

# Földtelepes rádió és egyéb érdekességek

Simoncsics László okl. villamosmérnök, [simoncsics.laszlo@t-online.hu](mailto:simoncsics.laszlo@t-online.hu)

A 2015-ös RT évkönyvben az elektroncsövek alacsony anódfeszültségen történő felhasználásáról írtam. Ebben a cikkben most az olyan tranzisztoros kapcsolások témakörét kívánom körbejárni, amelyek 0,5...3 V kollektorfeszültséggel működnek. Természetesen elsősorban germánium tranzisztorokkal érdemes foglalkozni, mert a szilíciumdióda nyitófeszültsége eleve 0,6 V. Sok idősebb amatőr fiókjában hevernek még ilyen tranzisztorok, és a börzéken is gyakran fellelhetők ezek. Azokat a kapcsolásokat részesítettem előnyben, amelyek nem tartalmaznak emitterellenállást, mert ez csökkenti a hasznos tápfeszültséget, az ellenállás hiánya viszont sok esetben okoz stabilitási problémákat. A „Félvezető nosztalgia II.” cikket a '17-es évkönyv hozza.

## Bevezetés

A germánium tranzisztorok már régen „kimentek a divatból”. Az ötvenes évek végén és a hatvanas évek elején a Rádiótechnikában, az Ezeremester folyóiratban, az MHSz Rádióamatőr Füzeteiben vagy a Kis Technikus Könyvtár sorozatban és a szovjet Ragyio szaklapban sok kapcsolás jelent meg 1,5...3 V tápfeszültséggel. Meglepő, de ezek az áramkörök sokszor még akkor is működőképesek voltak, amikor a tápfeszültség 0,5 V-ra csökkent. (A cikk végén bemutatok még két detektoros vevőt, amelyek korábban nem szerepeltek.)

A cikk megírására az is ösztönzött, hogy – tapasztalatom szerint – sokan szeretnek egyszerű áramköröket építeni. Az ilyen tevékenységből rengeteget lehet tanulni, és mindamelllett szórakoztató is. „Áramkörözni” pedig nehezen lehet felületszerelt IC-ekkel és alkatrészekkel. Maradnak a tranzisztorok és a hagyományos méretű alkatrészek. A gyerekeket – mint minket is annak idején – leginkább a „detektoros” és tranzisztoros rádiók építése hozza izgalomba. De az „igazi” élvezet az áramkörözésben nem az, ha egy leírás vagy kapcsolási rajz alapján egy az egyben megépítünk valamit, hanem az ötletet továbbfejlesztve, saját elképzelésünknek megfelelően, módosítjuk az áramkört.

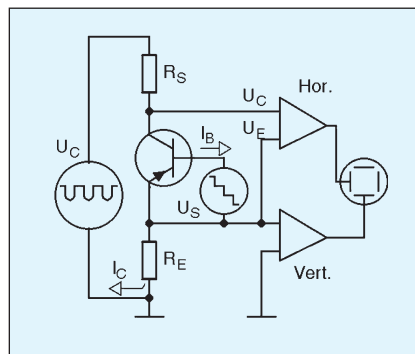
Manapság folyton keressük az „alternatív energiaforrásokat”, a

kémiai-, hő-, fény-, mozgási-, vagy atomenergia átalakítását elektromos energiává. A nagyüzemi kialakítású szélgenerátoros és a fotovoltaiikus cellák (napelemek) már megfelelő hatásfokkal működnek. Az amatőr megoldások (kerékpár dinamó, petróleumlámpás hőelem, és ide tartozik a cikkben említett földtelep stb.) még igényelnek némi fejlesztőmunkát. Az viszont előnyös, ha a fogyasztók feszültség- és áramigénye minél alacsonyabb. (A Hobby Elektronika SKK rovatában már foglalkozott a témával, de csak HF-erősítőt közölt [1]).

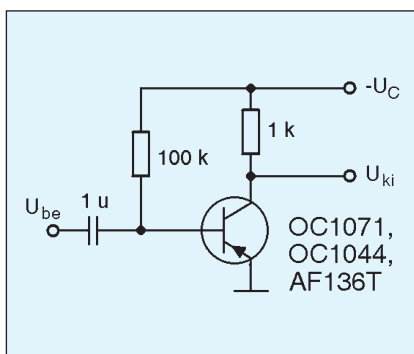
Ma már csak a „régimotorosok” emlékeznek azokra az időkre, amikor az Egyesült Izzóban megkezdődött a germánium tranzisztorok gyártása. A Rádiótechnika igyekezett minden kezdeti lépésről beszámolni, mert már 1957-ben olvasható volt egy ismertető cikksorozat [2], bár a leírásokból kitűnik, hogy még a téma nyelvezte sem alakult ki.

Az első (kísérleti) gyártás a szovjet П6 sorozat másolata volt. 1960-ban a következő, már nagyobb sorozatban gyártott tranzisztorok voltak a P13, P14 és P15 típusjelzésűek. Ezek ugyanabból a gyártásból kerültek ki, csak a gyártás utáni mérések alapján válogatták szét azokat típus szerint. A P13 lett a hangfrekvenciás, a P13A a nagyobb áramerősítésű, a P13B a kiszajú, a P14 a közepes ( $f_a = 1$  MHz) a P15 a „nagyfrekvenciás” ( $f_a = 1,5$  MHz) tranzisztor. A 2 db P6 maradt az ellenütemű kapcsolásban alkalmazható végtranzisztor (150 mW) [3]. Ezek a p-n-p ötvözött germánium tranzisztorok csak hangfrekvencián vagy bázis-kapcsolásban középhullámú egyenes vevőkben voltak felhasználhatók. A sapka formájú tokozás sem volt korszerű, a bázisréteg és a ház galvanikus kapcsolatban volt, ami a felhasználás során nem volt előnyös.

Az irodalomból már ismert volt a nagyfrekvenciás tranzisztorok gyártástechnológiája, mint azt Csornai László több cikkben ismertette [4]. 1960 végén kezdte az Izzó a korszerűbb típusok (OC1070...1075) fejlesztését, ezeket először hosszúkás üveg-házban helyezték el. A jobb hűtés érdekében a szerelvények szilikonolajba kevert kerámia porral voltak körülvéve. Ettől kezdve a Tungstam felhagyott a szovjet típusok másolásával, és a nyugat-európai mintákat tekintette céltípusnak, még ha a típuszá-



1. ábra



2. ábra

mot módosította is (OC70 = OC1070 stb.). Időközben a jobb hűtés érdekében áttértek az üvegházról a fémháza (TO-1-es tok), megkezdtek a végtranzistorok n-p-n párjainak gyártását a komplementer végfokok megvalósíthatóságának érdekében (AC187 - AC188). A korábbi típusok hamar elavultak, azokat csak az amatőröknek lehetett értékesítésre felajánlani [5].

A határfrekvencia növelésére három lehetőség kínálkozott: egyrészt a kollektor-bázis kapacitás csökkentése a geometriai méretek redukálásával: OC1044 ( $f_u = 15$  MHz), OC1045 ( $f_u = 6$  MHz), másrészt az injektált töltéshordozók futási idejének csökkentése az ún. drift technológiával, amelynél a bázist alkotó alapkristályban az emitter felé növekvő szennyezésprofil hoztak létre. Ez a töltéshordozók futási idejét, másrészt a bázisellenállást jelentősen csökkentette. (AF136, AF137 típusjelű ún. drift tranzistorok.) E típusok rövid életűek voltak, mert közben már fejlesztették az „igazi” nagyfrekvenciás germánium mesa tranzistorokat (AF106, AF239 TO-72 tokban) [6]. Ezekkel zárult a germánium tranzistorok korszaka.

### Adatok, karakterisztikák, hibás példányok

Ebben a cikkben nem áll módunkban az összes germánium tranzistor adatát és karakterisztikáját bemutatni, az érdeklődők megtalálhatják a Rádiótechnikában [7] vagy az említett MHSz füzet sorozat egy számában [8], a drift tranzistorokról az ismertést a [9] cikkben.

Itt csak néhány általános megállapítást teszünk. Ezek közül a legfontosabb számunkra, hogy az áramerősítési tényező a kollektoráram 0,2 mA és 10 mA tartományában, és a kollektorfeszültség 1 és 20 V-os tartományában nem változik jelentősen.

A lengyel Vade-Mecum katalógus 1964-es kiadása sok adatot és karakterisztikát közöl az akkor még túlnyomó mennyiségben gyártott p-n-p germánium tranzistorokról [10]. Ezek között sok  $I_C$ - $U_{CE}$  karakterisztikát találunk  $U_{CE} = 0$  és -1,5 V közötti feszültségen  $-I_B$ -vel vagy  $-U_{BE}$ -vel paraméterezve. A karakterisztikák mutatják, hogy a kollektor-emitter maradékfeszültség lényegesen kisebb, mint a szilícium tranzistorok esetében, tehát ezekkel mehetünk az alacsonyabb telepfeszültségek felé.

Az említett tranzistorok jellemző maximális  $U_{CE}$  feszültsége -30 V, a karakterisztikákat  $U_{CE} = -5$  V feszültségen mérték. A kis diszzipációs teljesítmény miatt is előnyös az alacsony  $U_{CE}$  feszültség alkalmazása. Különösen érvényes ez a P15-ös tranzistorokra, amelyeknél a magasabb határfrekvenciát úgy érték el, hogy mélyebben ötvözték az n-típusú lapkába a p-típusú emitter és kollektor indiumot. Sok példánynál elérték a kívánt határfrekvenciát, de egyidejűleg a túl közel került kollektor és emitter miatt az „átszűrési feszültség” ( $U_{PT}$ ) nagyon lecsökkent.

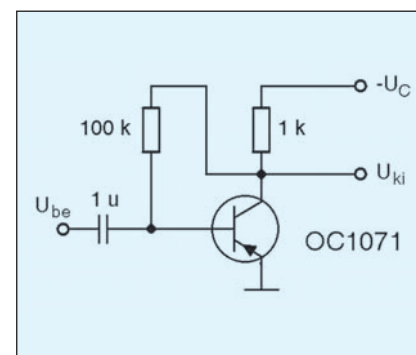
A germánium tranzistorok felhasználásának a legnagyobb akadálya az volt, hogy a szilícium tranzistorokkal ellentétben, amelyeknél a felületen védő oxidréteget lehetett létrehozni, itt nem volt erre lehetőség. Ezért a kollektor-bázis átmeneten, ami kijut a felületre, gyártás utolsó fázisaiban ionos átvezetések jönnek létre, ezáltal a kollektor-bázis visszám a térfogati visszámhoz képest jelentősen megnő. Ez mindenféle visszám-mászást, munkaponti instabilitást és tranzistorzajt okoz.

Miért olyan fontos a visszám? (Tranzistorok esetén visszám alatt mindig C-B, vagy C-E záró-

irányú áramot értünk, hiszen a B-E dióda nyitva van). Mert a működés szempontjából legfontosabb  $I_C$  -  $U_{CE}$  karakterisztikák tulajdonképpen a C-B dióda záróáramának az E-B dióda által injektált töltéshordozói által megnövelt értékei. Ez a kérdés csak germánium alapkristály esetén érdekes, hiszen szilícium tranzistoroknál a visszám több nagyságrenddel kisebb.

Emlékszem arra, amikor a hatvanas évek elején az Izzó MEO-jában a KÜM átvevő (a fiatalok kedvéért: Katonai Üzemi Megbízott) a mérőnél mellettülve a visszám mérő mutatóját figyelte. Az átvevők tudták, hogy a visszám mászás a tranzistorok használhatóságát mennyiben befolyásolja. Ezeknél az instabil tranzistoroknál az áramerősítési tényező a katalógusban megadott határértéknél lényegesen jobb volt. Hogy még ma is találunk működőképes Ge tranzisztort, annak az az oka, hogy egyes nyugati gyárakban a felületkezelés és lezárás során a tisztaságot maximálisan sikerült biztosítani, ami a Tungram esetében nem mindig volt lehetséges (Lásd *Giber János* idézett cikkét [6]!) Ezért kell hangsúlyoznunk, hogy a ránk maradt germánium tranzistorokat nem elég bármilyen bétamérőn ellenőriznünk, ezt a C-B záróáram és munkaponti stabilitást is figyelniük kell. Ez statikus mérésekkel is megoldható, de elég időigényes tevékenység.

Volt szerencsém a Ge tranzistor készletemet az EMG karakterisztika rajzolójával átvizsgálni. A működés elvét az 1. ábrán látható



3. ábra