

Automata kisütő Ni-Cd akkukhoz

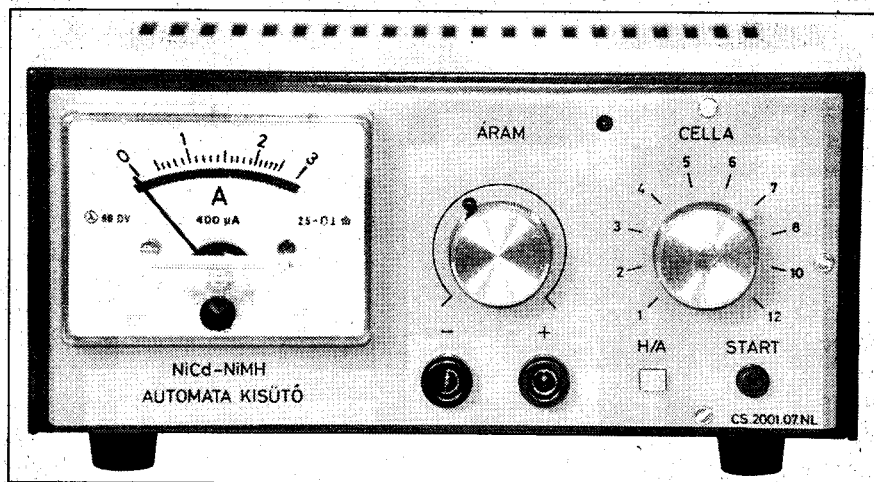
Németh Lajos tanár

Az ipari és a házi készítésű töltőkészülékek nem mindegyike rendelkezik kisütő egységgel, pedig az akkuk helyes kezeléséhez erre feltétlenül szükségünk van.

A felhasználók körében bizonyára ismeretes a Ni-Cd akkuk jellegzetes tulajdonsága, az ún. memóriaeffektus, vagyis a cellák „emlékeznek” arra, hogy az utolsó töltés milyen töltöttségi szintről indult. A kisütés (a használat) során eddig a töltési szintig normálisan működnek. További fogyasztáskor hirtelen teljesítménycsökkenés lép fel, pedig még van az akkumulátorban energia. Ez a jelenség különösen egy modellmotor meghajtásakor igen kellemetlen a versenyzés közben.

A jelenségnek az az oka, hogy a többszöri rátöltés következtében az „alsóbb rétegekben” nagykristályok alakulnak ki, amelyeknek a lebomlása a további terhelésnél nem olyan aktív, így ebből adódik a teljesítménycsökkenés.

Mindezekből következik, hogy az ún. rátöltés nem kedvező megoldás, ennek eredményeként egyre kisebb lesz az akkuk kapacitása. Ezért minden újabb töltés előtt le kell méríteni az akkukat 1 V/cella feszültségig, vagy



1. fénykép. A készülék előnézetben

még ez alá. (A modellezők kedvelik a 0,5...0,8 V/cella értékig való kisütést.)

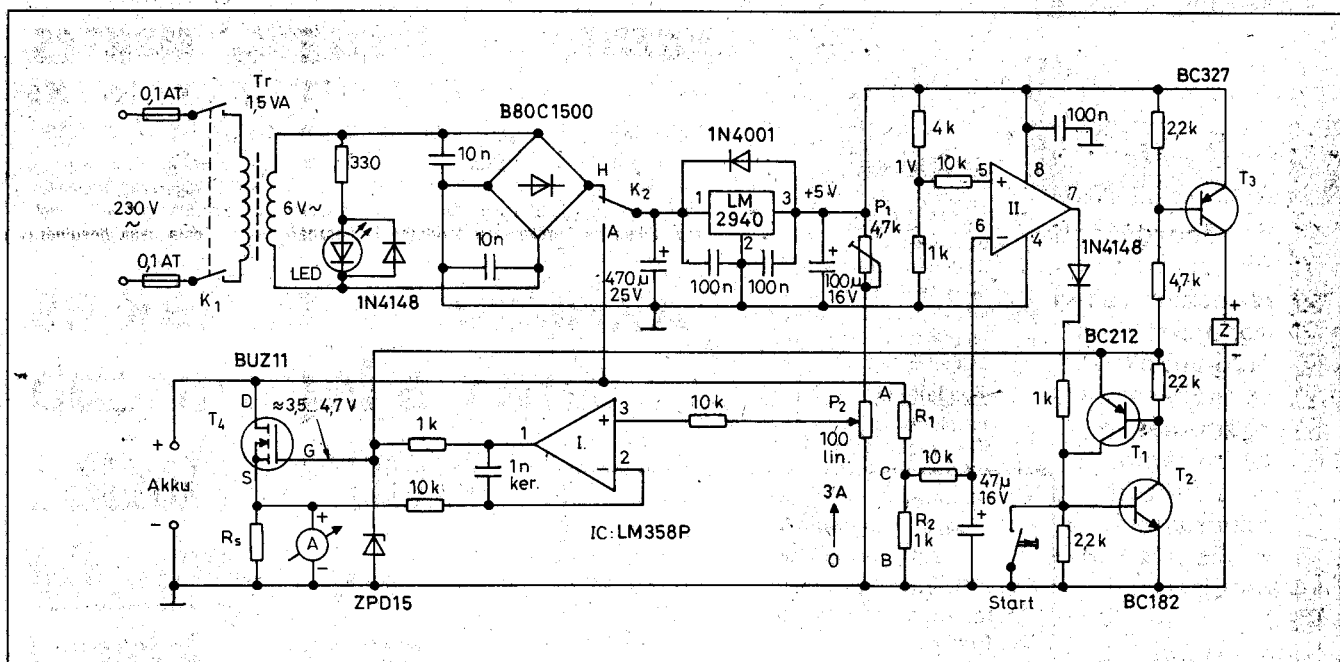
A kisütés történhet pl. egy izzólámpa rákapcsolásával úgy, hogy közben az akku feszültségét egy digitális voltmérővel figyeljük.

Ez azonban meglehetősen kényelmetlen módszer, nem beszélve az emberi figyelmetlenségből adódó esetleges túlzott kisütésről. Ilyenkor egyes cellák átpolarizálódhatnak, amelynek helyrehozása – ha sikerül – többszöri

normáltöltést/kisütést követel. Az unalmas és nem megbízható figyelő feladatot célszerű egy automatikára bízni, amely ezt a munkát tökéletesen ellátja, mentesítve alkalmazóját az előbbi kellemetlenségektől.

A készülék jellemzői

Az ismertetésre kerülő készülék alkalmas 1...12 cellából álló akkusor 1 V/cella feszültségre való kisütésére,



1. ábra. A kisütő készülék kapcsolási rajza

a 9 és a 11 cellából álló köteg kivételével. A kisütési végfeszültség elérésekor a kisütés automatikusan leáll, amelyről a készülék hangjelzéssel figyelmeztet. A kisütő áramerősség értéke 0...3 A között folyamatosan beállítható. A beállított érték, amelyet egy analóg műszer jelez, a kisütési folyamatban állandó nagyságú. Működtethetjük a 230 V-os hálózatról, vagy átkapcsolással a kisütés alatt álló akkukról is, ha a cellák száma 6-nál nem kevesebb.

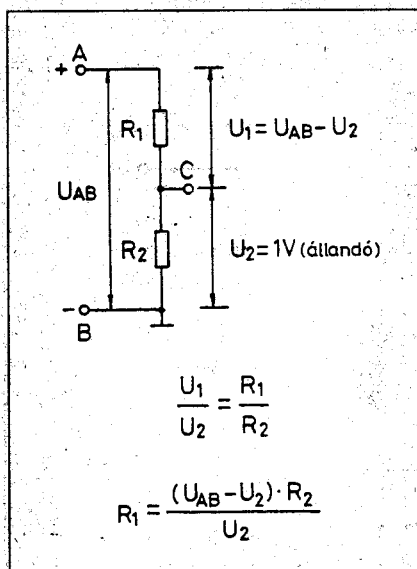
A készülék teljes áramfelvétele 70 mA; míg a kisütés alatt, amikor a relé és a zümmer nem működik, az áramfelvétel 20 mA.

Működés

A kapcsolási rajz az 1. ábrán látható. A készülék hat fő részből áll, ezek működését alább részletezem:

A tápegység

A tápellátás – mint már említettem – mind a 230 V-os hálózatról, mind a kisütendő akkumulátorokról történhet. Transzformátornak felhasználhatunk egy csengőreduktort, vagy egy használaton kívüli dugaszoló adapter kisméretű transzformátorát, esetleg magunk is elkészíthetjük, ha a transzformátorok készítésében kellő jártasságunk van. A legbiztonságosabb megoldás, ha vásárolunk egy kész, 6...9 V-os szekunder feszültségű, műanyagházban lévő, műgyantával kiöntött, 1,5 VA-es kis-



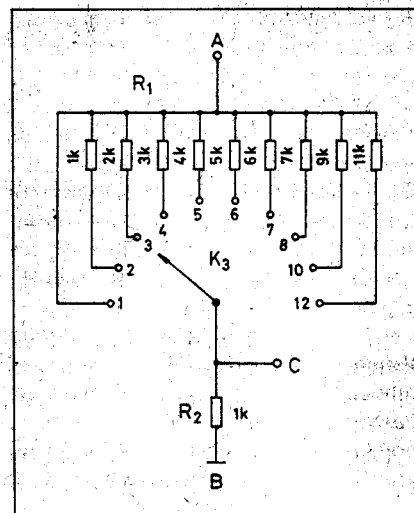
2. ábra. Az osztó ellenállások kiszámítása

transzformátort. Az egyenirányítást Graetz-híddal végezzük, a kapott feszültséget az LM2940CT típusú (5 V/1 A, TO-220 tokozású) IC-vel 5 V-ra stabilizáljuk. A K₂ kapcsoló segítségével lehetőség nyílik arra, hogy készülékünket ott is alkalmazhassuk, ahol nem áll rendelkezésünkre a 230 V-os hálózat (pl. terepen, egy modellversenyen). Átkapcsolva a K₂-t a hálózati állásról a kisütésre váró akkuszor pozitív csatlakozójára (H/A jelzés), a tápellátás az akkukról történik. Ebben az esetben a köteg nem állhat 6-nál kevesebb cellából! Az előbb említett stabilizátor IC ún. „low-drop”, kis feszültségű típus, melynél a be- és a kimeneti feszültség különbsége akár 1 V is lehet. Ha nincs szükségünk az előbbi lehetőségre, akkor ne építsük be a K₂-es kapcsolót, valamint stabilizátornak használjuk az olcsóbb 7805-ös IC-t! Ebben az esetben a transzformátor szekunder tekercse 7...9 V-os legyen. (Az IC védődiódája a panel forrasztási oldalán van elhelyezve.)

A kisütő egység

Az akkuk kisütése a T₄ BUZ11 típusú, n-csatornás teljesítmény-FET-en keresztül történik. Ezen, mint fogyasztón az akku energiája hővé alakul, amelyet el kell vezetni. Ezért a FET-et hűtőbordára kell szerelni. A mintakészülékben alkalmazott hűtőborda mérete 120 × 55 × 15 mm. A jó hőátadás érdekében a tranzisztor hátlapját a felerősítés előtt vékonyan kenjük be szilikonszírral vagy savmentes vazelinnal!

A T₄ vezérlését az LM358 IC I. műveleti erősítője végzi. Ennek neminvertáló bemenetére (3. láb) csatlakoztatjuk a P₁ és P₂ potenciométerekkel az 5 V-ból leosztott feszültséget, amelynek nagysága a P₂ 100 Ω-os, lineáris, tengelyes potméterrel változtatható. A kismértékű változást az IC felerősíti, és ezzel a jellel vezéreljük a FET-et a gate elektródján keresztül. A nagyobb pozitív feszültség nagyobb mértékben nyitja a FET-et, így ennek megfelelően nagyobb lesz a kisütő áram. A FET source elektródja és a test közé kötjük be a mérőműszer R_s söntellenállását. Az ezen létrejövő feszültségű egyrészt működteti a mérőműszert, másrészt ezt visszavezetjük az IC invertáló bemenetére (2. láb). Ha valami folytán megváltozna a kisütő áram erőssége, akkor az R_s-en a feszültségű nagysága is megváltozik, ez befolyásolja az IC ki-



3. ábra. A K₃ fokozatkapcsoló és az R₁–R₂ osztó ellenállások összekapcsolása

meneti feszültségét, azaz a FET gatefeszültségét, biztosítva az áramgenerátoros jelleget. Így a beállított áramerősség a kisütés folyamán állandó nagyságú marad.

A kisütő áramerősséget 3 A-ra kell maximálnunk: Állítsuk a P₁ 4,7 kΩ-os trimmert kb. középpállásba, kapcsoljuk az akkumulátortelepet polaritáshelyesen a bemeneti hüvelyekre, a P₂ potméterrel növeljük a kisütő áramot. A P₁-et állítsuk olyan helyzetbe, hogy a P₂ teljesen felcsavart állásánál a kisütő áram értéke 3 A legyen! 3 A-nél nagyobb kisütő áramra nincs szükségünk – bár beállítása ugyan lehetséges volna – mivel a lemerült akkukat akarjuk kisütetni 1 V/cella értékre. Ehhez az akkuk kémelése szempontjából elegendő az 1...1,5 A-es, legfeljebb 2 A-es áramerősség.

A T₁-T₂-vel felépített bistabil áramkör a bekapcsoláskor a FET gate elektródját a T₂-n keresztül a testre zárja, így tiltja a FET vezetését. A START-gomb megnyomásakor a bistabil kimenete magas szintre billen, megindulhat a kisütés.

A figyelő automatika

A kisütés alatt álló akku feszültségét az LM358-as IC II. erősítője komparátorként figyeli. A neminvertáló bemenetére (5. láb) kapcsoljuk a stabil 5 V-ból leosztott referencifeszültséget, mely az osztásarányból következően 1 V. (A 4 kΩ és az 1 kΩ-os ellenállások 0,6 W-os, 1%-os fémréteg típusúak.) Az invertáló bemenetre (6. láb) pedig az R₁-

R_2 -vel leosztott akkufeszültség csatlakozik. Amíg ez a feszültség 1 V-nál nagyobb, addig a komparátor kimenete (7. láb) alacsony szintű marad. Ha ez a leosztott feszültség 1 V alá csökken, akkor a kimenet magas szintre vált, a T_1 - T_2 -vel felépített bistabil áramkör kimenetét visszabillenti alacsony szintre, mely tiltja a FET vezetését, így a kisütés megszakad. Az akku feszültségét (U_{AB}) leosztó R_1 - R_2 ellenállások értékeit úgy kell megválasztani, hogy a kisütési végfeszültség (U_2) az R_2 ellenálláson minden esetben 1 V legyen (C pont).

Isméretes, hogy a sorba kapcsolt ellenállásokon a rákapcsolt feszültség ellenállásaik arányában oszlik szét (ld. 2. ábra), így egy adott R_2 értékhez a szükséges R_1 értékek az összefüggés alapján kiszámíthatók, ha esetleg más értékeket akarunk alkalmazni, mint ami a 3. ábrán látható, vagy más cellaszámokat akarunk beállítani. Az U_{AB} érték a számításnál a köteg kisütési végfeszültsége; pl. 6 cellánál 6 V, 7 cellánál 7 V és így tovább.

Az R_1 értékeket azonos, 1 k Ω -os (az utolsó kettő 2 k Ω -os) ellenállások sorba kapcsolásával is megoldhatnánk, azonban ilyenkor a százalékos eltéréstől adódó hibák is összegeződnek. Ezért inkább a 3. ábra szerinti megoldást választottuk. Ezek az ellenállások is 0,6 W-os, 1%-os fémréteg ellenállások legyenek!

Az egyes cellaszámokhoz tartozó R_1 értékeket egy 1×12 állású, zárt műanyagházas, LORLIN-típusú, nyák-ba forrasztható fokozatkapcsolóval állítjuk be, melynél csak 10 állást használunk fel. Az IC tápját hidegítő 100 nF-os kondenzátort a nyomtatási oldalon,

az IC 8. és 4. kivezetése közé forrasztjuk.

A hangjelzés

A T_1 - T_2 -vel kialakított bistabil kimenetéről vezéreljük a T_3 BC327-es tranzisztort. Ennek kollektorkörébe iktatjuk (polaritáshelyesen) a Z zümmert. Ha a bistabil kimenete L szintű, akkor a T_3 kinyit és rákapcsolja a pozitív tápot a zümmerre, mely az adott állapotot hangadással jelzi.

A készülék bekapcsolása után a komparátor kimenete magas szintű, mivel az invertáló bemenetén nincs feszültség. Ez a bistabil kimenetét alacsony szintre váltja. Az akkuk rákapcsolásakor az IC kimenete ugyan visszaáll L szintre, de ez nem változtatja meg a bistabil állapotát, így mindaddig van hangjelzés, amíg a START-gombot meg nem nyomjuk. Ekkor a bistabil kimenete H szintre vált, így a T_3 bázisa pozitív potenciálra kerül, lezár, megszűnik a hangjelzés.

Amikor az LM358-as IC 7. lába H szintre billen, azaz az akkuk kisütése befejeződött, a bistabil kimenete ismét alacsony szintű lesz, így a T_3 ismét vezet, a zümmert működik. A hangadás addig tart, amíg a készüléket ki nem kapcsoljuk. Az alkalmazott zümmert a CONRAD-nál beszerezhető, cikkszám: 75 18 98.

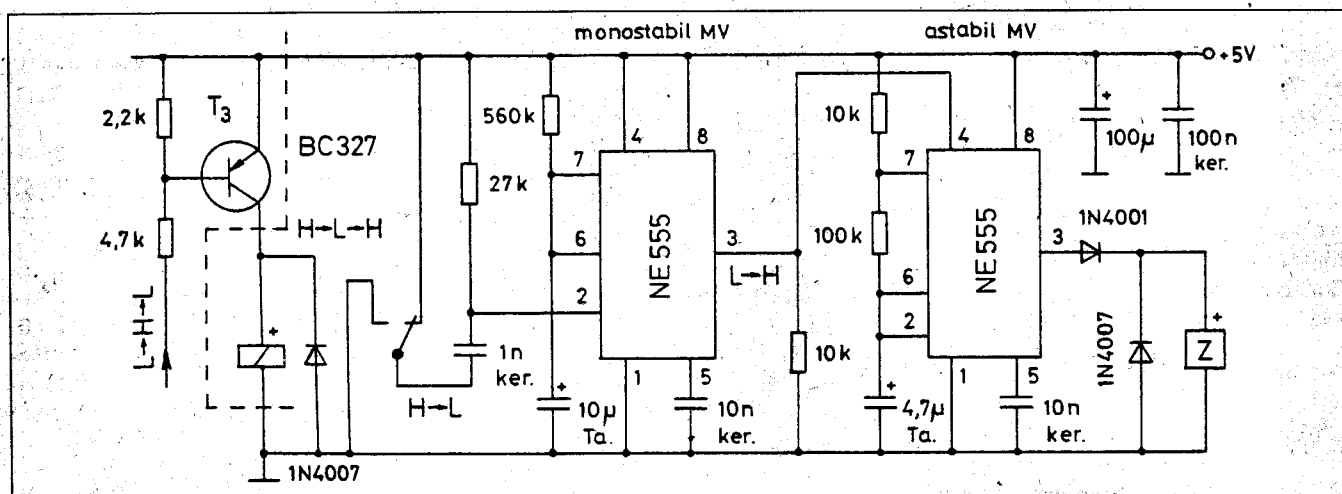
Ismerőseim közül néhányan utánépítették a készüléket. Véleményük szerint zavaró a hosszú hangjelzés. Előfordulhat, hogy éppen nem vagyunk a készülék mellett, hogy kikapcsolhassuk, amikor az a kisütést befejezte. A zümmert a hosszú ideig tartó működés következtében meg is hibá-

sodhat, általában a rezgőnyelvre ragasztott kis mágnes elválik a lemeztől.

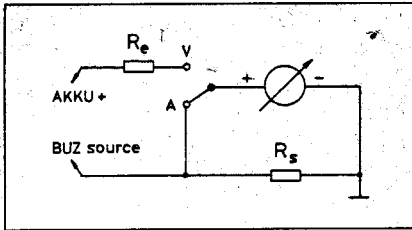
Az előbb vázolt problémák megoldására a hangjelzéshez külön panelen egy időzítőt készítem. Kapcsolási rajza a 4. ábrán látható.

Az eredeti panelen a zümmert helyére egy váltóérintkezővel rendelkező, kisméretű jelfogót kapcsolunk. Így ezen a nyák-on nem kell változtatást csinálnunk. Az alkalmazott jelfogó OMRON G6E-134P 5VDC típusú. Más 5 V-os jelfogó is felhasználható, ha a szükséges nyomtatást áttervezzük. Felhasználhatjuk még a DIL-tokozású HF721-C0500-as jelű reed-jelfogót is. Sőt, ez a közel fele akkora áramfelvétele miatt még kedvezőbb is.

Amikor a T_3 tranzisztor vezet, a jelfogó meghúz, az érintkezői egy határozott H \rightarrow L átmenetű impulzust hoznak létre az első NE555-tel felépített monostabil MV indító bemenetén (2. láb). A jel érkezése után az adott időzítő elemekkel (560 k Ω és 10 μ F) \approx 6 másodperc időtartamig az IC kimenete (3. láb) magas szintű lesz. Ezt a kimenetet rákapcsoljuk a második NE555 törlőbemenetére (4. láb). Ez az IC astabil MV kapcsolásban működik. Ha a törlőbemenete pozitív potenciálra kerül, megindul az oszcilláció, kimenetén váltakozva kapjuk a jelet, mely működteti a zümmert. Az adott időzítő elemekkel (10 k Ω , 100 k Ω és 4,7 μ F) a 6 másodperces időtartam alatt 10 hangjelzést kapunk. Ha takarékosági megfontolásból megelégszünk a folyamatos hanggal, akkor a második 555-öst nem építjük be, a zümmert a védődiodákkal együtt az első 555-ös 3. lábára kötjük, az ott lévő 10 k Ω -os ellenállást eltávolítjuk.



4. ábra. A hangjelző kapcsolási rajza

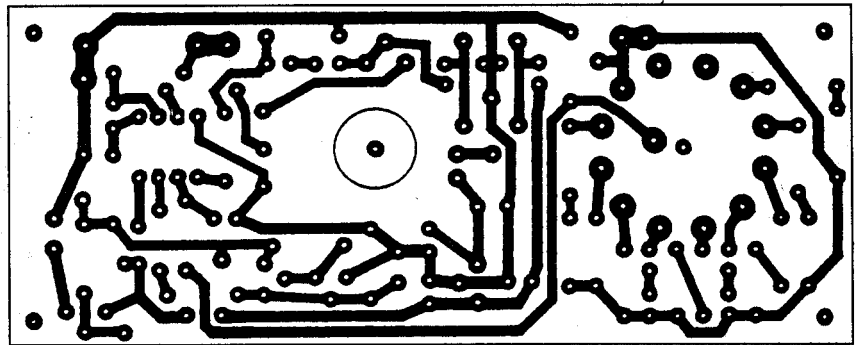


5. ábra. A mérőműszer V-A átkapcsolása

A hangrész paneljén az ellenállások 1/6 W-osak, két raszterre ültethető méretűek. Ha 1/4 W-osokat használunk, akkor azokat álló helyzetben építjük be!

A mérőműszer

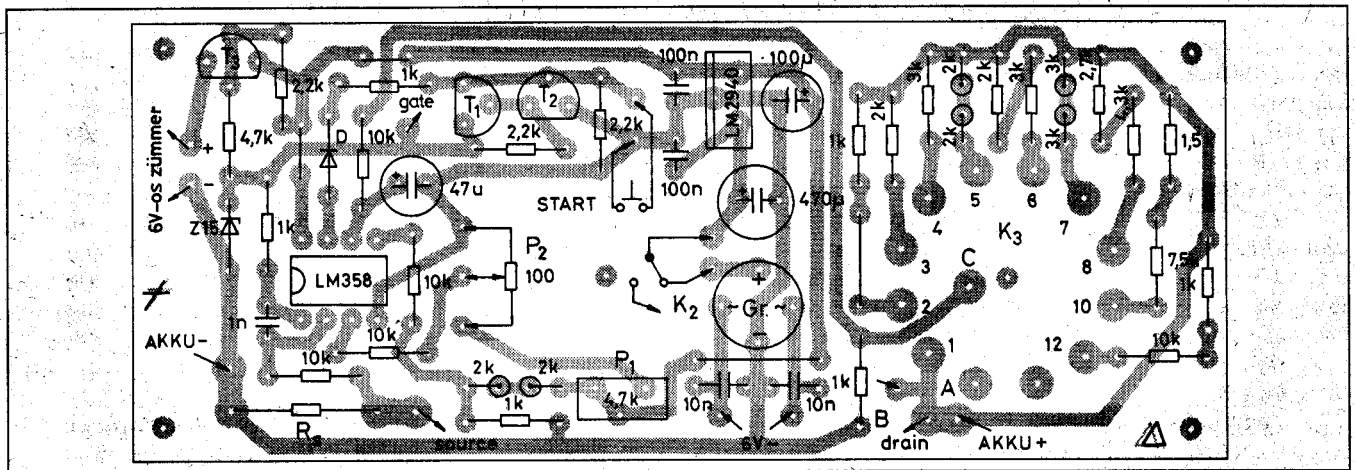
Annak érdekében, hogy a kisütő áramerőssége a készüléknél folyamatosan



6. ábra. Az elektronika nyomtatási rajza

- R_m = a műszer belső ellenállása (Ω)
- I = a műszerrel mérendő maximális áram (A)
- I_m = a mutató teljes kitéréséhez szükséges áram (A), a műszer érzékenysége

adódik. A kiszámított értékhez felhasználhatjuk a szabványos 0,1 Ω 5 wattos huzalellenállást. Ennek toleranciája $\pm 10\%$, így lehet, hogy vásárláskor a számított értékhez közel azonosat sikerül beszereznünk. Esetleg ellenál-



7. ábra. Az alkatrészek elhelyezési rajza

be tudjuk állítani, szükségünk van egy kijelző műszerre, melyről az éppen beállított érték leolvasható.

A mintakészülékbe egy kis méretű, forgótekerces alapműszert építettünk be. (A cikk írásakor a HAM-bazár kínálatában többféle, különböző érzékenyséű ilyen Deprez-műszer is szerepelt!)

A műszer skáláját 3 A-es végkitérésre megrajzoljuk, a hozzá szükséges söntellenállás értékét kiszámítjuk. Gondolva a kevésbé jártas amatőrtársainkra, gyakorlati segítségként, a sönt értékének kiszámításához az alábbi összefüggést megadjuk:

$$R_s = R_m \frac{I_m}{I - I_m}, \text{ ahol}$$

R_s = a sönt ellenállása (Ω)

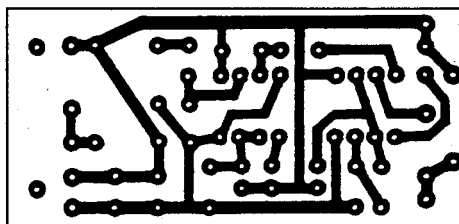
A számítási módot az előbb említett kivezérlésjelző műszerhez alkalmazva:

$$R_m \approx 650 \Omega$$

$$I_m = 500 \mu A = 0,0005 A$$

$$I = 3 A$$

$$R_s = 650 \cdot \frac{0,0005}{3 - 0,0005} = 0,108 \Omega$$



8. ábra. A hangjelző nyomtatási rajza

lászulból tapasztalati úton is elkészíthetjük a söntöt, a terhelés figyelembe vételével. A maximális pontosság itt nem követelmény, nem labor pontosságú mérési eredményre van szükségünk.

Ha szeretnénk megfigyelni a kisütés alatt lévő akkuk feszültségváltozását is, akkor a kisütő áramerősség beállítása után a 5. ábra alapján egy átkapcsolóval az R_e előtét-ellenálláshoz kapcsoljuk az alapműszert. Ezt a lehetőséget a mintakészülékbe nem építettük be. Mivel max. 12 cellából álló akkusort akarunk kisütni, elegendő, ha műszerünket 15 V-os végkitérésre skálázzuk. Az ehhez szükséges előtét-ellenállást az alábbiak szerint kiszámíthatjuk:

$$R_e = \frac{U}{I_m} - R_m, \text{ ahol}$$

U = a mérendő max. feszültség (V)
 I_m = a mutató teljes kitéréséhez szükséges áram (A)
 R_m = a műszer belső ellenállása (Ω)

Az összefüggést az előbbi műszerhez alkalmazva:

$$\begin{aligned}
 U &= 15 \text{ V} \\
 I_m &= 500 \mu\text{A} = 0,0005 \text{ A} \\
 R_m &= 650 \Omega
 \end{aligned}$$

$$R_e = \frac{15}{0,0005} - 650 = 29\,350 \Omega$$

Ezt az értéket összeállíthatjuk pl. egy 27 k Ω -os és egy 2,4 k Ω -os 1/4 W-os ellenállás sorba kapcsolásával. Itt sem törekszünk a laborszintű pontoságra.

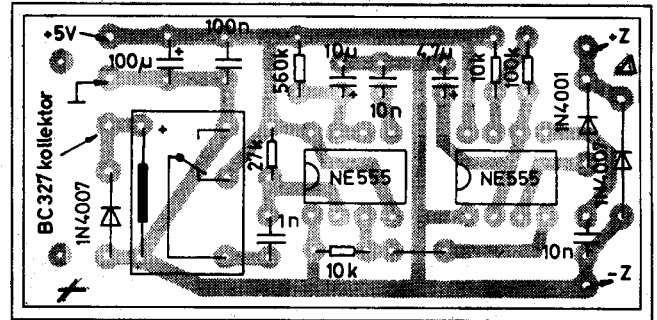
Az analóg műszer helyett alkalmazhatunk digitális kijelzést is. Ez ugyan modernebb, a mért érték könnyebben leolvasható, beszerezhető hozzá a 0,1% pontosságú R_e és R_s ellenállások, de kissé költségesebb megoldás hátránya, hogy külön tápegységet igényel. (Ilyen digitális panelműszer szintén kapható a *HAM-bazárban*.)

Mechanikai felépítés

Az kisütő-elektronika panel nyomtatási rajza a **6. ábrán**, az alkatrészek elhelyezése a **7. ábrán** látható. A hangjelzés-elektronika nyomtatási rajzát a **8. ábra**, a beültetést a **9. ábra** mutatja. Ezek a nyomtatott áramkörök egyoldalon fóliázott nyák-lapokon készültek.

A doboz 160 × 100 × 70 mm méretű, lapjai bakelit lemezből készültek, melyeket alumíniumból lévő, 15 mm-es L-idomok kapcsolnak egymáshoz. A rögzítést a bontható részekenél M3-as szegecselhető anyával és sülyesztett

9. ábra. A hangjelző alkatrészeinek elhelyezése



fejű csavarral, a nem bontható részeknél $\varnothing 2 \times 7$ mm-es csőszegeccsel oldottuk meg. Az alaplap, valamint az előlap és a hátlap 4 mm-es, az oldallapok és a fedőlap 2 mm-es lemezből vannak. A doboz kívülről nitrolakkal metálbarna színre van festve.

Az alaplapra helyeztük a kisméretű hálózati transzformátort, a FET hűtőbordáját, az alaplaptól távtartókkal 10 mm-rel megemelve, továbbá a hangkeltő rész elektronikáját és a zümmert, illetve a műszerhez szükséges söntöt. Az alaplapot a hűtőborða környezetében $\varnothing 8$ -as lyukakkal perforáltuk, valamint a fedőlapon is készítettünk szellőzőlyukakat a fotón látható módon. A hátlapon van a hálózati csatlakozó ún. borotva-aljzata és a hálózati kapcsoló. A hátlapon is – két sorban – $\varnothing 8$ -as szellőző lyukakat fúrunk. (A szerk. megjegyzése: A vonatkozó érintésvédelmi szabvány szerint ilyen nagy átmérőjű szellőzőnyílásokkal nem szabad ellátni egy hálózatról üzemelő „közszükségleti” készüléket, mert az „mújjal átjárható”, mint azt a szabvány bikkfanyelve mondja. Ezen kívül, egy terepen is használandó berendezésbe így könnyen bejuthatnak kisebb kavicsok és más egyéb nemkívánatos dolgok. Mivel a megfelelő hűtés miatt

tényleg szükség van a nagyobb szellőző felületre, a nagy méretű furatok mögé célszerű beragasztani műanyag szítát, pl. szúnyoghálót. Ez esetben eleget teszünk mindenféle követelménynek.)

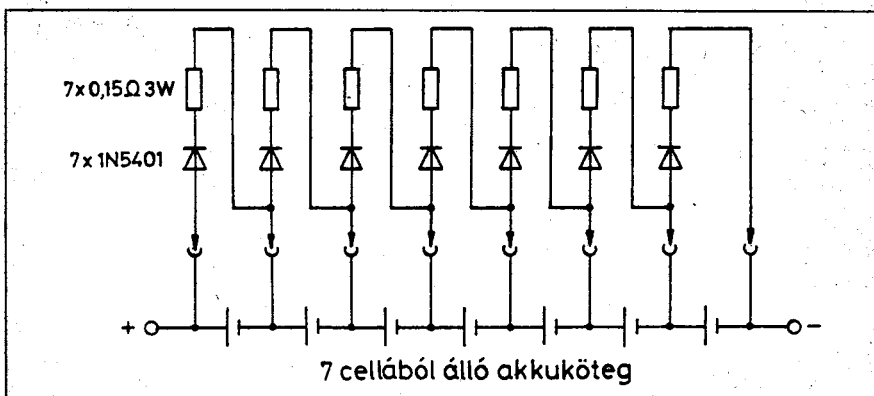
Az előlaphoz van erősítve 25 mm hosszúságú távtartókkal az elektronika panelja. Itt helyezkedik el a mérőműszer, a START nyomógomb, valamint itt találjuk a piros és fekete színű bemeneti hüvelyeket is. Ide építjük be – ha szükséges – a hálózat/akku (H/A jelű) átkapcsolót is. Beépítettünk az előlapra egy 3 mm átmérőjű, piros színű LED-et is, mely a transzformátor bekapcsolt állapotát jelzi. A LED-et egy 330 Ω -os ellenállással sorba kapcsolva közvetlenül a transzformátor szekunder tekercsére kötjük. Szemünk úgy sem tudja érzékelni a hálózati frekvenciából adódó villódzást. Ha 6 V-nál nagyobb feszültségű a szekunder tekercs, akkor növeljük meg a korlátozó ellenállás értékét a szükségesnek megfelelően.

Az előlap takarólemeze 0,8 mm-es alumíniumlemezből készült, világos drapp színű nitrofestékkel fújtam le. A feliratozás fekete tusztintával készült, csőtoll és sablon segítségével. A száradás után a feliratozást szintelen nitróval rögzítjük.

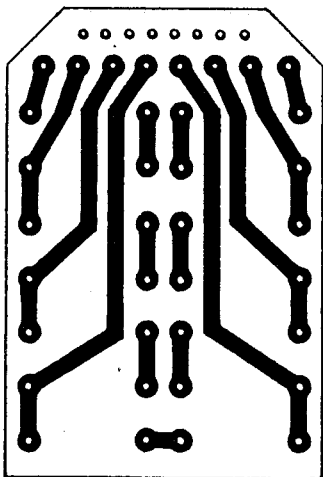
Az egyes egységek elhelyezését és a készülék megjelenési formáját a fotón megfigyelhetjük.

A kisütő működtetése

Az ÁRAM jelű potméter alaphelyzetbe, a CELLA feliratú fokozatkapcsolót a cellaszámnak megfelelő helyzetbe állítjuk. Bekapcsoljuk a hálózati kapcsolóval a készüléket. Ekkor az időzítés időtartama alatt szaggatott hangjelzést kapunk. A hangjelzés után csatlakoztatjuk az akkut a bemeneti hüvelyekhez. Megnyomjuk a START-gombot, ezzel a kisütés megindul. Az ÁRAM jelű potméterrel beállítjuk a kívánt kisütőáram értékét. Ha beépítettük a mű-



10. ábra. A cellaszintű kisütő kapcsolási rajza



11. ábra. A cellaszintű kisütő nyomtatási rajza

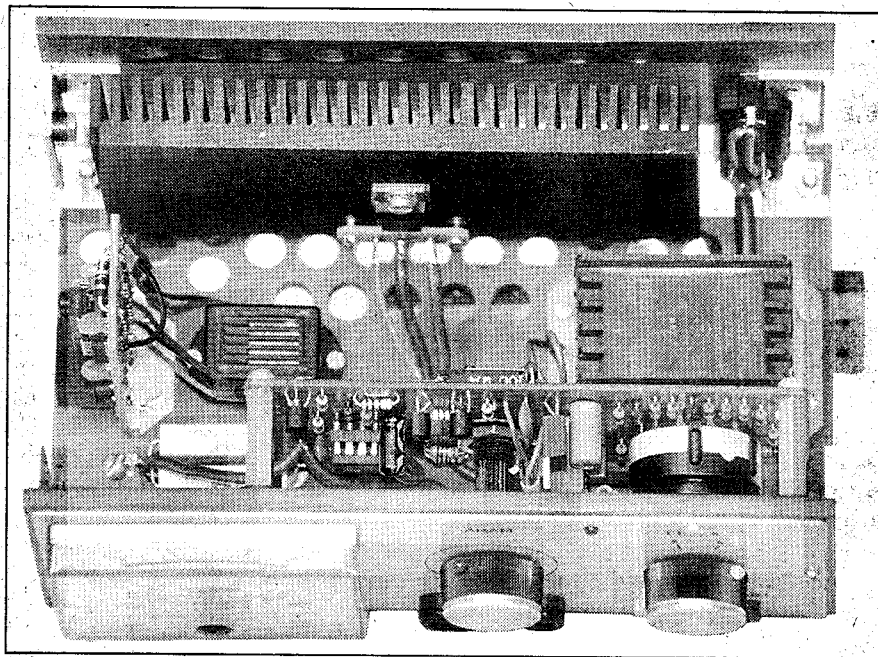
szerhez a kapcsolót és az R_e ellenállást, akkor átkapcsolhatunk a feszültség mérésére. A kisütés végén, amikor a cellaszámnak megfelelő 1 V/cella feszültséget elértük, az automatika a kisütést beszünteti, amelyről szaggatott hangjelzéssel figyelmeztet. Ezután eltávolíthatjuk az akkut, és a készüléket ki-csoporsoljuk.

Megépíthetjük a készüléket önálló egységként, vagy ha éppen most kezdünk egy új töltő építéséhez, érdemes a kisütőt vele egy dobozban elhelyezni.

Az építéshez sok sikert és örömet kívánok!

Kiegészítés modellezőknek

A készüléknél nem megoldott a cellaszintű kisütés. Az 1 V/cella kisütési végfeszültség az akkukötegre nézve átlagos érték. Előfordulhat, hogy a kötegekben lesznek olyan cellák, melyek 1 V alá, mások 1 V fölötti értékre sül-

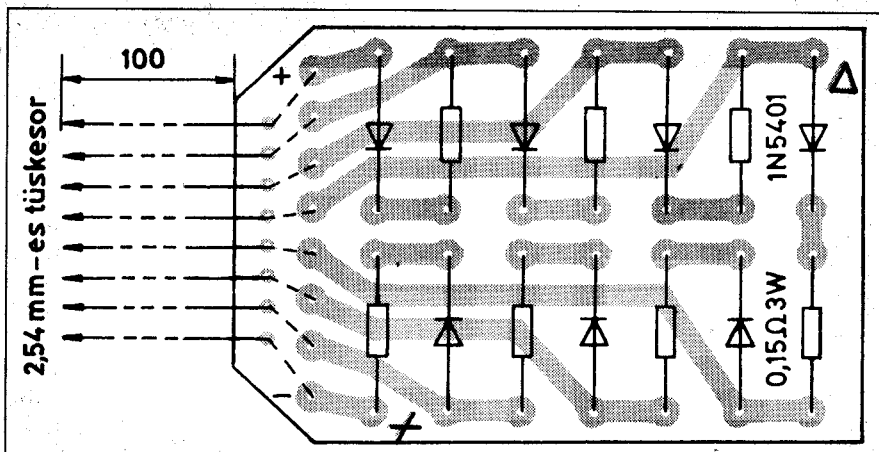


2. fotó. Az egységek belső elhelyezése

nek ki. (Idővel az azonos kapacitására válogatott celláknál is különbözőség mutatkozik.) Töltésnél az előbbiek később, az utóbbiak hamarabb elérik a töltöttségi állapotot. Ez az általános célra való felhasználásnál nem okoz különösebb gondot. Más a helyzet a modellező sportban. Vannak pl. a hajómodellezésben olyan versenykategóriák, melyekben az akkuknak 5 percig maximális teljesítményt kell nyújtaniuk úgy, hogy a futam végére legfeljebb annyi energia maradjon bennük, hogy a hajó a stéghez ki tudjon úszni. A gyakorlott modellezők ezt a motor megválasztásával, a hajócsavar méretével, emelkedési szögével stb. kellően összehangolják. Azonban ehhez még az is szükséges, hogy az egyes cellák a

töltéshez azonos szintről induljanak. Ezért a készülékkel való kisütés után a 10. ábrán lévő kapcsolás szerint elvegezzük a cellaszintű kisütést is. Az egyes cellák kivezetéseit egy dióddal és a vele sorba kötött korlátozó ellenállással összekapcsoljuk. A kisütés folyamán, ha a cella feszültsége a dióda nyitóirányú küszöbfeszültsége alá csökken, akkor megszűnik a kisütés. Ez 0,6...0,7 V között következik be. Ezzel az eljárással a köteg egyes cellái megközelítően azonos szintre merülnek le.

A 11. ábrán láthatjuk az egység nyomtatási rajzát, a 12. ábrán pedig a diódák és az ellenállások elhelyezését. A panel 7 cellához van előkészítve, értelem szerint a számuk bővíthető vagy esetleg csökkenthető. A nyák-on a megjelölt helyeken $\varnothing 1,5$ mm-es fúróval kifúrjuk a 8 db kis furatot, a hajlékony szigetelt vezetéket beforsasztjuk, majd a furatokon átbújtatjuk. A vezetékek másik végeit egy tüskesorhoz forrasztjuk. Az akkuköteg összeállítása-kor vagy a kész sornál utólag elkészítjük a 10. ábrának megfelelően a vezetékvezetést, amelynek a végére ráforrasztjuk a tüskesor aljzatát. A csatlakozókat (aljzat és dugó) azonos oldalukon, a fordított összedugás elkerülése céljából pl. színnel megjelöljük. A kisütés befejezését tapintással ellenőrizzük. Ha már egyik dióda és ellenállás sem langyos, a kisütést befejezettnek tekinthetjük.



12. ábra. A cellaszintű kisütő alkatrészeinek elhelyezése