő: S. Tóth Ferenc: **RÁDIÓ ÉS TELEVÍZIO MŰSZAKI ALAPISMERETEK KÉZIKÖNYVE 2. jav. kiadás** 1986, 850 oldal, kötve 310 Ft

- ... pld. Sipos Miklós: **A VILLANYSZERELÉS ALAPMŰVELE-TEI 2. kiadás** (Ipari szakkönyvtár) 1987, 361 oldal, füzve 65 Ft
- ... pld. Stefanik Pál-Békei Ferenc-Hetényi László-Kollár Ernő: **KÉSZÜLJÜNK A RÁDIÓAMATŐR VIZSGÁRA** (Elektronika sorozat) 1986, 156 oldal, füzve 68 Ft
- ... pld. Tücsino, K. K.-Tücsino N. K.: **DIGITÁLIS MÉRŐMŰ-SZEREK AMATŐRÖKNEK** 1984, 169 oldal, füzve 43 Ft.

Kérjük, hogy rendelését bélyeggel ellátott szabványmeretű borítékban sziveskedjék hozzánk elküldeni. Tekintettel a korlátozott példányszámokra, a rendeléseket beérke-zési sorrendben teljesítjük. Postán utánvétellel szállítunk (közületeknek 500 Ft felett átutalással számlázunk), a portóköltséget felszámítjuk.

Címünk: Állami Könyvterjesztő Vállalat  
MŰSZAKI KÖNYVÁRUHÁZA  
1061 Budapest VI.,  
Liszt Ferenc tér 9.

A megrendelő neve: .....  
Pontos címe (irányítószámmal): .....  
Aláírása: .....

IC<sub>1</sub>-gyel kialakított számlálóval állítjuk elő, amely monostabil multivibrátorként üzemel.

Az 1-es mérőfrekvencia jelét két inverterrel és egy RC-taggal kb. 1 μs-mal késleltetjük és 2-es mérőfrekvenciaként a 4051 analóg kapcsolóhoz vezetjük.

Az L-méréstartományokban a mérőfrekvenciák megválasztásánál a következő adottságokat kell figyelembe venni:

A mérőellenállások megválasztása a mindenkor mérőfrekvenciákhoz igazodik.

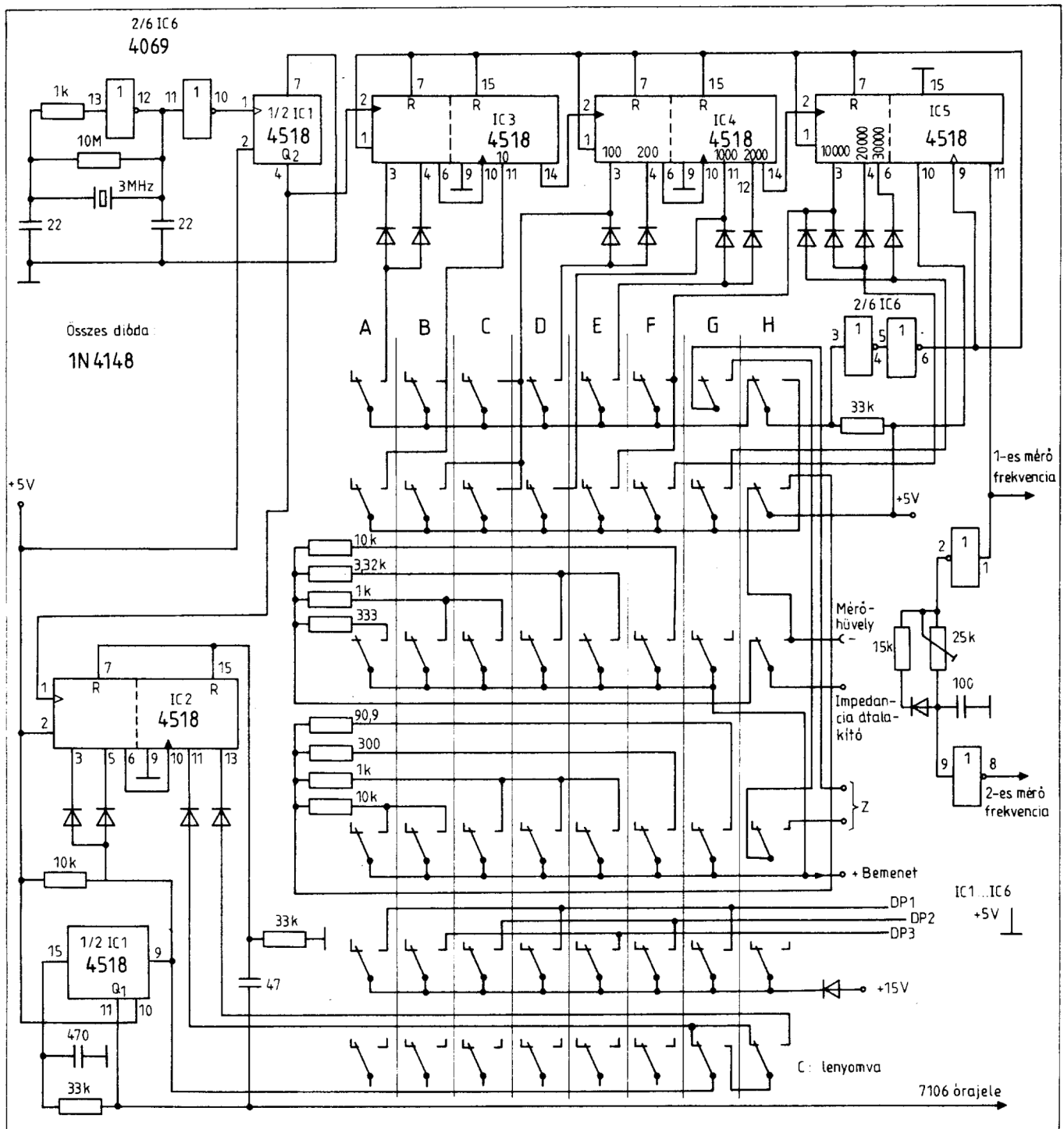
Minél magasabb a frekvencia (és ezzel együtt a mérőellenállás is), annál kisebb a mérés pontossága a vizsgált alkatrész soros ohmos ellenállása miatt.

Minél alacsonyabb a mérőfrekvencia, annál kevésbé befolyásolja a mérést a vizsgált darab saját szórt kapacitása. Magas mérőfrekvenciáknál természetesen rezonanciajelenségek léphetnek fel.

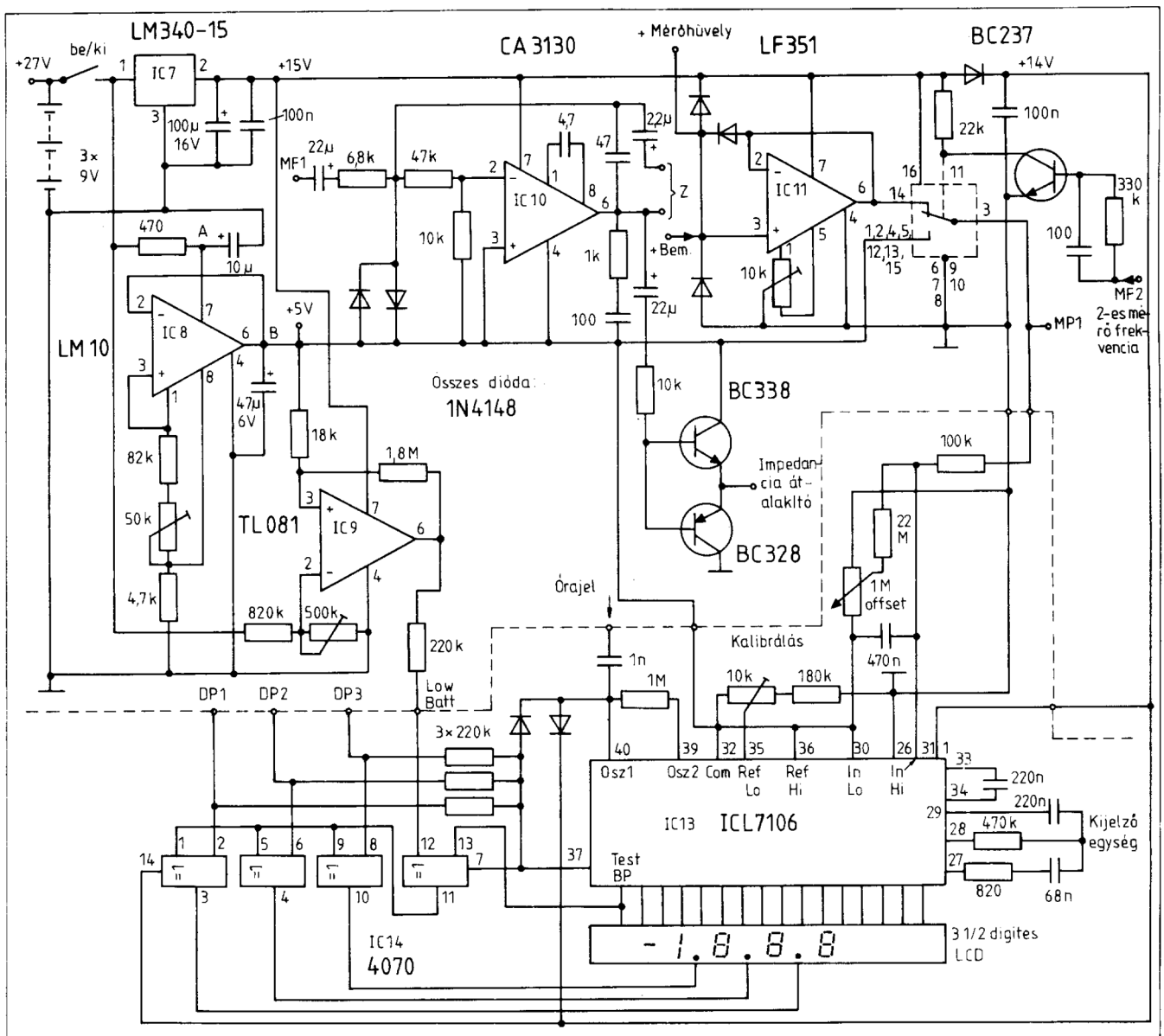
A C-területeken viszont a mérőfrekvenciák értékei messzemenően nem kritikusak. Ezeket lehetőség szerint alacsonyan

tartjuk, hogy a nagyohmos mérőellenállások miatt az áramfelvételt minimalizáljuk.

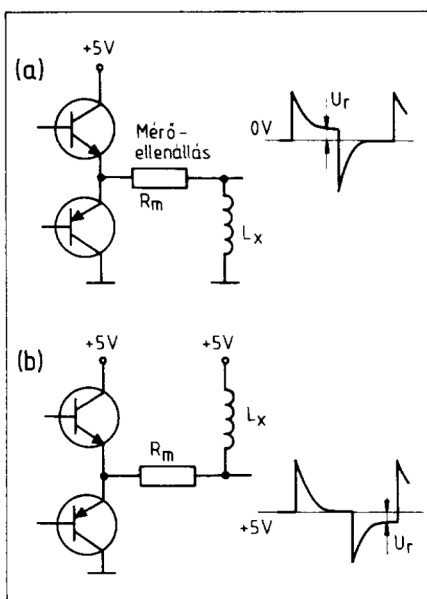
Ezek után vizsgáljuk meg magát a mérőkapcsolást, amely néhány érdekes fogást is tartalmaz. Az 1-es mérőfrekvencia jellemző sebességét egy Rate határolóval (CA 3130 műveleti erősítő) maximálisan 10 V/μs-ra korlátozzuk. Ez azért szükséges, mert a mérőkört követő impedanciaátalakító kisfogyasztású, LF 351 típusú IC-ből áll, amelynek slew-rate-je 13 V/μs értékű.



2. ábra. Az LC-mérő: mely oszcillátorból, frekvenciaosztóból és méréshatár-átkapcsolóból áll



3. ábra. A mérőkapcsolás és a kijelző egység, mely ICL 7106 A/D átalakító és LCD meghajtó áramkörből, valamint a 3 1/2 digit-es folyadékkristályos kijelzőből áll

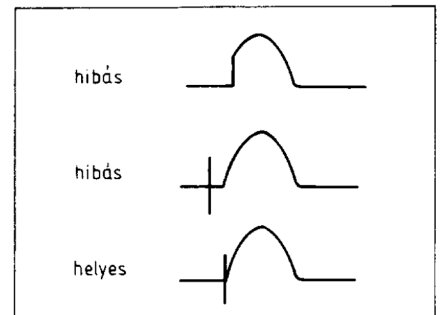


A 200  $\mu\text{F}$ -os tartományban a Slew-Rate-et 100  $\mu\text{V}/\mu\text{s}$ -ra korlátozzuk, hogy a vizsgált darab által felvett csúcáramot alacsonyban tartjuk. Ezzel elkerüljük az alkalmazott egyszerű kapcsolófokozat (ami BC 338, BC 328 tranzisztorokból áll) és az 5 V-os feszültségszabályozó (LM 10) túlterhelését. Egyidejűleg elhárítjuk a telep-feszültségből adódó zavarcsúcsokat is. A Slew-Rate átkapcsolása a G és H jelű nyomógombokkal történik.

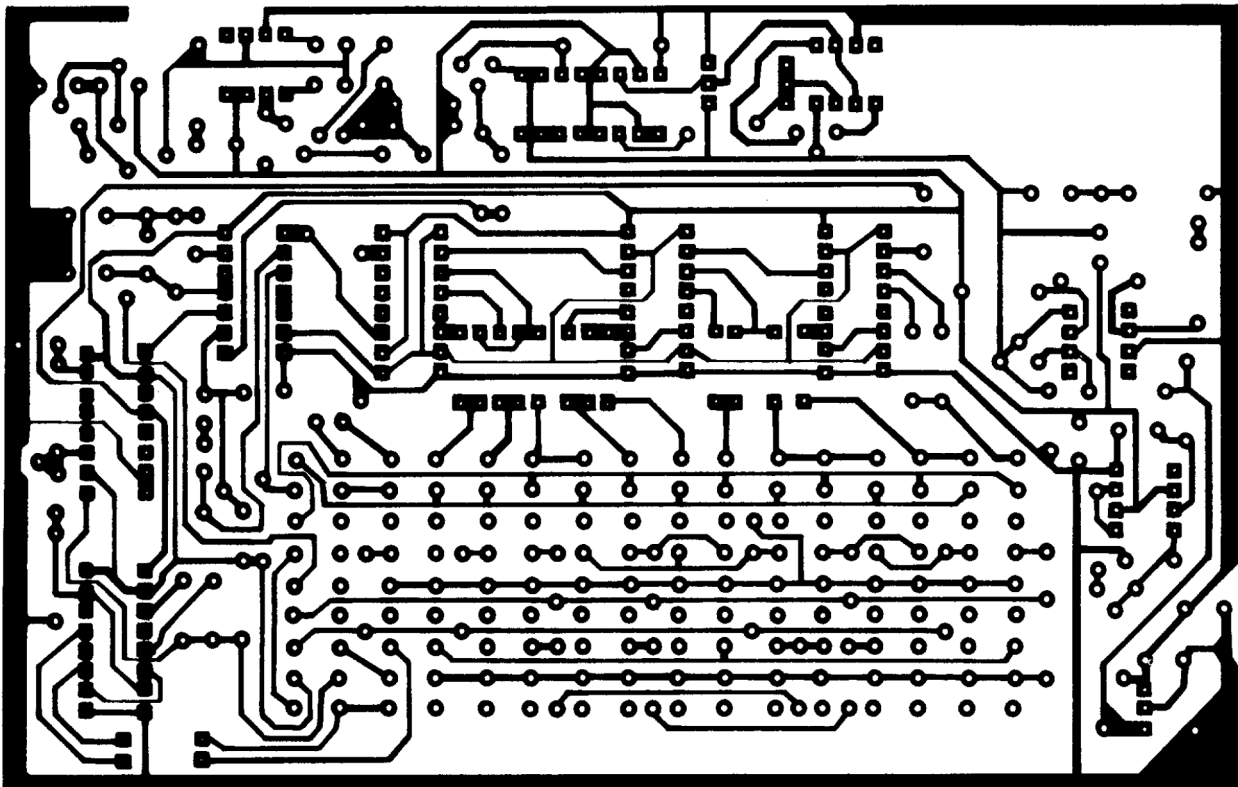
Azért, hogy a CA 3130 3. ábra szerinti túlvézérelt helyzetéből a normális helyzetbe történő visszaállási idejét alacsonyban tartjuk, egy nem hagyományos fáziskompenzációt alkalmazunk (4,7 pF, 100 pF/1 k $\Omega$  és 47 k $\Omega$ /10 k $\Omega$  feszültségosztó). Mindkét 1 N 4148 dióának ugyancsak az a feladata, hogy ezt az időtartamot lerövidít-

4. ábra. A mérési hiba megszüntetése  $L_x$ -et +5 V-ra kapcsoljuk

se. Az így nyert, gyengén trapézalakú feszültséget a kapcsolófokozaton, egy túlvézérelt ellenütemű emitterkövetőn pontosan a 0 és +5 V értékre korlátozzuk. Ez onnan a mérőáramkörbe jut (mely a mért darabból és a méréstartomány saját mérőellenállásából áll) és ott differenciálva lesz.



5. ábra. Így néz ki a görbe, amely a kiegyenlítésnél az oszcilloszkópon látható



6. ábra. Az alappanel fóliarajza

Ha a mérőkör a 4a ábra szerint a testhez volna csatlakoztatva, akkor a pozitív tartományban differenciált jel megszűnése után egyenáram folyna az npn tranzisztoron, az  $R_m$  mérőellenálláson és az  $L_x$  vizsgálati darabon keresztül, ami a tekercs ohmos ellenálláson  $U_r$  feszültséget ejtene és ez a mérési eredményt meghamisítaná. Kiatat jelentene a negatív tartományban differenciált félhullámok továbbfeldolgozása. Mivel a készülék negatív tápfeszültség nélkül működik, az utána következő követőerősítő ezt nem tudná feldolgozni, tehát ezt a megoldást el kell vetnünk. Az előbbieket miatt a mérőkört a +5 V-tal kell összekötni (4b ábra). Ilymódon a pozitív félhullámok nem rejtenek magukban egyenáramú hibát és az LF 351 áramkörrel kivitelezett követőerősítővel lehetséges a feldolgozásuk. Ennek tápfeszültsége +15 V és ezért a jeltovábbítást nem befolyásolja.

A tekercs  $R_L$  ohmos ellenállásának egyébként az a következménye, hogy a mérendő feszültség eléggé alacsony. A mérőkör emiatt úgy lett kialakítva, hogy ez a hiba elhanyagolható.

Az LF 351 nagyértékű bemeneti ellenállása miatt a mérőkör gyakorlatilag nincs terhelve. A három 1 N 4148-as dióda védi a műveleti erősítőt az idegen feszültség és a túlvezérlés által előidézett meghibásodással szemben.

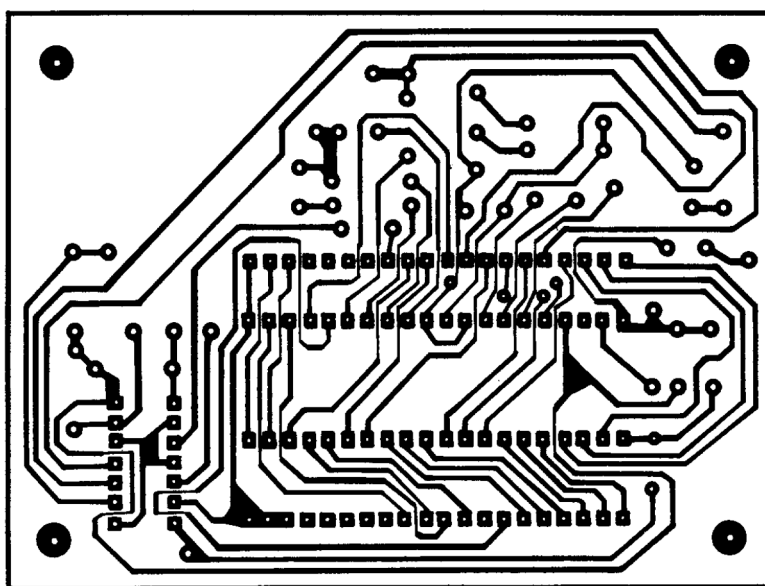
A 4051 típusú analóg kapcsolót a 2-es mérőfrekvencia impulzusai úgy vezérlik, hogy a jel pozitív félhullámait átengedi és a negatívakat lezárja. Ehhez a 2-es mérő-

frekvenciának mindig röviddel a hasznos jel impulzushomlokának beérkezése előtt kell biztosítania az átkapcsolást.

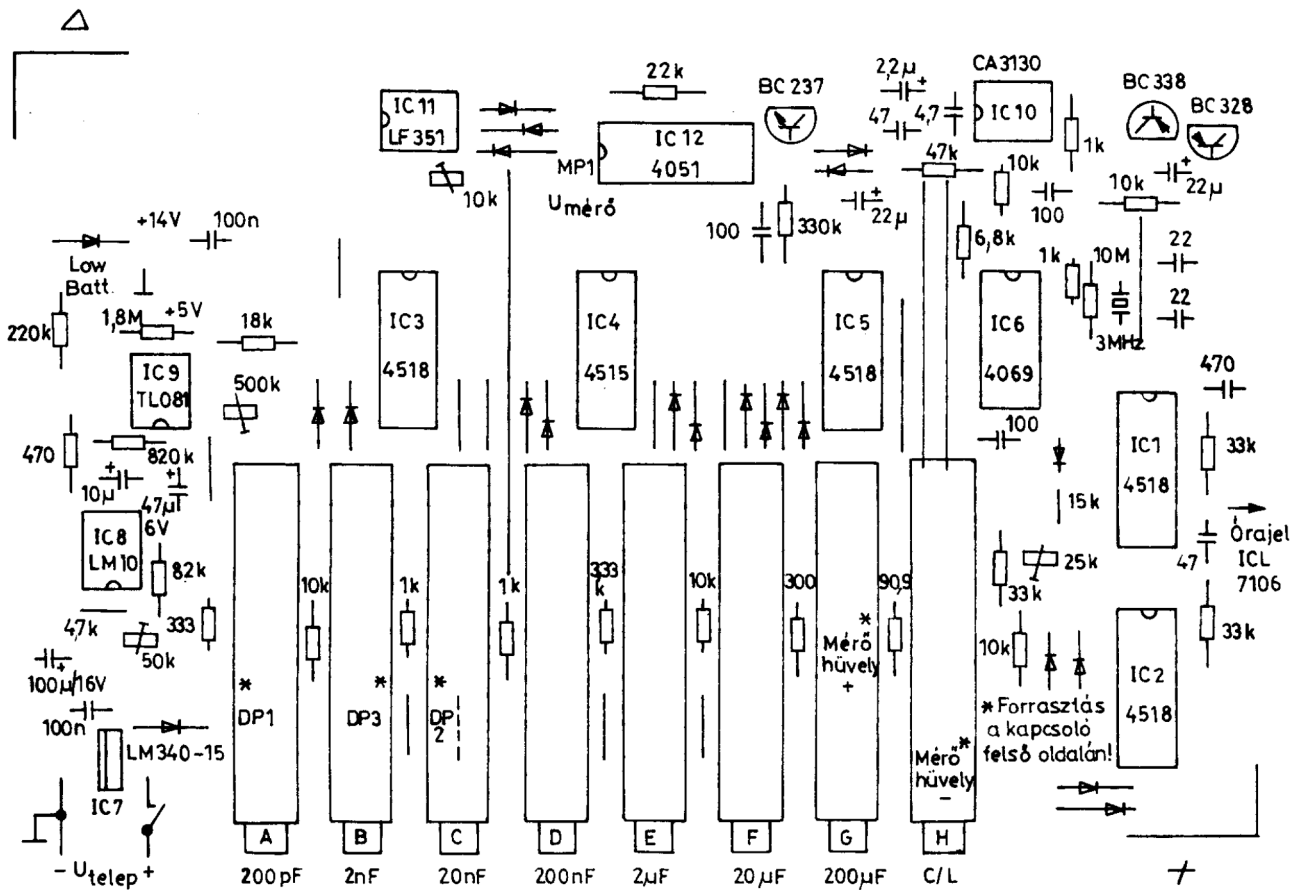
Az 1-es mérőfrekvencia jele a CA 3130 IC-n való átfutáskor mintegy 1...1,5  $\mu$ s késletetést szenved. Ez az időelőny azonban az analóg kapcsoló számára túlságosan nagy volna a 200  $\mu$ H tartományban (ahol a mérőfrekvencia 100 kHz, vagyis a jel félhulláma 5  $\mu$ s időtartamú). Ezért a 2-es mérőfrekvencia jele az 1-es mérőfrekven-

cia jeléhez képest éppen 1  $\mu$ s körüli késletetéssel jelenik meg.

Az előzőekben leírtak alkalmazásával rövid mérési idők adódnak. A mérőfeszültség időközéppértéke 5 V levonásával a vizsgált darab értékétől függő mértéket képvisel. A legegyszerűbb esetben az  $U_{m\acute{e}r\acute{o}}$ -t egy RC-taggal simíthatjuk és ezt követően A/D-átalakítóhoz vezethetjük. Egy ilyen szűrőtag azonban a 200  $\mu$ F-os méréstartományban (mérőfrekvencia 3,33



7. ábra. A kijelzőpanel fóliarajza



8. ábra. Az alappanel szerelési oldala: a nyomógombsort is beültetjük

H) kialakítása folytán zavaróan hosszú integrálási időt idézne elő, ezért másféle utat követünk.

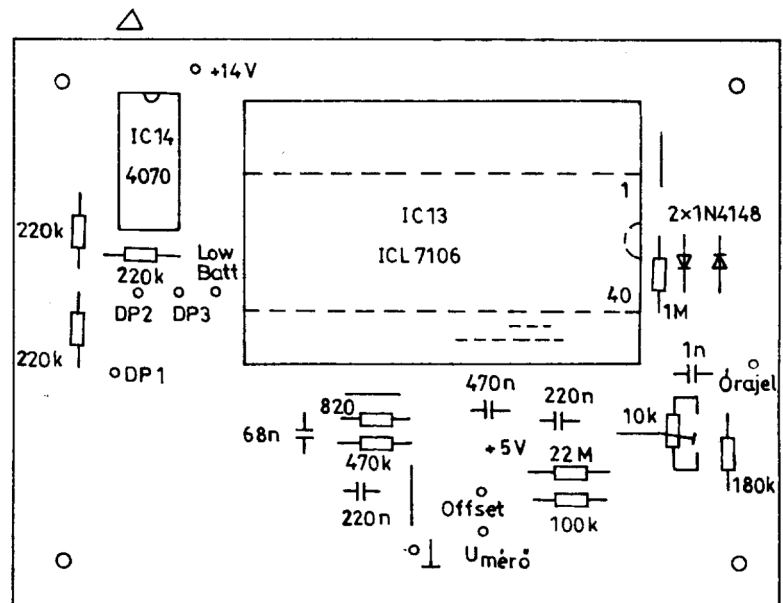
Az A/D-átalakító ICL 7106 (3. ábra) órajelét minden méréstartományban úgy választjuk meg, hogy a jelintegrálási idő folyamán a mérőfrekvencia egészszámú periódusai következzenek be. Az átalakító ily módon kioltja a mérőfrekvenciát és annak felharmonikusait, ezért csak a mérendő feszültség egyenfeszültséghányadát jelzi. Emiatt a 200  $\mu$ F-os tartományban az órajelet 13,33 kHz-re kell csökkenteni. A mérési eredmény megjelenítésének ideje 1,2 s ebben a tartományban és 0,4 s az összes többi méréstartomány esetén.

Az RC-tagnak ami 100 k $\Omega$ -ból és 470 nF-ből áll, az átalakító bemenetén a mérőfeszültséget csak annyira kell simítania, hogy a csúcs- és az időközéppérték ne legyen túlságosan különböző. Ez lehetővé teszi egy zavaró impulzusokra érzéketlen kapcsolás kialakítását az ICL 7106-tal.

A mérővezetékek kapacitásának és induktivitásának kompenzálását úgy végezhetjük el, hogy C-tartományokban a mérőhüvelyeket szabadon hagyva vagy L-tartományokban rövidre zárva az „Offset” potenciométerrel a kijelzőt nullára állítjuk. Az ICL 7106 integrált áramkör referencia-feszültsége +5 V. Ettől függ a kapcsolófokozat kimenőfeszültségének amplitúdója és ezzel együtt még az átalakító bemeneté-

re kerülő mérőfeszültség nagysága is. Mivel ez a feszültség az LM 10 IC-nek köszönhetően mentes termikus vagy más jellegű driftől, így a mérési eredményt sem befolyásolja. Valamennyi méréshatár hite-

lesítése elsősorban az LF 351 nullfeszültségének kompenzálása útján történik egy 10 k $\Omega$ -os trimmer – potenciométerrel ( $U_{2-3} < 0,1$  mV). A lehető legjobb pontosság eléréséhez az  $R_m$  mérőellenállások tü-

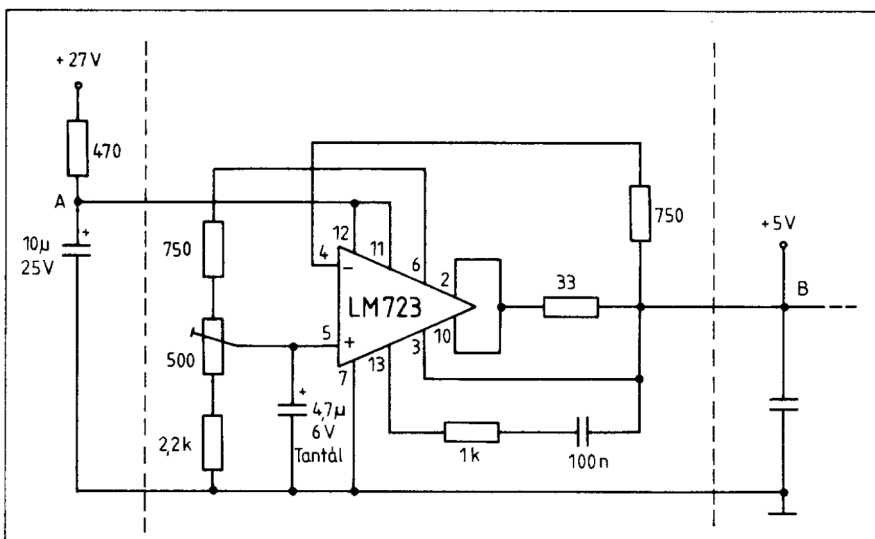


9. ábra. A kijelző egység beültetési rajza: az LCD az átalakító fölött helyezkedik el

rése legalább 1%-os legyen. Ezután a 200  $\mu\text{H}$ -s méréstartományba kapcsolunk (legnagyobb mérőfrekvencia), a mérőhüvelybe egy 50...200  $\mu\text{H}$  értékű tekercset helyezünk, majd rákapcsolunk egy oszcilloszkópot a 4051 típusú analóg kapcsoló 3-as lábára (MP 1). A görbék alakulásának három változatát az 5. ábra szemlélteti. A 25  $\text{k}\Omega$ -os potenciómért a késleltető fokozatban (a két 4069 interver között) úgy kell beállítani, hogy az alsó görbékép adódjon, vagyis a kis „rezgésnek” pontosan a jel kezdőpontjánál kell elhelyezkednie. Végül a 10  $\text{k}\Omega$ -os trimmer potenciómért („kalibrálás”-nak jelöltük) a kijelző egységen úgy állítjuk be, hogy a mérőkészülék a mérőhüvelyre csatlakoztatott referenciaalkatrész pontos értékét mutassa.

Mint azt már korábban említettük, a készüléket három sorbakapcsolt 9 V-os tömbelemről tápláljuk. Az így adódó feszültségből nyerjük az LM 340-15 stabilizátor IC-vel a +15 V feszültséget. Az LM 10 típusú integrált áramkör hozza létre a stabilizált +5 V feszültséget (3. ábra). Ez utóbbi egy referenciaszükségforrást és egy műveleti erősítőt foglal magában. Sajnos ezen IC beszerzése nehézségeket okozhat, éppen ezért megadunk helyettesítésére egy LM 723 IC-vel megvalósított megoldást is. Ezt célszerű egy külön kis panelon elkészíteni – de akár az alappanelra is rátervezhető! – és az A-B pontok közé (3. ábra) bekötni. Ennek a kis helyettesítő áramkörnek a fóliarajzolata és beültetési rajza is megtalálható az ábrák között. A készülék teljes áramfelvétele mérés alatt függően 10...20 mA körüli.

Ha a telepfeszültség egy minimális érték alá süllyed, akkor működésbe hoz egy komparátort (TL 081) és ezt az LCD-n jelzi, aminek következtében az eddig aktív tizedespontot kikapcsolja és a másik kettőt bekapcsolja. Az 500  $\text{k}\Omega$ -os trimmer potenciómért úgy kell beállítani, hogy az átbillenés kb. 20 V elemfeszültségnél következzen be. A felépítés a 6., 7., 8. és 9. ábrákon látható módon két áramköri lapon történik – egyik az alappanel a másik a kijelző



Az LM 10 helyettesítése LM 723-mal

egység. A nyomógombos biztosítja a kezelési kényelmet. Ez hét egymást kiváltó és egy önállóan arretáló tagból áll. Minden kapcsolónak hat átkapcsoló érintkezője van. A mérőhüvely két vezetékének és a kijelzőkártya tizedespont vezetékeinek csatlakoztatása az alapelemezen a forrasztásjelzéseknél történik a nyomógombos felső oldalán kiálló csapokhoz.

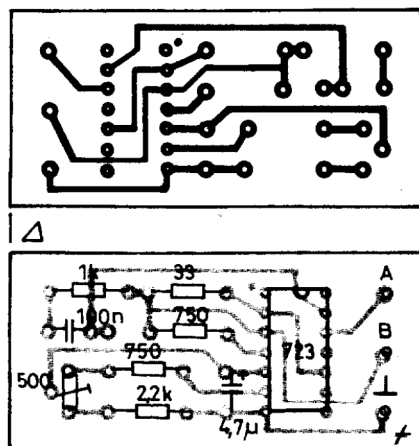
A mérésekhez csak igen rövid mérőszínt szabad használni, különben szükségessé válik az újbóli kompenzálás az „Off-set” potenciómterrel, ami már a hozzákapcsolt hosszabb mérővezetékek hatását is figyelembe veszi. Azért, hogy az LC-mérő mérési pontossága hosszú időn át fenntartható legyen, ajánlatos jó minőségű, pontosan bemért alkatrészeket felhasználni a megépítéshez.

Aki úgy dönt, hogy nem fog bajlódni az elemcserékkel, az egy csengőreduktor segítségével a készülék hálózati táplálását is megoldhatja. Ekkor nincs szükség az alacsony tápfeszültség (Low Batt) indikálására, tehát elmaradhatnak a TL 081 és a hozzákapcsolódó 820  $\text{k}\Omega$ , 220  $\text{k}\Omega$ , 18  $\text{k}\Omega$  és 1,8  $\text{M}\Omega$  értékű ellenállások, valamint az 500  $\text{k}\Omega$ -os trimmer-potencióméter. Ebben az esetben IC<sub>14</sub> (4070) 12-es lábát kössük össze a 13-as kivezetéssel.

A megépítéshez és a készülék használatához sok sikert kívánok!

#### Felhasznált irodalom:

Funkschau 1986/11. szám, 64-69. oldal



A helyettesítő áramkör fóliarajza és alkatrész-beültetési vázlatja

## A HGØFIN Budapesten



A Hajdú-Bihar megyei KISZ Bizottság és az MHSZ Debreceni Városi Rádióklub közös rendezésében – a Forradalmi Ifjúsági Napok alkalmából – március 15-20. között a HG5A hármashatárhegyi verseny – QTH-jéről dolgozott a HGØFIN alkalmi hívójelű rádióműsor állomás. Operátorok voltak (balról): ØHM Sanyi, ØEK Dezső, ØHA Gyula és ØBT János.

– HG5RV –