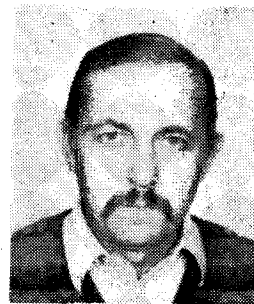


# LIDI- egy új bipoláris félkész áramkör

MÉHN MÁRTON—GERGELY ISTVÁN

Mikroelektronikai Vállalat



## ÖSSZEFOGLALÁS

A LIDI a Mikroelektronikai Vállalat bipoláris félkész áramkörcsaládjának újabb tagja, mely a sorozat előző tagjához, a LINA—1-hez hasonlóan kis és közepes bonyolultságú integrált áramkörök gyors elkészítését teszi lehetővé.

A két félkész áramkör közül elsősorban akkor célszerű a LfDI-t választani, ha az integrálandó kapcsolás 20 és 36 V közé eső tápfeszültséget, vagy igen kis maradékfeszültségű npn tranzisztorokat igényel.

## 1. Bevezetés

A szakemberek körében ma már aligha kétséges, hogy az analóg és digitális áramkörök integrálása az ún. félkész (semi-custom) szeletek alkalmazásával oldható meg a legegyszerűbben és a leggyorsabban, sőt, hogy közepes (néhány ezertől néhány ezer tízezer darabig terjedő) igény esetén többnyire gazdaságosság szempontjából is ez a legelőnyösebb eljárás.

A gyorsaság és a kedvező ár abból adódik, hogy a kívánt IC chipeket tartalmazó szilíciumszelet előállításához mindössze három rutinfeladat megoldására van szükség:

- a raktáron tárolt félkész szeleteken már meglévő áramköri elemek (tranzisztorok, ellenállások stb.) összekapcsolására szolgáló fémhálózat megtervezésére,
- a megfelelő maszk elkészítésére,
- végül a maszk segítségével a fémhálózat kialakítására.

Az elmondottak alapján érthető, hogy a félkész áramkörök (mind a MOS, mind a bipoláris kivitelűek) egyaránt népszerűvé váltak az alkatrészgyártók és az alkalmazók körében. Ismeretes, hogy a semi-custom eszközök legnagyobb részét nagybonyolultságú digitális MOS áramkörök teszik ki, de a bipoláris félkész áramkörök jelentősége sem csekély, minthogy ez utóbbiak igen rugalmasan alkalmazhatók különböző bonyolultsági fokú analóg, digitális és vegyes (digitális—analóg) áramkörök elkészítésére. Mindenesetre — akár MOS, akár bipoláris konstrukciójú ill. technológiájú félkész áramkörökről van szó — az alkalmazásuk révén nyert IC rendszerint olcsóbb, megbízhatóbb és jóval kisebb helyet igényel, mint a szabványos („katalógus”) áramkörökből összeállított, hasonló funkciót ellátó kapcsolás.

A LIDI, a MEV egyik legújabb félvezető gyártmánya a bipoláris félkész áramkörök csoportjába tartozik. Belső felépítése és felhasználása

Beérkezett: 1986. XII. 3.

## MÉHN MÁRTON

*Okl. fizikus, félvezető technikai szakmérnök, 3 vilamosmérnök—matematikus szakmérnök. 1962—1982-ig az Egyesült Izzóban félvezető eszközök fejlesztésével foglalkozott. 1978-ban UNIDO-ösztön-*

*díjasként MIS szerkezetek vizsgálatát végezte az NSZK-ban. 1982-től a Mikroelektronikai Vállalatnál bipoláris integrált áramkörök tervezésével foglalkozik, emellett az Eötvös Loránd Tudományegyetemen laboratóriumi gyakorlatot vezet.*

tekintetében hasonló a szintén a MEV-ben készített LINA—1 áramkörhöz (1, 2), alkalmazási köre azonban szélesebb. Az alábbiakban ennek az új áramkörnek a főbb jellemzőit és alkalmazási lehetőségeit mutatjuk be. A chip rajza az 1. ábrán látható.

Megjegyezzük, hogy a már idézett közleményekben a LINA—1 áramkör felhasználásáról leírtak kisebb részletektől eltekintve a LIDI-re is érvényesek, így a jelen ismertetésben az alkalmazás számos vonatkozására nem szükséges újból kitérni.

## 2. Elemkészlet, az elemek elrendezése

A LIDI chipen, melynek mérete  $2,05 \times 2,15$  mm, 194 áramköri elem (tranzisztor és ellenállás), valamint 16 termokompressziós kontaktus található.

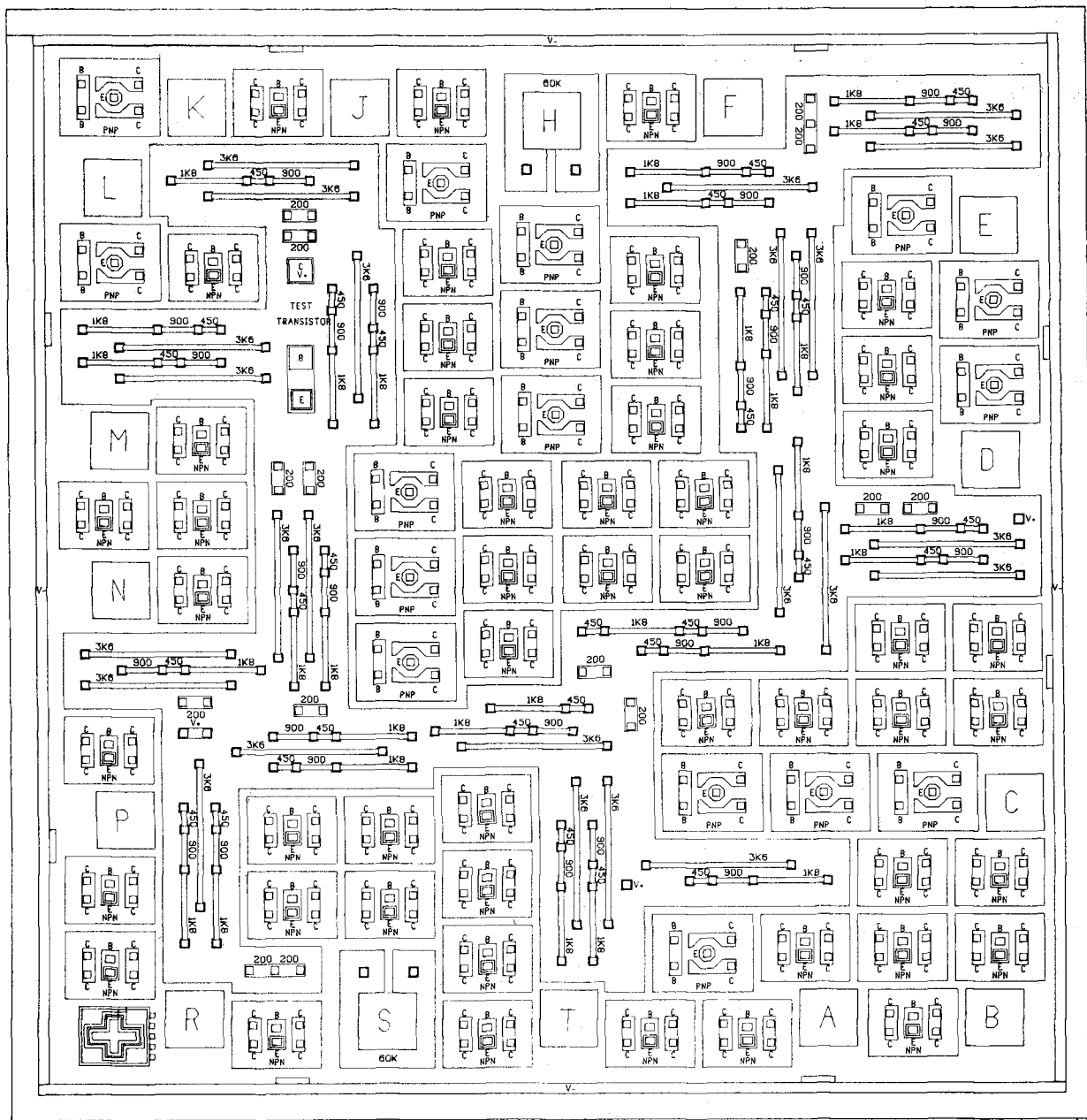
Az elemek megoszlása a következő:

- 50 db kisméretű npn tranzisztor,
- 16 db két kollektoros laterális npn tranzisztor,
- 15 db 200 ohmos ellenállás,
- 30 db 450 ohmos ellenállás,
- 28 db 900 ohmos ellenállás,
- 29 db 1,8 kohmos ellenállás,
- 24 db 3,6 kohmos ellenállás,
- 2 db 60 kohmos ellenállás.

A felsorolás utolsó tagjától eltekintve az ellenállások közös szigetben helyezkednek el; e szigetet a +V kontaktusok segítségével lehet előfeszíteni a szubsztráthoz, ill. az ellenállásokhoz képest.

Az ellenállások úgy vannak elrendezve, hogy minden egyes tranzisztor közelében bármelyik hozzáférhető legyen a 200—3600 ohmosak közül. A 60 kohmos ellenállások — a tranzisztorokhoz hasonlóan — önálló szigetben vannak elhelyezve. Ami az előbbieket illeti: ezek az epitaxiális rétegből kialakított ellenállások valójában olyan JEET tranzisztoroknak tekinthetők, melyek kapuelektrodja a szubsztrát; ez a körülmény jelentős mértékben befolyásolja tulajdonságaikat és alkalmazhatóságukat.

Az azonos fajtájú tranzisztorok orientálása és



H 267 - 1

1. ábra. A LIDI chip rajza

méretei megegyeznek az egész chipen, ezért jellemzőik is jó közelítéssel azonosnak tekinthetők.

Kivételesen az ellenállászígeten belül is van egy (a többitől eltérő méretű) npn tranzisztor, ezt azonban a gyártó használja a chip ellenőrzésére, így az áramkörben nem használható fel. (Kollektorát viszont alkalmazhatjuk +V kontaktusként.) A chip bal alsó sarkában további, csak a gyártó számára fontos elemeket találunk; ezek a maszkoknak a szeleten kialakított ábrához való pontos illesztését teszik lehetővé.

### 3. Az elemek elektromos tulajdonságai

A LIDI tranzisztorai és ellenállásai mind méretük, mind elektromos tulajdonságaik tekintetében hasonlítanak a megfelelő LINA—1 elemekhez, ezért

az alábbiakban főleg az eltérésekről lesz szó. Mindjárt megjegyezzük, hogy a legfontosabb eltérés az alkalmazható maximális feszültségre vonatkozik, mely a LINA—1 esetében 20 V, míg a LIDI-nél 36 V.

A megengedhető disszipáció ugyanaz, mint a LINA—1 áramköröknél: 0,5 W, 70 °C-nál alacsonyabb környezeti hőmérsékletet feltételezve. Nincs oly követelmény, hogy a chipben fejlődő hő egyenletesen oszoljon el a chip felülete mentén; a megadott maximális teljesítmény akár egyetlen elemen is felléphet.

#### 3.1 Ellenállások

A LIDI 0,2—3,6 kohm értékű ellenállásai (számutól, elrendezésüktől, valamint a rájuk kapcsolható



GERGELY ISTVÁN

A vegyész-mérnöki diploma megszerzése után

1957-ben helyezkedett el az Egyesült Izzóban. Először germánium egykristályok készítésével és vizsgálatával foglalkozott, majd bekapcsolódott a félvezető eszközök fejlesztését végző osztály munkájába. 1975-ben ENSZ ösztöndíjjal angliai tanulmányúton vett részt. 1982 óta a MEV dolgozója, jelenleg félvezető eszközök tervezésével és szerkezetvizsgálatával, valamint a félvezető technológiai folyamat mérőábrák segítségével történő ellenőrzésével foglalkozik.

maximális feszültségtől eltekintve, mely feszültség csak ott érheti el a 36 V-ot, ahol ezt a disszipációs határ lehetővé teszi) mindenben megegyeznek a LINA—1-beliekkel. Így pl. az ellenállások értéke  $\pm 25\%$ -kal térhet el a névlegestől, arányuk pedig egy chipen belül legfeljebb  $6\%$ -kal különbözhet a számított értéktől.

Az ellenállások közti kölcsönhatást (éppúgy, mint a LINA—1 áramkörnél) a sziget és az ellenállások közti zárófeszültséggel lehet megakadályozni ill. minimálissá tenni; ehhez rendszerint a pozitív tápfeszültségpólust kapcsoljuk a szigetre, azaz a  $+V$  pontok valamelyikére.

A 60 kohmos ellenállások tulajdonságai — az előzőekkel ellentétben — jelentősen eltérnek a LINA—1-beliekétől, minthogy más eljárással készülnek. Az eltérés főként a megengedhető maximális kapcsolófeszültségben és az ellenállás feszültségfüggésében jelentkezik. Míg a LINA—1-ben két diffúziós művelettel alakítjuk ki a 60 kohmos ellenállást (az npn tranzisztorok bázisrétegének kialakításával egyidejűleg), és így az ellenállás anyaga erőteljesen adalékolt szilícium, mely még erősebben szennyezett szilíciummal határos, a LIDI-ben a nagy fajlagos ellenállású epitaxiális rétegből képezzük ugyanezt az ellenállást. Az így adódó szerkezeti eltérés magyarázza tulajdonságaik különbözőségét. Az npn tranzisztorok bázisrétegéhez hasonló szerkezetű LINA—1-beli ellenállás érthető módon csak annyi feszültséget visel el, mint az npn tranzisztorok emitter-bázis átmenete, tehát legfeljebb 6 V-ot, ezzel szemben a LIDI analóg ellenállása kibírja a teljes tápfeszültséget is.

A szerkezeti különbségekből adódik az ellenállásérték feszültségfüggésének eltérése is.

Említettük már, hogy a LIDI-beli 60 kohmos ellenállás JFET jellegű elem — ám ugyanez elmondható a LINA—1 hasonló ellenállásáról is. Míg azonban az utóbbinál a vezető csatorna nagy adaléksűrűsége folytán alig észlelhető a feszültség növekedésekor szükségképpen fellépő csatornaszűkülés, ugyanez a nagy fajlagos ellenállású LIDI-ellenállásnál erőteljesen jelentkezik: az utóbbinál az ellenállás voltonkénti növekedése mintegy tízszer nagyobb, ami a rákapcsolható nagy feszültség miatt már korántsem elhanyagolható változást okoz. (Az ellenállásnövekedés szempontjából csaknem közömbös, hogy a feszültség az ellenállás

végei, vagy az ellenállás és a szubsztrát között lép-e fel.)

A LIDI-beli ellenállás nagyobb terhelhetősége előnyösen használható fel az áramkörök alaparamának beállításához. Ebben az alkalmazásban a nagyobb feszültségfüggés is kedvező, mert így a rajta átfolyó áram alig függ a tápfeszültségtől.

Ami a 60 kohmos ellenállások értékének a névlegestől való eltérését illeti, ebben nincs különbség a LINA—1 és a LIDI között: mindkettőnél 30 és 120 kohm közé eshet a kisfeszültségű ellenállás. A LINA—1 esetében a két diffúzió egymáshoz való szabatos illesztésének, a LIDI-nél pedig az ellenállást kialakító egyetlen, de nagy mélységű diffúzió pontos beállításának nehézsége indokolja az ohm érték viszonylag nagy szórását.

### 3.2 Tranzisztorok

A LIDI-ben csak egyféle (kis áramú) npn tranzisztorot találunk, szemben a LINA—1 chippel, melyben nagyobb áramú tranzisztor is van. Tekintve, hogy a LIDI-ben 12-vel több npn tranzisztor áll rendelkezésre, szükség esetén a nagy tranzisztor párhuzamosan kapcsolt npn-ekkel pótolható. Nagyobb a LIDI-ben a pnp tranzisztorok száma is.

Hasonló a két IC-ben a tranzisztorok kialakítása: az npn tranzisztorok négy kollektorkontaktussal készülnek, a pnp tranzisztorok pedig két báziskontaktussal és két, egymástól független, azonos méretű kollektorral. A kétkollektoros forma előnyösen használható áramtükör készítéséhez, az egyes elektródokhoz való csatlakozás többféle lehetséges módja pedig a fémzést könnyíti meg. Ami a tranzisztorok elektromos tulajdonságait illeti: a LINA—1-hez képest a legfontosabb különbség a nagyobb megengedhető  $U_{CE}$  feszültségen kívül (20 V helyett 36 V), az, hogy az npn tranzisztorok kis  $U_{CE}$  feszültségnél nagyobb  $I_C$  áramig használhatók. Arról van szó, hogy kis kollektorfeszültségnél a B áramerősítési tényező erősen függ  $U_{CE}$  értékétől, minthogy ilyen körülmények között a tranzisztor kollektor-bázis átmenete nyitóirányú előfeszítést kaphat és így az emitterből hozzáérkező kisebbségi töltéshordozók egy részét visszainjektálhatja a bázisba. Nyitóirányú előfeszítés akkor következik be, ha (npn tranzisztor feltételezve) a kollektor potenciálja a bázisnál negatívabbá válik. Ez a helyzet akkor is előállhat, ha a kollektorkivezetés pozitívabb a bázisnál, minthogy a valóságos kollektor és a kollektorkivezetés között rendszerint jelentékeny ellenállás van „beépítve”, ez az  $R_{SC}$  kollektorellenállás.

Következésképpen: a kis  $U_{CE}$  feszültségnél a kollektoráram növelésekor bekövetkező B és annál nagyobb mértékű, minél nagyobb az  $R_{SC}$  ellenállás.

Mindezt azért volt fontos előrebocsátani, mert a LIDI npn tranzisztorai — egy technológiai többletművelet következtében — kb. feleakkora az  $R_{SC}$  értéke, mint a LINA—1-ben. Ez azzal az előnnyel jár, hogy a LIDI tranzisztorai még az  $U_{CE}=1$  V,  $I_C=40$  mA munkapontban is számos funkcióban elfogadhatóan működnek (annak el-

lenére, hogy az ajánlott áramhatár a LIDI és a LINA—1 esetében egyaránt  $I_C=20$  mA a kis npn tranzisztorokra), míg a LINA—1 tranzisztorai ilyen beállításban csak kivételesen alkalmazhatók.

A LIDI npn tranzisztoraira jellemző kis  $B_{SC}$  érték előnyös a tranzisztorok kapcsolóüzemű alkalmazása szempontjából is, minthogy több fontos kapcsolóüzemi paraméter (pl. a kapcsolási sebesség és a maradékfeszültség) erősen függ a kollektorellenállástól. Ezért a LIDI nemcsak lineáris (analóg), hanem digitális áramkörökhöz is kiválóan alkalmas. (Ezzel van kapcsolatban az áramkör elnevezése is.)

Egyéb tekintetben a LIDI és a LINA—1 npn tranzisztorai között nincs jelentékeny eltérés, így pl. nagyfrekvenciás szempontból is hasonlóan viselkednek, ha  $U_{CE}>2$  V és  $I_C<10$  mA. 2 V-nál kisebb feszültségnél, ill. 10 mA-nél nagyobb áramnál az  $R_{SO}$  érték különbözősége a nagyfrekvenciás működésben is észrevehető különbséget okozhat a LIDI tranzisztorainak javára.

Van eltérés a laterális pnp tranzisztorok viselkedésében is, jóllehet ez kevésbé szembetűnő, mint az npn-ek esetében. A nagyobb  $BV_{CEO}$  letörési feszültség ugyanis nagyobb bázisvastagságot követel meg a laterális tranzisztoroknál, és ennek természetesen más tulajdonságokra is hatása van.

Ilyen a határfrekvencia, mely szükségképpen kisebb a nagy bázisvastagságú LIDI tranzisztorokban. Figyelembe véve azonban, hogy a laterális tranzisztorokat többnyire kisfrekvenciás ill. egyenáramú kapcsolásokban használjuk, ez a körülmény nem jelent hátrányt a gyakorlatban.

A már említett technológiai többlet a pnp tranzisztoroknál is előnyös: a bázisellenállásukat csökkentik. Ennek természetesen kisebb a jelentősége, mint az npn tranzisztorok kollektorellenállása esetében, minthogy a pnp tranzisztorok árama viszonylag csekély.

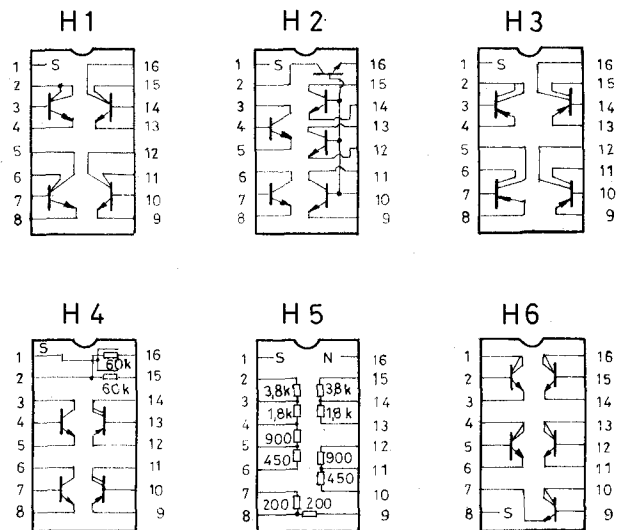
#### 4. A LIDI alkalmazása

Amint már jeleztük, az új áramkör neve a lineáris és digitális szavakból származik, arra utalva ezzel, hogy a LIDI alkalmas mind analóg, mind digitális ill. vegyes működésű áramkörök készítéséhez. Alkalmazási példaként erősítők, komparátorok, áramforrások, frekvenciaosztók, kapuáramkörök, oszcillátorok, fázisdetektorok, időzítő áramkörök, digitális-analóg, hőmérséklet-áram és egyéb átalakítók, ill. a hasonló részáramkörökből felépített bonyolultabb kapcsolások jöhetnek szóba.

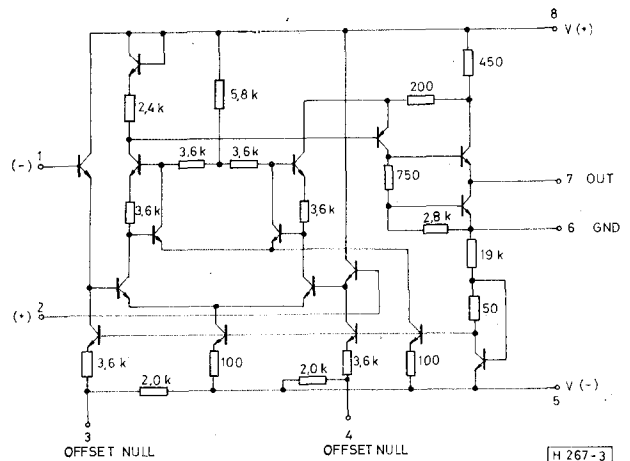
Jóllehet az integrálható kapcsolások köré a rendelkezésre álló elemkészlet a viszonylag kevés elemet tartalmazó áramkörökre korlátozza, számos, a gyakorlatban felmerülő feladat megoldható a LINA—1, vagy a LIDI segítségével. A két félkész áramkör közötti választást elsősorban a felhasználandó tranzisztorok száma, a megkívánt tápfeszültség-tartomány és az npn tranzisztorok maradékfeszültségével, ill. a nagy értékű ellenállások megengedhető kapcsolófeszültségével szemben támasztott követelmények befolyásolják.

Akár a LINA—1-et, akár a LIDI-t választjuk az adott feladat megoldásához, a további munka menete lényegében azonos. Egyszerű a helyzet, ha már rendelkezünk alkalmas áramköri kapcsolással: ilyenkor az adott félkész chip felngyított rajzán, mely a MEV-től beszerezhető, elkészítjük a kapcsolási rajznak megfelelő fémhálózat vázlatát. E munka végzésekor ügyeljünk arra, hogy a vezeték csak a chipvázlaton szaggatott vonallal berajzolt útvonalak mentén haladhat.

A bekötés tervezését megkönnyíti, ha az adott áramkört természetes működési egységekre bontjuk, kijelöljük az egységeknek szánt chipterületet, és a fémzést egységenként, egymás után tervezük meg. A kapcsolás megfelelő működését célszerű deszkamodell megépítésével ellenőrizni, a modellben a megfelelő alkatrészecskék (a LIDI használata esetén a LIDI-kit) alkalmazásával. A LIDI-kit rendelkezésre álló elemeit (H1—H6) a 2. ábrán mutatjuk be. Amint látjuk, a tranzisz-



2. ábra. A LIDI-kit elemeinek bekötése



3. ábra. LIDI-vel megvalósítható feszültségkomparátor kapcsolása

torok többféle kombinációban szerepelnek a kitben és a chip valamennyi ellenállásfajtája is megtalálható benne.

Mind a vázlat, mind a deszkamodell készítésével ill. kimérésével megbízhatjuk a MEV szakembereit is. Természetesen az is járható út, hogy csak a megkívánt működést, a tervezendő áramkörrel szemben támasztott követelményeket adjuk meg, vagy a chipgyártóval együttműködve dolgozzuk ki az adott feladat megoldására alkalmas, integrálható kapcsolást.

A LIDI használhatóságát végezetül egy vele megépíthető nagy pontosságú feszültségkomparátor példáján mutatjuk be. (Az áramkör kapcsolását a 3. ábra szemlélteti.) Jóllehet az áramkör alkatrészigénye korántsem meríti ki a LIDI lehe-

tőségeit, minthogy a rendelkezésre álló elemek csupán kis részét használja fel (pl. a 66 db tranzistorból mindössze 17-et), elektromos jellemzői igen kedvezőek: nagy bemenő ellenállás, erősítés és működési sebesség, széles tápfeszültség-tartomány, csekély hőfokérzékenység, TTL kompatibilitás stb.

## IRODALOM

- [1] *Dr. Balogh Béla*, *Gergely István*, *Méhn Márton*: A LINA—1 jelzésű félkész áramkör felépítése és alkalmazása. *Híradástechnika*, 1984. 9. szám, 400. oldal.
- [2] MEV-kollektíva: Egy új MEV-termék: a LINA—1 félkész áramkör. *Magyar Elektronika*, 1984. 2. szám, 51. oldal.