

Kapacitásmérő

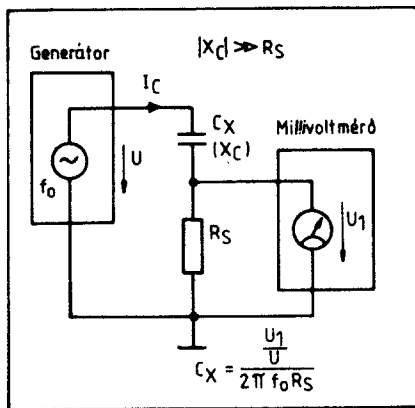
Verik János okl. vill. üzemmérnök

Sokszor előfordul, hogy pl. szűrőkörökben a frekvencia értékét igen pontosra kell beállítani. Ehhez legalább 1% tűrésű kondenzátorokra lenne szükségünk, amelynek beszerzése a jelenlegi alkatrészellátást ismerve nehézkes és drága lenne. A megoldás az lehet, hogy a kívánt kapacitásértéket nagyobb tűrésű kondenzátorok közül mérésrel választjuk ki.

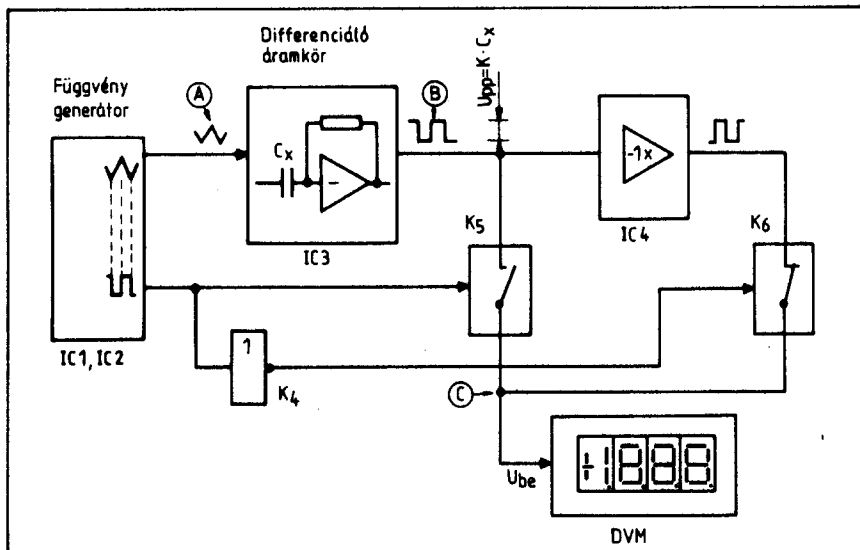
Az alábbiakban ismertetett műszer hat méréshatárban a 0,1 pF – 20 000 µF tartományba eső kondenzátorok pontos értékének meghatározására alkalmas. A műszeres mérés lehetővé teszi a gyanús kondenzátorok kiszűrését, mivel zárlat esetén a kijelző villogtatásával, szakadás esetén a 000 érték bármely méréshatárában történő kiírásával tájékoztat a mért alkatrész állapotáról.

Az elektronika őskorában a kondenzátorokat és induktivitásokat hid-kapcsolással vizsgálták. Ez a mérőhid egy külső generátorból, tápegységből és egy érzékeny galvanométerből nagyon precíz és ezért drága referencia-kondenzátorokból és/vagy tekercsekből állt. Ezenkívül a mérési összeállítás számos összekötést, huzalozást igényelt. A laborzsargonban azokat a specialistákat, akik egy mérőhidat hiba nélkül tudtak összeállítani, „hidszent”-nek nevezték. A mérőhidak előnye azonban vitathatatlan: velük ugyanis az összes olyan jellemzőt (jóság, veszteség) meg tudjuk állapítani, amelyek fontos jellemzői az induktivitásnak vagy a kapacitásnak. Ilyen sok információra azonban egy átlag hobbilaborban nincs szükség.

A legegyszerűbb kapacitásmérési elv az, amikor a mérendő kondenzátort egy oszcillátorba kapcsoljuk és a megváltozott frekvencia értékét mérjük. Ezt megtehetjük egy frekvenciamérővel vagy frekvencia-feszültség átalakítás után egy megfelelően skálázott voltmérővel is. Erre koráb-



1. ábra



2. ábra

ban több kapcsolás jelent meg 555-ös időzítő IC-vel.

Egy más mérési eljárást szeretnénk ismertetni az alábbiakban, amely az 1. ábra alapján követhető. A trükk ebben a kapcsolásban, hogy az ismeretlen C_x kapacitást a bemeneti jel differenciálása után ($C_x - R_s$ hálózaton keresztül) feszültségméréssel határozzuk meg. Ha ebben a kapcsolásban az R_s ellenállás sokkal kisebb, mint az $|X_{C_x}|$ váltóáramú ellenállás, akkor C_x értéke a következőképpen számítható:

$$C_x = \frac{U_1/U}{2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot R_s}$$

U , f_0 és R_s ismertek és állandó értékűek, így csak a mért U_1 -et kell a képletbe behelyettesíteni. Természetesen nem akarunk minden kapacitásmérésnél számológéppel dolgozni, hanem szeretnénk az eredményt közvetlenül leolvasni. Ezért az előző ábrán látható mérési elrendezést továbbfejlesztjük.

Az eredmény a 2. ábrán látható, az elrendezést egy egyenirányítóval és digitális voltmérővel (DVM) egészítettük ki.

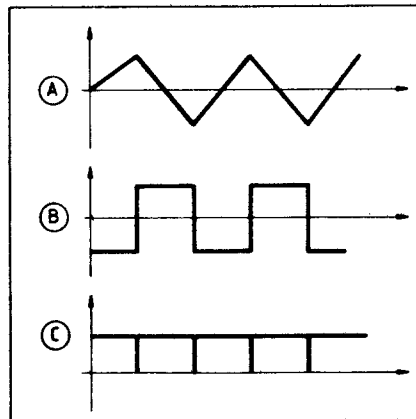
Az áramkör működése

A generátor háromszögjelet állít elő, melyet az ismeretlen kondenzátorra vezetünk. Ez a kondenzátor egy differenciáló áramkör részét képezi. A differenciáló áramkör kimenetén négyyszögjel jelenik meg, melynek amplitúdója a kapacitásértéktől függ. Az 1. ábrával összehasonlítva itt a négyyszögjel amplitúdója U_1 -nek felel

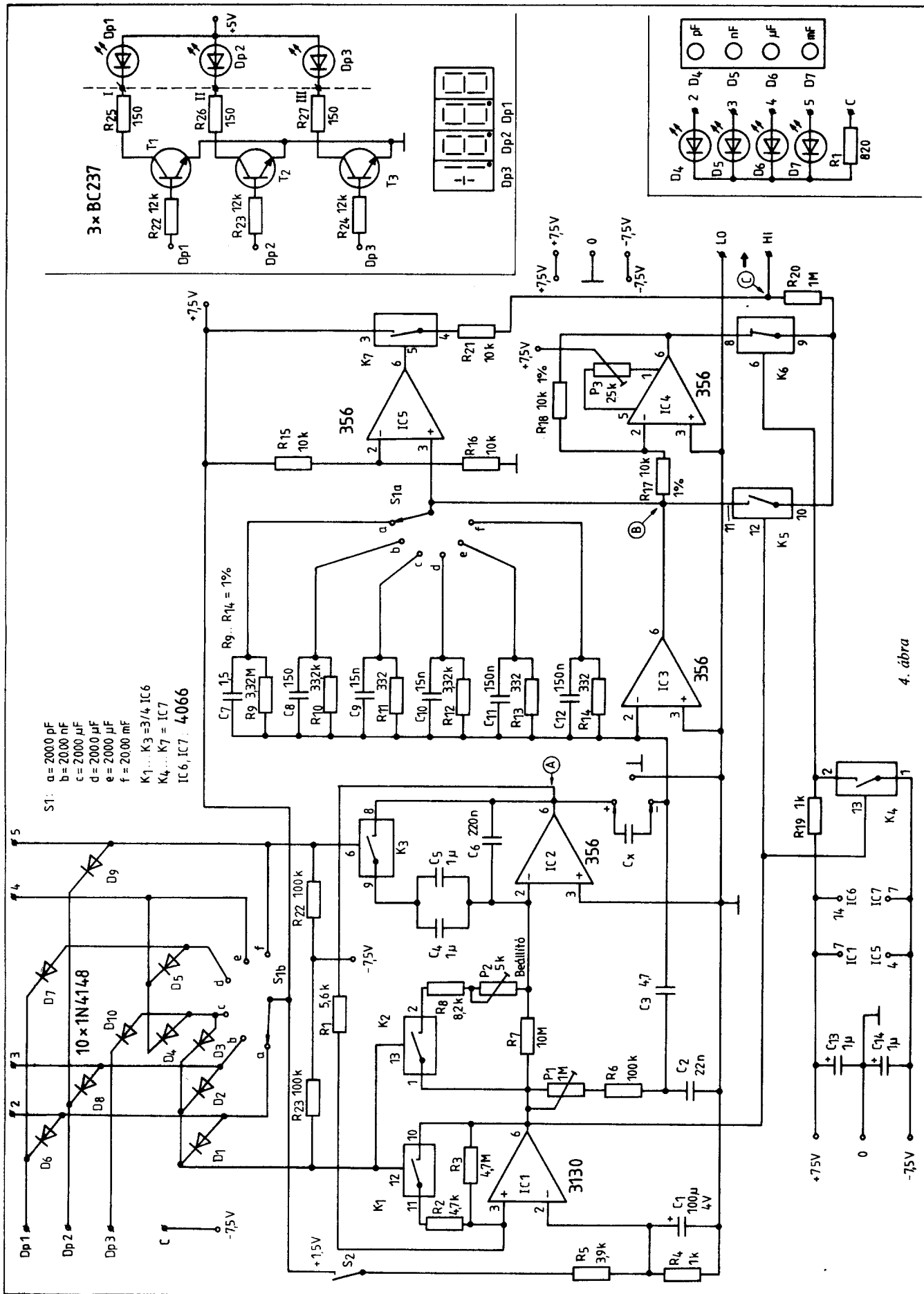
meg. Ebből a négyyszögjelből egy fázisérzékeny szinkron egyenirányítóval egyenfeszültséget állítunk elő, amelyet végül egy DVM mér.

A „fázisérzékeny szinkron egyenirányító” kifejezés meglehetősen komplikáltnak hangzik, de működését könnyen megérthetjük. A differenciáló áramkör kimenetén levő négyyszögjel a K_5 kapcsolón fázisban a K_6 kapcsolón pedig invertálva jelenik meg. A kapcsolók vezérlése olyan (szinkronban a háromszögjellel), hogy a négyyszögjelnek mindig csak a pozitív része haladhat át. A két jelet összegezzük, így egyenfeszültséget kapunk. Az impulzusdiagramban (3. ábra) láthatók a jelalakok az előbbiekkal összhangban.

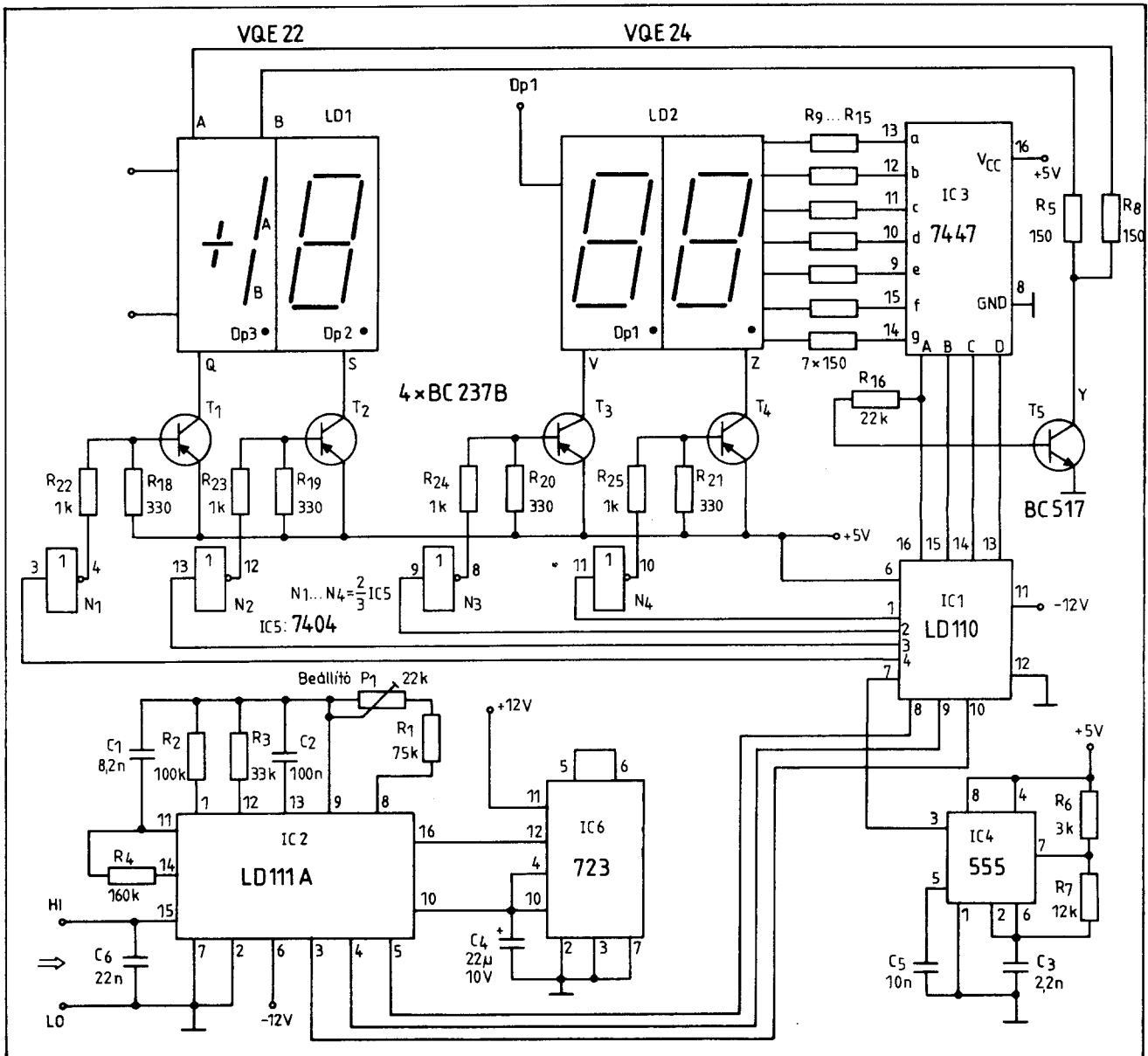
Elemezzük a kapcsolást a 4. ábra alapján! IC_1 és IC_2 együtt függvénygenerá-



3. ábra



4. ábra



5. ábra

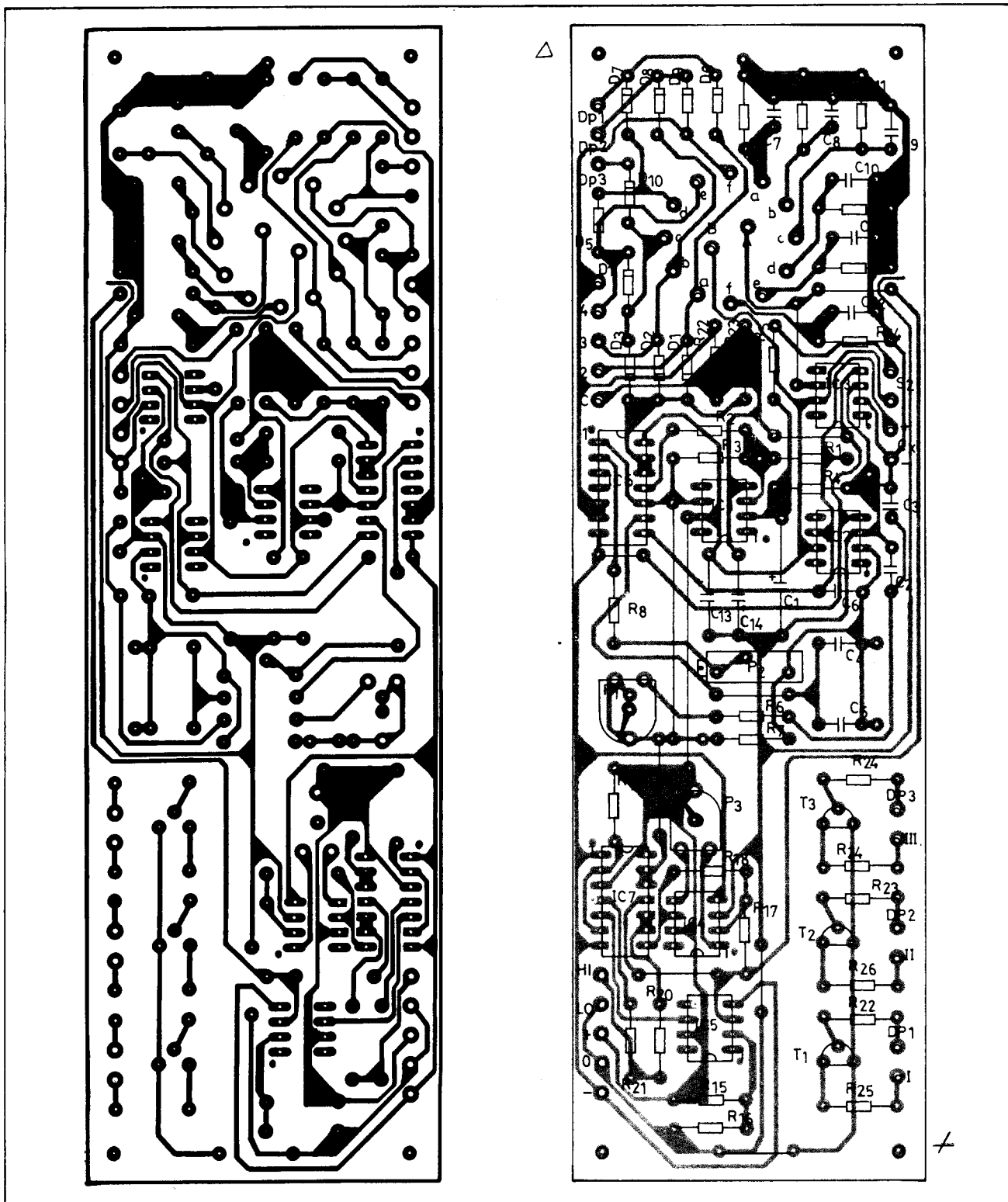
tort képez. IC₁ Schmitt-trigger, IC₂ egy integrátor, ezek sorba vannak kapcsolva. A Schmitt-trigger állandó amplitúdójú kimenő feszültséget állít elő, melyet az integrátor növekvő feszültséggé alakít át. Amikor ez a jel eléri a Schmitt-trigger komparálási szintjét, akkor azonnal megváltozik az integráló feszültség előjele. Ez a jel mindaddig így marad, míg a következő triggerelő jel nem billenti a Schmitt-triggeret. Így tehát IC₁ kimenetén négyzögjel, IC₂ kimenetén háromszögjel jelenik meg. Ez a háromszögjel lesz a C_x ismeretlen kapacitás vizsgáló jele, amelyet az IC₃-mal felépített differenciáló áramkörhöz vezetünk. IC₃ kimenetén tehát négyzögjel jelenik meg, melynek amplitúdója a vizsgáló-jeltől, azaz C_x értékétől függ. Ezt a jelet K₅ és K₆-tal felépített egyenirányítóra juttatjuk, K₅ IC₃-ról közvetlenül, K₆ IC₄-ről

invertálva kapja meg. A kapcsolók vezérlését IC₁ végzi. K₅-re közvetlenül, K₆-ra K₄-en keresztül invertálva adjuk a vezérlőjelet. K₅ és K₆ kimeneti jelet összegezve, R₂₀-on keresztül a DVM bemenetére vezetjük azt. A P₁, R₆ és C₂-vel felépített aluláteresztő szűrő IC₁ négyzögjéből egy kis amplitúdójú háromszögjelet formál. Ezt a jelet IC₃ bemenetére vezetjük C₃-on keresztül. Itt a vizsgálójel ehhez a jelhez képest ellenfázisban van, így módon sikerül a vizsgálókapcsokon az elkerülhetetlen parazita kapacitásokat kiküszöbölni. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy nyitott kapcsoknál P₁-et úgy kell beállítani, hogy a DVM minden helyi értékén nullát mutasson!

IC₅ kimenőjelét a DVM-hez vezetjük, amely rosszul megválasztott mérésáttárolásnál túlsordulásjelzést biztosít. Amennyi-

ben ugyanis C_x egy beállított mérésáttárolásnál nagyobb, akkor IC₃, melynek bemenetén háromszögjel van, nem differenciátor-ként, hanem komparátorként fog működni. Lássuk hogyan: IC₃ kimenetén négyzögjel jelenik meg, amely a tulajdonképpeni várt feszültséghez képest kb. 90°-os fáziseltolásban van. Ezért ebben az esetben az egyenirányító kimenetén nem lesz jel, a DVM nullát jelezni ki. IC₅ most egy fix bemeneti szintnél bekapcsolja K₇ kapcsolót. Ebben az esetben a DVM bemenetére R₂₁-en keresztül nagy egyenfeszültség kerül és a DVM túlsordulást jelez.

Még néhány gondolat a mérésáttárolásokhoz és vizsgálójelekhez. A mérésáttárolások közötti átkapcsolást S₁ végzi. 0 és 2 μF közötti kondenzátoroknál a háromszögjel amplitúdója 1,8 V_{cs-cs}, frekvenciája kb. 1 kHz. Ebben az esetben K₁ és K₂ zárva



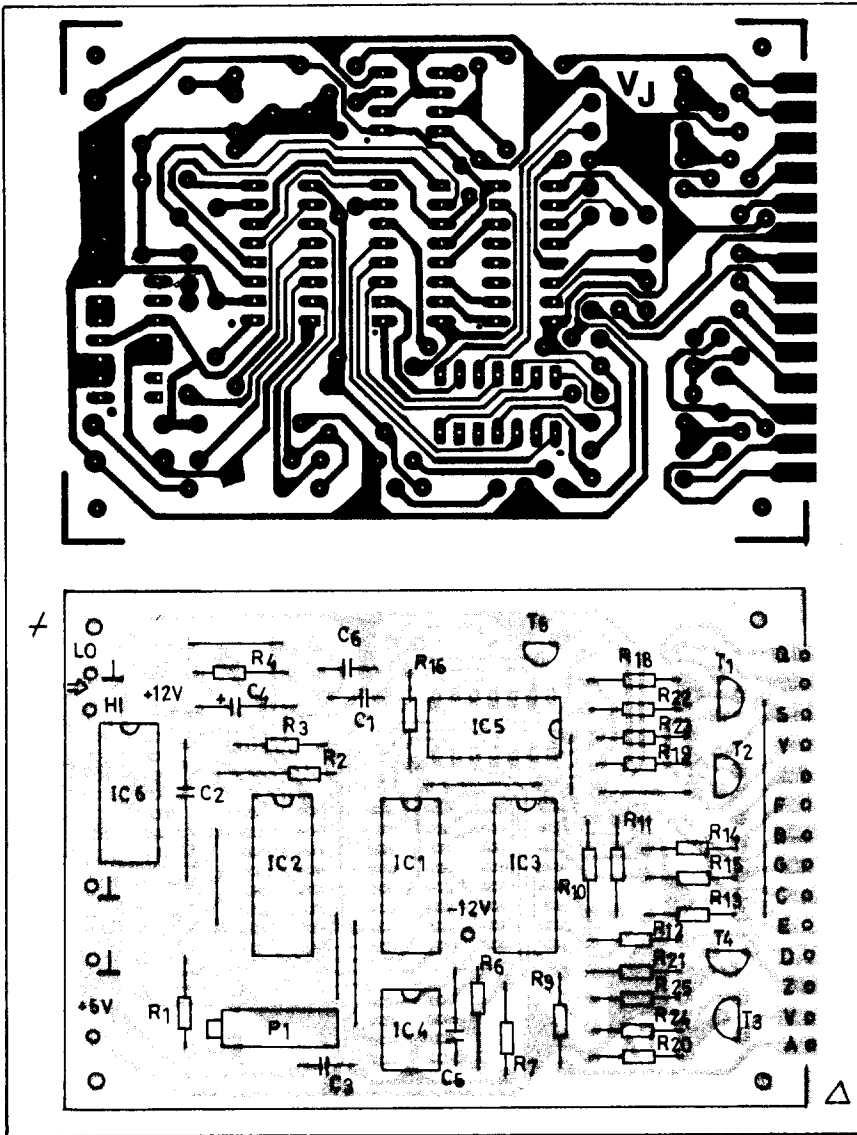
6. ábra

vannak. Ezzel három méréshatárban tudunk minden nem polarizált kondenzátort mérni, ahol is a vizsgálati feltételek megfelelnek a gyártó előírásainak.

Elektrolit-kondenzátorok mérésére szintén három méréshatár áll rendelkezésünkre.

re. Itt a mérés redukált frekvenciával és mérőfeszültséggel történik ($f=100$ Hz, $U_{\text{vizsg}}=18$ mV_{cs-cs}, K_1 és K_2 nyitott). A gyártó által előírt vizsgálati feltételek itt is megfelelőek. „f” méréshatárban a frekvenciát 10 Hz-re csökkentjük (K_3 zárva),

azért mert a 100 Hz-nél folyó áram kb. 72 mA lenne és ez nagyon terhelné a műveleti erősítőt. Emiatt a mérési pontosság ebben a méréshatárban 10–15% közötti. Ez azonban még mindig nem rossz, mert az elektrolit-kondenzátorok pontos értéke



7. ábra

ebben a nagyságrendben a legtöbb esetben nem érdekes.

A többi méréshatárban ezzel szemben 1% körüli a mérési pontosság.

Ha a „c” méréshatárban is szeretnénk elektrolit kondenzátort mérni, akkor S_2 -vel, 1,5 V körüli offset-feszültséget adunk a vizsgálójelre. Így az elektrolit-kondenzátor vizsgáló feszültsége mindig pozitív lesz. A többi méréshatárban az alacsony negatív feszültség nem okozhat kárt (kb. $9 \text{ mV}_{\text{ca-cs}}$). A tizedespontot S_{1b} kapcsolóval és a hozzá tartozó dióda-mátrix hálózattal jelöljük ki, mégpedig a $T_1 \dots T_3$ tranzisztorok vezérlésével. $D_4 \dots D_7$ LED-ek a kiválasztott méréshatárt mutatják.

Az 5. ábrán látható három és fél digitális panelmérő lényegében a Rádiótechnika 1981/2. számában megjelent leírás módosított korszerűsített változata. Az LD 111 típusú integrált áramkört lecse-

rétük LD 111A-ra, ehhez módosítanunk kellett a hozzá kapcsolódó áramkörti elemeket is.

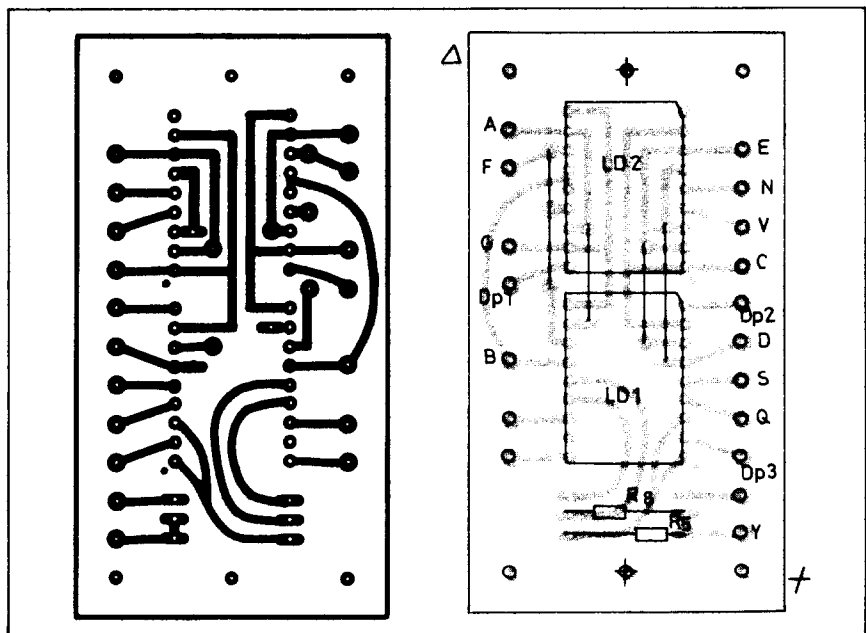
Némely alkatrész értéke változott, néhány pedig elmaradhatott. Ezenkívül az ott FET-tel és Zener-diódával kivitelezett referencia-feszültségforrást itt a nagyobb stabilitás érdekében egy 723-as stabilizátor IC-vel állítottuk elő. Azok kedvéért, akik a fentebb említett számhoz nem tudnak hozzájutni, egészen röviden ismertetjük az áramkör működését. A mérendő jel egy analóg-digitál konverter bemenetére kerül. Ez az áramkör (LD 111A) egy kettős integrálás elvén működő igen nagy bemenő ellenállású integrált áramkör. Az LD 111A IC több ponton csatlakozik az LD 110 digitális processzorhoz, mely a digitalizált analóg jelet kijelzésre alkalmas formába hozza. Az LD 110 kimenetein bináris formában időmultiplex rendszerben jelenik meg a bemenetre vezetett egyenfeszültség.

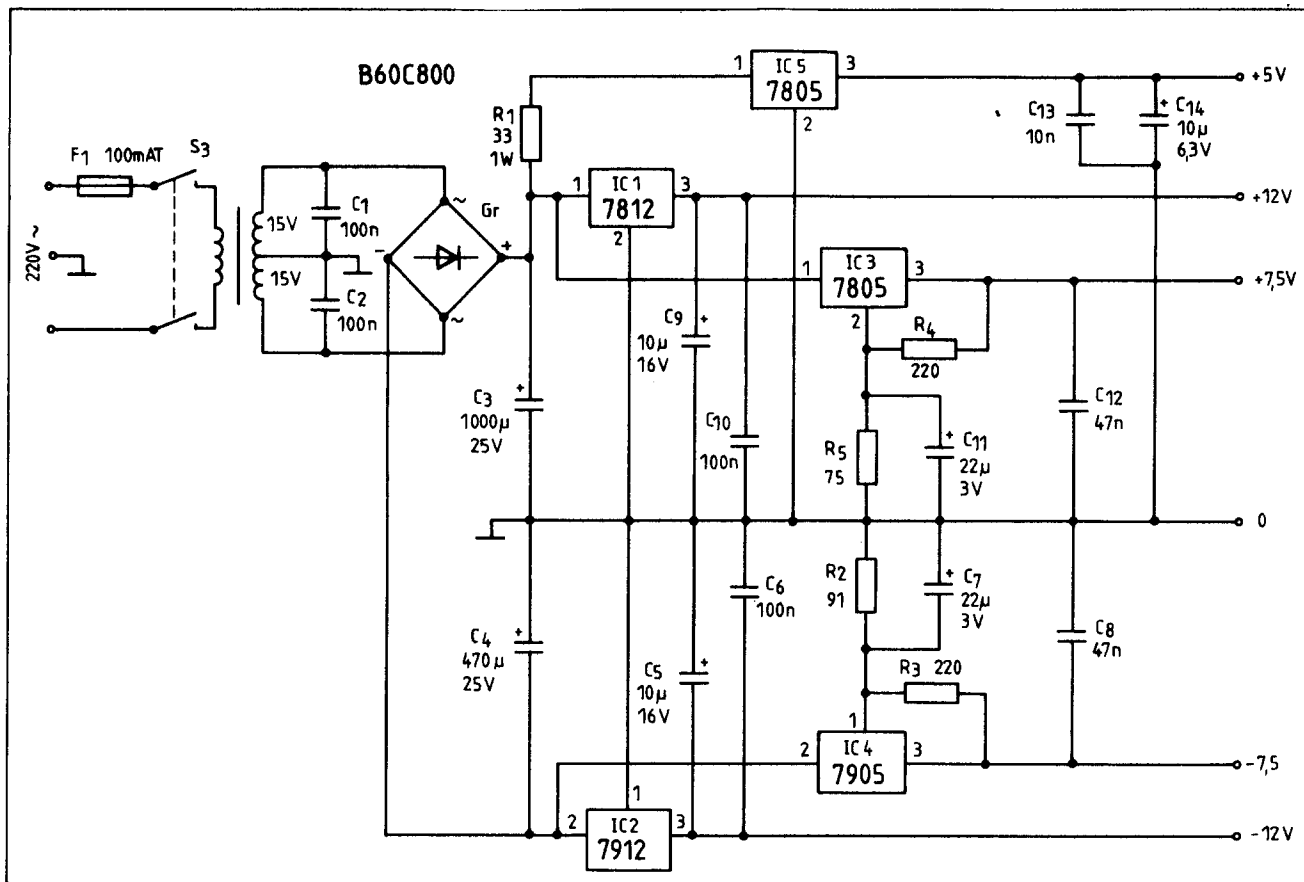
Ezek a kimenetek vezérlik egyrészt a BCD-7-szegmenses dekódolót (7447), másrészt az illesztő inverteren (7404) és tranzisztorokon ($T_1 \dots T_4$) keresztül a kijelzők anódjait. Az IC_6 hőkompenzált áramkör biztosítja a referencia-feszültséget az analóg-digitál konverter számára. A digitális mérőmű órajelet egy külön kialakított oszcillátor szolgáltatja. Ez egy 555-ös integrált áramkörből kialakított astabil multivibrátor, amelynek frekvenciája 24,5 kHz. Ez 4 minta/másodperc mintavételezési ciklus esetén jelentős 50 Hz-es zajnyomást eredményez.

A megépítés

Ezek után rátérhetünk az elkészítésre. A kapacitásmérő előtét nyomtatott áramkörti lapját ültessük be a 6. ábra alapján úgy, hogy C_{10} és R_{12} helyére forrcsúcsok kerüljenek. Erre a műszer beállításakor lesz szükség. Forrasszuk hozzá a mérés-

8. ábra





9. ábra

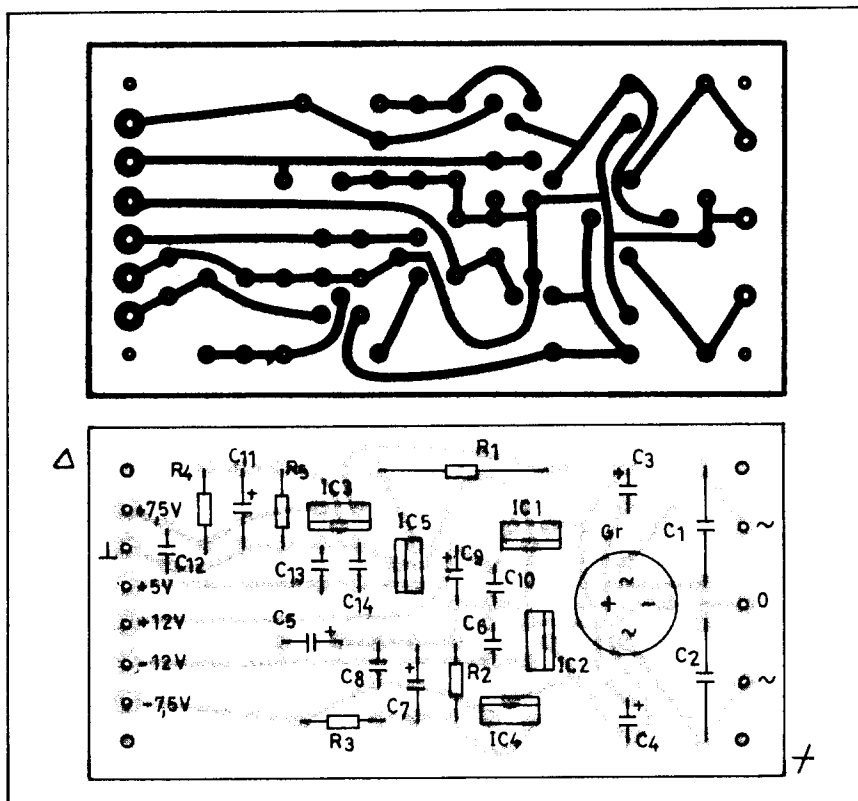
tárt kijelölő LED-eket. Szereljük fel a DVM panelját is a 7. ábra szerint. Kössük össze vele a 3 és fél digit, közös anódú kijelzőt (8. ábra).

Az áramköri lapokat egy készen kapható alumínium dobozba szereltük. A jó árnyékolás biztosítása érdekében, a mérő- és kijelző NYÁK közé egy alumíniumlemez tegyünk, melyet a tápegység leghidegebb pontjához kötünk. Mindkét panelnál az alkatrészoldal néz az árnyékoló alumíniumlemez felé. Az azonos pontokat mind a két áramköri lemezen összekötjük.

A csatlakozókat, melyeken a mérendő kondenzátor lesz, kéteres árnyékolt kábellel kell a mérő NYÁK-kal összekötni. Az árnyékolást csak a panelon kell a C_x csatlakozási pont körül kialakított testpontra kötni. Már csak S_2 kapcsolót kell bekötünk és elkezdhetjük az élesztést.

A hálózati kapcsoló, transzformátor és a biztosíték a foglalattal a doboz hátuljára kerülnek. A transzformátort minél tovább helyezzük el a mérőponttól.

Az alkalmazott tápegység kapcsolási rajzát mutatja a 9. ábra. Fontos a jól szűrt és stabilizált tápfeszültség alkalmazása. A 10. ábrán a nyomtatott áramköri lap fólia- és alkatrészoldala látható, melynek alapján a szerelést elvégezhetjük.



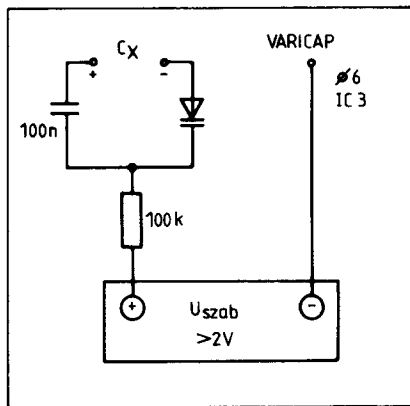
10. ábra

A beállítás

A műszer beállítását a következőképpen végezzük el: Először S_1 kapcsolóval „f” pozícióba kapcsolunk és P_3 trimmerpotenciometert addig állítjuk, míg a kijelzőn 000 jelenik meg. Ezután S_1 -gyel „a” állásba váltunk és P_1 -gyel a mérőlemezen addig szabályozunk, míg a kijelző itt is 000-t mutat. Ezek után a kapacitásmérőt kikapcsoljuk és R_{12} helyére 1%-os tűrésű 33,2 k Ω -os ellenállást, C_{10} helyére pedig 150 pF-os kondenzátort forrasztunk. A műszer ismételt bekapcsolása után a mérőkapszokra egy 1,5 μ F-os tömbkondenzátort helyezünk. S_1 -gyel „d”-be kapcsolunk, a mutatott értéket leolvassuk és megjegyezzük. Most S_1 -gyel „c”-be állunk és P_2 -t úgy állítjuk, hogy a kijelzőn azt az értéket lássuk, amelyet az előbb megjegyeztünk. Ennél a beállításnál a tizedesponthelynek nincs szerepe. A „hamis” R_{12} és C_{10} elemeket eltávolítjuk és a végleges értékeket (3,32 k Ω és 15 nF) forrasztjuk be. Végül C_x kapszokra egy 10 nF/1%-os kondenzátort helyezünk. S_1 -et „b” pozícióba kapcsoljuk és P_1 -gyel addig szabályozunk a kijelző panelon, amíg pontosan a 10.00 nF értéket le nem tudjuk olvasni.

Alkalmazhatunk nagyobb toleranciájú kondenzátort is a végbeállításához, természetesen a mérési eredmény ennek megfelelően pontatlanabb lesz. Ezzel a beállítást befejeztük.

Ha valaki csak adapterként kívánja használni az áramkört már meglévő digitális voltmérőjéhez, ezt is megteheti, de a kapacitásérték helyes leolvasása nem nélkülöz némi odafigyelést. A tizedesponthelynek



11. ábra

ugyanis a „c” méréshatár kivételével nem a megfelelő helyen áll, erre vigyázni kell! A DVM-et 2 V DC méréshatárban használjuk. A kijelző megépítése ekkor szükségtelen.

A beállítást az előzőekhez képest az alábbi módosítással végezzük el: Először is R_{20} ellenállást cseréljük ki 100 k Ω -osra, valamint a HI és LO csatlakozó pontok közé tegyünk egy 1 M Ω -os beállító trimmerpotenciometert. Az 1 M Ω -os potenciométer csúszkája lesz a kapacitásmérő adapter kimenete. Ezzel állítjuk be a 10 nF-os referencia-kondenzátornak megfelelő 1.000 kijelzési képet a DVM-en. Figyeljünk, mert mint ahogy azt az előbbieken említettük, a tizedesponthely kijelzése itt hamis! A tényleges nagyságrend meghatározásához a méréshatárkapcsoló állását vegyük figyelembe, a kijelzett érték csak számértékileg helyes. A tápegység ebben az esetben lényegesen egyszerűsödhet, hiszen

csak $\pm 7,5$ V-ra van szükségünk. A mérendő kondenzátort a C_x kapszokra tesszük, a megfelelő méréshatárt S_1 kapcsolóval választjuk ki.

A kapacitásmérővel kapacitásdióda kapacitását is megmérhetjük. Ehhez egy változtatható feszültségforrás is szükséges. A mérési összeállítás a 11. ábrán látható. A leolvasott kapacitás függ a beállított feszültségtől. Ily módon a dióda feszültség-kapacitásérték karakterisztikáját lehet megállapítani. Arra kell csupán vigyázni, hogy a beállított feszültség ne essen 2 V alá, különben a dióda vezet. Ezzel a módszerrel a mérési eredmény hibája 1% alatti. IC₃-6-os lába S_{1a} középérintkezőjén van, így adott esetben egy vezetékkel „Varicap” csatlakozót lehet az előlapon kialakítani.

Fontos, hogy csak kisütött kondenzátort helyezünk a mérőkapszokra! Ezért legjobb minden mérés előtt egy ellenállással kisütni a vizsgálandó elemet. Kis méréshatárokból ne alkalmazzunk mérőszinórt!

Végül megállapíthatjuk, hogy kapacitásmérőnk előnyei a következők:

- a kondenzátorokat értéküknek leginkább megfelelő frekvenciával méri,
- a veszteségi áram elhanyagolható mértékben befolyásolja a mérési eredményt,
- a huzalozásból eredő kapacitásokat úgy lecsökkenti, hogy 1 pF alatti kondenzátorokat is mérhetünk,
- a vizsgálat befejezése, a mérési eredmény kijelzése 1 másodpercen belül megtörténik. Ez 10 000 μ F értékű kondenzátor esetén is így van!

Zenét szolgáltató telefonadapter

Az ábrán bemutatott áramkör alkalmas arra, hogy várakozáskor a hívónak zenét szolgáltassunk, amíg vissza tudunk térni a telefonhoz. (Ez a konstrukció megoldás közvetlen csatlakozást igényel a telefonvonalhoz, melynek alkalmazásához a Posta engedélyre van szükség!)

A kapcsolás mindössze nyolc alkatrészt tartalmaz. A működés alatt az áramkör párhuzamosan kapcsolódik a távbeszélővonalra. Amikor híváskor felemeljük a telefonkészülék kézibeszélőjét, a vonalfeszültség igen kis értékre csökken. Még akkor is, ha a G_1 tartást biztosító nyomógombot (mikrokapcsolós pillanatkapcsolót) megnyomjuk, ez a feszültség túlságosan kicsi ahhoz, hogy az áramkört aktiválja. Abban az esetben azonban, ha a nyomógombot megnyomjuk és a kézibeszélőt visszahelyezzük a helyére, akkor a telefonvonalon a feszültség hirtelen megemelkedik (kb. 48 V egyenfeszültség-értékre). A kapcsolásban az R_1 , LED_1 és Tr_1 a G_1 nyomógomb megnyomásának pillanatában feszültségosztót alkot az R_2 ellenállás-

sal. Ez azt eredményezi, hogy a vonalfeszültség egy része rákerül a tirisztor kapu-elektrodájára. Így a tirisztor begyűjt. A triggerelt tirisztor rövidzárként viselkedik és a telefonvonal kapcsain sorbaköti egymással az R_1 ellenállást, a LED_1 -et, a Tr_1 transzformátort, a Ti_1 tiriszort és a D_1 diódát. A soros áramkör ellenállása 1100...1400 Ω között van, mely tartási állapotba helyezi a vonalat. Ha ekkor a rádióból, vagy magnetofonból kapott hangfrekvenciás jelet adunk a Tr_1 transzformátor primer tekercsére, akkor a jel a távbeszélő vonalra csatlakozik, és a várakozó személy ezt hallja.

Amikor ezt követően a kézibeszélőt felemeljük, a vonalfeszültség ismét lecsökken. Az áramhiány a tirisztor kioltásához, vagyis vezető állapotának megszűnéséhez vezet, így a hangfrekvenciás jel a kézibeszélő felemelésének pillanatában leválasztódik a telefonvonalról.

Az elkészített egység bevizsgálásához kell, hogy egyik barátunk felhívjon bennünket. A beszéd kezdetén közöljük vele, hogy egy rövid ideig várakoztatni fogjuk. Ezután nyomjuk be a G_1 nyomógombot és tegyük vissza a helyére a kézibeszélőt, miközben a nyomógombot benyomva tartjuk. Ha már előzőleg hangfrekvenciás jelet

adtunk a Tr_1 transzformátor primer tekercsére, akkor a barátunk telefonkagylójának a hallgatójában meg kell jelennie a hangfrekvenciás jelnek. Ez azt jelenti, hogy a jel sikeresen becsatlakozott a telefonvonalba.

A várakozó személy addig fogja hallani a zenét, amíg ismét fel nem emeljük a helyére tett kézibeszélőt (kagylót). A LED_1 egész idő alatt fényesen világít, arra emlékeztetve bennünket, hogy a vonal túlsó oldalán partnerünk várakozik. A kézibeszélő felemelésekor a LED_1 fénye kialszik.

