

A LINA—1 jelzésű félkész áramkör felépítése és alkalmazása

DR. BALOGH BÉLÁNÉ—GERGELY ISTVÁN—MÉHN MÁRTON
MEV



ÖSSZEFOGLALÁS

A LINA—1 félkész áramkör közepes bonyolultságú analóg áramkörök integrált formában való elkészítését teszi lehetővé a teljesen egyedi tervezésű integrált áramkörök készítéséhez szükséges idő töbrésze alatt. A cikk ismerteti a LINA—1 felépítését, a benne található ellenállások és tranzisztorok elektromos tulajdonságait és tájékoztat az áramkör alkalmazásáról.

1. Bevezetés

Napjainkban a félkész (semi-custom) integrált áramkörök alkalmazásán át vezet a legrövidebb út a felhasználók igényei alapján egyedileg tervezett (ún. berendezésorientált) áramkörök előállításához. Ezzel magyarázható, hogy egyre nagyobb a félvezetős cégek által kínált félkész áramkörök választéka; ily módon ma már szinte tetszőleges integrált áramkört elkészíthetünk ezzel a módszerrel, igen rövid idő alatt.

A félkész áramköröket mind alkalmazási területük, mind gyártási technológiájuk szerint csoportosíthatjuk. A bipoláris technológiával gyártott semi-custom áramköröket nagyrészt lineáris (analóg) kapcsolások integrálására használják [1], nem csekély hányadukból pedig közepes bonyolultságú digitális áramkörök készülnek: a MOS technológiájú félkész áramköröket főként nagy bonyolultságú digitális áramkörök kialakítására használják fel.

A Mikroelektronikai Vállalat, felismerve a semi-custom áramkörök jelentőségét, számos bipoláris és MOS típust gyárt félkész kivitelben.

A jelen közleményben ezek közül a LINA—1 bipoláris semi-custom áramkört ismertetjük, mely közepes bonyolultságú analóg áramkörök készítésére alkalmas [2].

2. A LINA—1 elemkészlete és felépítése

A félkész áramkörök alkalmazási lehetőségeit elsősorban az határozza meg, hogy milyen mennyiségű és fajtájú áramköri elemet (ellenállást, diódát stb.) tartalmaznak. A LINA—1 chipben 170 elem található: 50 bipoláris tranzisztor és 120 ellenállás. Ezek fajtánkénti megoszlása a következő:

- 36 db kisméretű npn tranzisztor
- 12 db két kollektoros laterális pnp tranzisztor
- 2 db közepes méretű npn tranzisztor

DR. BALOGH BÉLÁNÉ

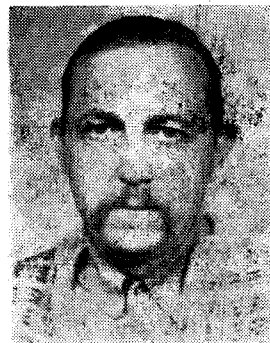
1967-ben szerzett diplomát a Kijevi Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Kar Híradástechnika Szakán. 1972-ben „Integrált áramkörös elektronika szakmérnöki tanfolyamot végzett. Első munkahelye az Egyesült

Izzó volt, ahol először diszkrét eszközök vizsgálatával, majd integrált áramkörök tervezésével foglalkozott. 1980-ban Országos Vezetőképző tanfolyamot végzett. 1982 óta a MEV dolgozója. Feladata: bipoláris eszközök tervezése, ül. az e területen folyó fejlesztési munkák irányítása.



GERGELY ISTVÁN

a vegyészmérnöki 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.

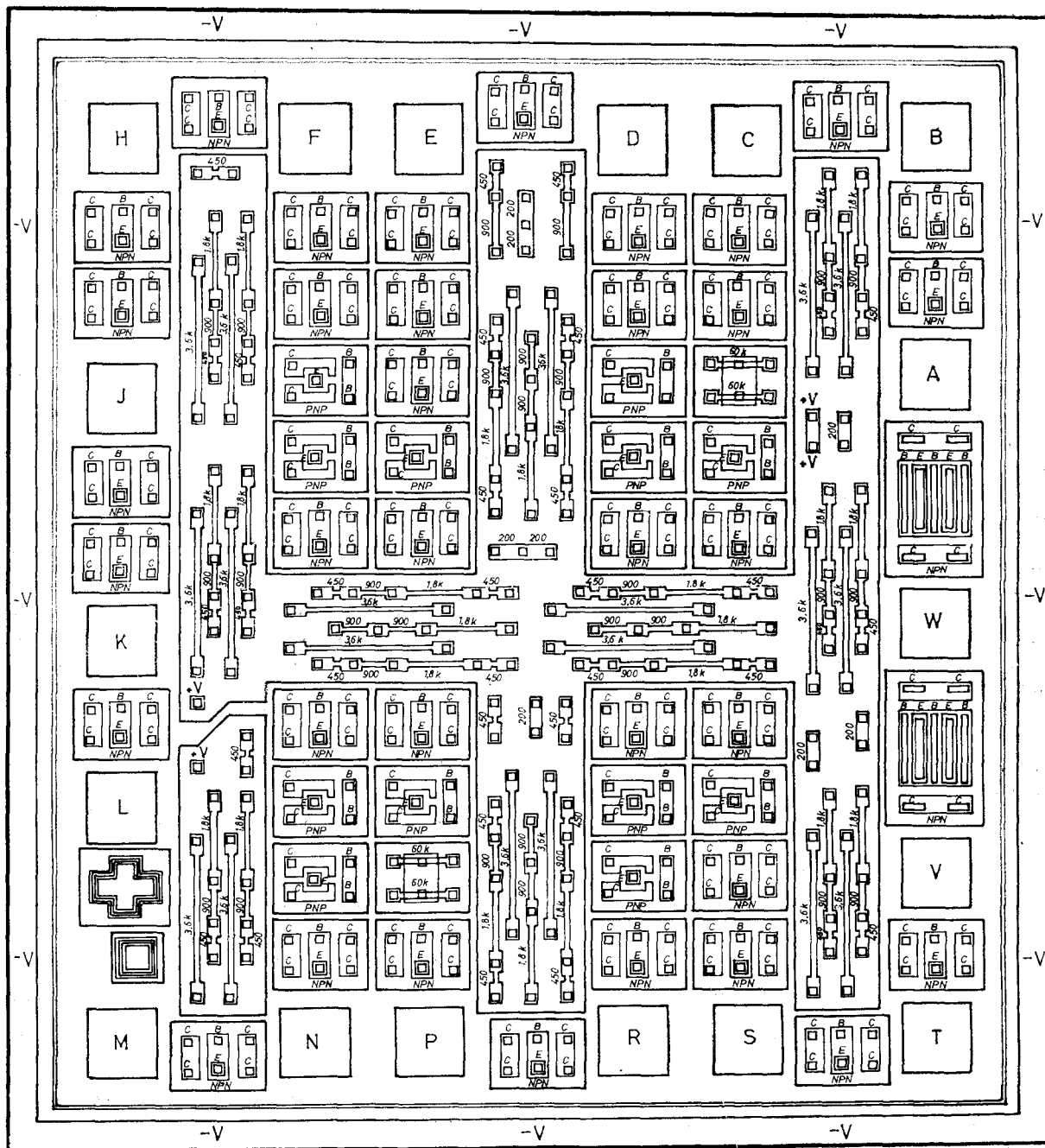


MÉHN MÁRTON

oki. fizikus, félvezető technikai szakmérnök, villamosmérnök—matematikus szakmérnök. 1962-től 1982-ig az Egyesült Izzóban félvezető eszközök fejlesztésével foglalkozott. 1978-ban UNIDO-ösztöndíjként MIS szerkezetvizsgálatát végezte az NSZK-ban. 1982-től a Mikroelektronikai Vállalatnál bipoláris integrált áramkörök tervezésével foglalkozik, emellett az Eötvös Loránd Tudományegyetemen laboratóriumi gyakorlatot vezet.

- 8 db 300 ohmos ellenállás
- 34 db 450 ohmos ellenállás
- 30 db 900 ohmos ellenállás
- 24 db 1800 ohmos ellenállás
- 20 db 3600 ohmos ellenállás
- 4 db 60 kohmos ellenállás.

Beérkezett: 1984. VI. 14. (Λ)



H989-1

1. ábra. Az áramköri elemek elrendezése a LINA-1 chipen

Az elemek elrendezését az 1. ábra mutatja. Ennek kialakításakor az volt a fő szempont, hogy az elrendezés tegye minél egyszerűbbé a kívánt áramkör létrehozásához szükséges fémhálózat megtervezését. További fontos cél, hogy minimális legyen a parazita kölcsönhatás az áramköri elemek között. Ezért minden tranzisztor, továbbá — kettésével — a 60 kohmos ellenállások önálló „szigetben” vannak elhelyezve; az n típusú szigeteket p zónák választják el egymástól. A 300–3600 ohmos ellenállások két szigetben találhatóak. Ez nagyobb szabadságot ad a tervezőnek, minthá egyetlen szigetben kapott volna helyet az összes ellenállás, mivel lehetővé teszi, hogy az

ellenállások egy része úgy kerülhessen a tápfeszültségnél magasabb potenciálra, hogy ez ne okozzon zavart az áramkör működésében.

A LINA-1 tranzisztorainak hasznos jellegzetessége, hogy egyes elektródákhoz több helyen csatlakozhatunk: az npn tranzisztorok kollektorához négy helyen, a pnp tranzisztorok bázisához két helyen. Ez a fémezés megkönnyítését szolgálja. (A többszörös kontaktus pl. bujtatásként, vagy kis értékű ellenállásként is hasznosíthatjuk.) A laterális tranzisztorok két kollektorkontaktusa viszont két önálló kollektorhoz tartozik, ami e tranzisztorok gazdaságos felhasználását teszi lehetővé.

3. Az áramköri elemek jellemzői

A LINA—1-ben levő ellenállások és tranzisztorok elektromos adatait tartalmazó adatlapot az érdeklődők rendelkezésére tudjuk bocsátani; itt csak az alkalmazás szempontjából legfontosabb tulajdonságokra hívjuk fel a figyelmet.

a) A tranzisztorok max. 20 V-os U_{CE} kollektor-emitter feszültséggel működtethetők (ennél nagyobb feszültséget az áramkör más pontjai között sem alkalmazhatunk). Hasznos áramtartományuk alsó határa 0,1 μ A, a felső határ 1, 20 és 100 mA a laterális pnp tranzisztornál, ill. a kis- és közepes npn tranzisztornál.

b) A laterális tranzisztorok f_T határfrekvenciája 3 MHz, az npn tranzisztoroké 300 MHz körüli érték.

c) A 60 kohmos ellenállásokra adható max. feszültség 6 V. A többi ellenállásnál — a 20 V-os határon belül — csak a megengedhető disszipáció korlátozza a feszültséget. A 60 kohmos ellenállás alkalmazásakor figyelembe kell venni, hogy értéke meglehetősen pontatlanul reprodukálható, ezért csak azokban az esetekben célszerű használni, amikor a névleges értéktől való esetleg jelentékeny eltérés sem okoz zavart. Az ellenállás nagysága a FET-jellegű elemek elhelyezett vezérlő elektródára adott feszültséggel változtatható, a vezérlő feszültség azonban nem haladhatja meg a 6 V-ot. (Legcélszerűbb, ha a vezérlő elektródot az ellenállás pozitívabb sarkával kötjük össze.)

d) A szokásos dual-in-line műanyag tokba szerelt LINA—1 chipre kb. 500 mW a megengedhető max. disszipáció, és ez egyetlen elem (pl. ellenállás) is felléphet.

e) Az npn tranzisztorok azonos oldalon levő két kollektorkontaktusa, az egy szigetben levő 60 kohmos ellenállások vezérlő elektródái, valamint a laterális tranzisztorok báziskontaktusai között kb. 15 ohm nagyságú ellenállás van, amit gyakran bujtatásként hasznosítunk. Az npn tranzisztorok átellenes kollektorkontaktusai közötti mintegy 50—100 ohmos szakaszt is hasznosíthatjuk a kapcsolásban.

Az a körülmény, hogy az összes áramköri elem egyszerre, azonos technológiai műveletekkel készül, azzal a következménnyel jár, hogy nem lehet mindegyik elemfajta optimális szerkezetű. A bipoláris áramkörökben rendszerint az npn tranzisztorot tekintik fő elemnek, a technológiát tehát az npn tranzisztornak megfelelően alakítják ki. Ez a LINA—1 esetében sincs másként. Így a szubsztráttól független pnp tranzisztorok csak laterális kivitelben készülhetnek, tehát elektromos paramétereik szükségképpen gyengébbek a megfelelő npn paramétereknél. Az áramköri elemek közös eljárással történő kialakítása azonban több haszonnal jár, mint amennyi nehézséget okoz, pusztán csak az elektromos tulajdonságokat tekintve is. Ez a haszon: az azonos fajtajú áramköri elemek egyöntetűsége. Az egy chipen levő összes, azonos geometriájú tranzisztor, ellenállás stb. elektromos tulajdonságok szempontjából is azonosnak tekinthető, és ez hatalmas előny! Ezért integrált áramkörben megtehetjük azt, amit diszkrét eszközknél nem: hogy párhuzamosan kötünk több tranzisztorot. Biztosak lehetünk benne, hogy mindegyik közel azonos áramot vesz fel, ha azonos méretűek,

ill. hogy az áramok aránya a tranzisztorok méretarányának felel meg.

Hasonló a helyzet az ellenállások esetében is. Az ellenállások nagysága ugyan különbözhet a névleges-től ($\pm 25\%$ eltérést engedélyez az adatlap), nem tér el azonban a névleges értéktől az ellenállások aránya. Természetesen a hőfok változása sem idéz elő változást a tranzisztorok közti árameloszlásban, vagy az ellenállásértékek arányában, és ez a körülmény is előnyösen kihasználható. Az integrálásnak persze számos egyéb, közismert előnye is van (a megbízhatóság növekedése, az önköltség csökkenése stb.); az áramköri elemek egyöntetűségét azért érdemes itt erősebben hangsúlyozni, mert éppen a semi-custom áramkörökben aknázható ki ez a sajátosság a legjobban.

4. Laterális tranzisztorok alkalmazási módja a LINA—1 áramkörben

Az a kényszerűség, hogy a szubsztráttól független pnp tranzisztorok szükségképpen laterális kivitelűek, nem tekinthető pusztán hátránynak, minthogy a laterális tranzisztor igen sokoldalúan alkalmazható eszköz, például igen előnyösen alkalmazható sokkollektoros formában. (A vertikális npn tranzisztoroknál a több kollektoros forma korántsem rendelkezik ilyen előnyös tulajdonságokkal!) A laterális tranzisztor a LINA—1-ben két kollektoros kivitelben fordul elő, így a tranzisztor bekötésekor a következő lehetőségek közül választhatunk:

- a két kollektort rövidre zárjuk,
- a két kollektor közül csak az egyiket használjuk, a másik „lebeg”,
- az egyik kollektort a bázissal rövidre zárjuk,
- a két kollektor két különböző körhöz tartozó munkaellenállást táplál.

Milyen áramerősítési tényezővel számolhatunk a négy különböző bekötési mód esetén?

Lássuk először az a) esetet. Erre vonatkozik a LINA—1 adatlapján közölt B vs. I_C görbe; e szerint $B_0 = 40-80$ a várható áramerősítés az $I_C = 10-100 \mu$ A áramtartományban.

A b) esetben az emitterből kilépő lyukak egy részének (annak a résznek ti., amelyik nem a működő fél-kollektor irányába „indult el”) igen hosszú utat kell megtennie, míg „célba jut” — a záróirányban előfeszített, tehát pótkollektorként működő szubsztrátba, vagy a működő kollektorfélbe — ezért igen jelentős lesz a rekombinációs vesztesége. A tapasztalat szerint $B \approx \frac{B_0}{4} \approx 10-20$, tehát jóval kisebb, mint a B_0 .

A c) esetben közelítőleg azonos a két fél-kollektor árama (azért csak közelítőleg, mert I_C kismértékben a kollektorfeszültségtől is függ, és ez nem azonos a két kollektoron). A bázissal rövidre zárt kollektorban folyó áram szükségképpen hozzáadódik a bázis- és emitterbeli rekombinációból származó eredeti bázisáramhoz, így az áramerősítési tényező 1 alá csökken. Ha feltesszük, hogy a kollektorfeszültségek különbözőek nem okoz számottevő eltérést a két kollektor

áramában, akkor ki is számíthatjuk B értékét adott (az aktívan működő kollektorban mért) I_C áramnál. Tekintve, hogy a két kollektor összárama $2 I_C$, az ehhez az áramhoz tartozó B_0 értékből kell kiindulnunk.

A fellépő bázisáram: $I_B = \frac{2I_C}{B_0}$.

Ehhez hozzáadódik az egyik kollektor I_C árama, így

$$B = \frac{I_C}{I_C + \frac{2I_C}{B_0}} = \frac{B_0}{B_0 + 2},$$

amiből egynél valamivel kisebb érték adódik.

A d) esetben az előbbi módon okoskodhatunk: feltesszük, hogy a két kollektor árama azonos, ezért

$$B = \frac{I_C}{\frac{2I_C}{B_0}} = \frac{B_0}{2},$$

ahol B_0 a „teljes tranzisztor” áramerősítési tényezője $2I_C$ értékű kollektoráramnál.

Megjegyezzük, hogy a felsorolt négyféle bekötési mód közül a második (tehát a lebegő kollektor) alkalmazása nem célszerű.

Ebben az esetben ugyanis a tranzisztor emitter-áramának számottevő része a szubsztrátba jut. Figyelembe véve, hogy a szubsztrát fajlagos ellenállása meglehetősen nagy (ellenkező esetben szigetelőképesége volna elégtelen), el kell kerülni, hogy jelentős áramot folyassunk át rajta, ez ugyanis — a fellépő potenciálkülönbségek révén — megzavarhatja az áramkör működését.

5. A LINA—1 alkalmazása

A félkész áramkörök nagy népszerűsége alkalmazásuk egyszerű voltának és a felhasználásukkal gyártott berendezésorientált áramkörök viszonylagos olcsóságának tulajdonítható. Tekintve, hogy az integrálni kívánt kapcsolás birtokában az IC tervezés feladata a fémező maszk tervezésére korlátozódik (mint-hogy a félkész chipen a kapcsolásban szereplő tranzisztorok, diódák, ellenállások már rendelkezésre állnak), az áramkörtervezés gyorsan és egyszerűen elvégezhető. A termék legyártása sem okoz gondot, mivel csak egyetlen új maszkot kell elkészíteni és ennek megfelelően egyetlen rezisztlépés alkalmazásával gyártható a kívánt speciális áramkört tartalmazó Si szelet. A LINA—1 elemkészlete, mint láttuk, diódát nem tartalmaz. Ez azonban nem korlátozza a felhasználást, minthogy bármely tranzisztor diódaként is alkalmazható. Ha a diódától megkívánt zárófeszültség 6 V alatt van, az npn tranzisztorok EB átmenetét célszerű ilyen célra használni, a CB átmenet rövidrezárása mellett. Ellenkező esetben a laterális tranzisztor hasonló alkalmazása a legjobb megoldás. Zener diódának is az npn tranzisztor EB átmenete a legalkalmasabb. A zárókarakterisztika hőfokfüggését minimálisra csökkenthetjük, ha egy nyitóirányban előfeszített EB átmenettel kapcsoljuk sorba, minthogy az npn EB dióda nyitó- és zárókarakterisztikájának hőfoktényezője ellenkező előjelű és közel azonos abszolút értékű.

A gyakorlati tapasztalat azt mutatja, hogy a fémhálózat megtervezése akkor válhat problematikusá, ha a rendelkezésre álló tranzisztorok több mint háromnegyedét fel kell használni az adott kapcsolásban, és akkor számíthatunk viszonylag könnyű munkára, ha a bekötendő tranzisztorok aránya nem éri el a 70%-ot.

Ennél is fontosabb szempont, hogy az integrálandó kapcsolást a fémező maszk megtervezése előtt célszerű LINA—1 kitékkel (a LINA—1 chip tokozott formában kapható áramkörü elemével) megépíteni. (Az ellenállásokat csak kivételesen kell kit formában alkalmazni, többnyire megfelelnek a szokásos fémréteg-ellenállások. Ne feledkezzünk meg azonban arról, hogy a fémezésnél alkalmazott bujtatásokat is modellezzük!) A kitékből épített deszkamodell elkészítése azért ajánlatos, mert a szokásos diszkrét elemekre tervezett kapcsolásai — az integrált tranzisztorok eltérő tulajdonságai, valamint az integrálásból adódó parazita kölcsönhatások miatt — IC-ként esetleg nem működik megfelelően.

A kiték alkalmazásával nemcsak azért kapunk valós képet a leendő IC működéséről, mert az áramkörü elemek azonosak a modellben és az IC-ben, hanem azért is, mert egy-egy kit több (négy-öt) tranzisztorot tartalmaz, így a kitékkel megépített kapcsolásban a kész IC-hez hasonló módon lépnek fel az áramkör működését zavaró parazita hatások (pl. a megengedettnél nagyobb szubsztrát áram). Szükség esetén tehát még időben módosíthatjuk a kapcsolást.

6. Néhány egyszerű szabály a LINA—1 fémmaszkok tervezéséhez

A fémhálózat tervének elkészítéséhez az 1. ábrán bemutatott elemelrendezési rajzot használjuk, természetesen kellően felnagyított kivitelben.

Az ábrába szabad kézzel rajzolhatjuk be a fémvezeték útját. A fémcsíkok szélessége általában 10 μm és ugyancsak legalább 10 μm a vezetékek egymástól, ill. a fémkontaktusoktól való távolsága. A tervezéskor vegyük figyelembe, hogy 1 mm hosszúságú, 10 μm szélességű fémcsík ellenállása 3—5 ohm. Szükség esetén használjunk szélesebb vezetéket, kivételes esetben pedig elfogadható a 8 μm -es vezeték is, 8 μm -es minimális csíktávolsággal.

A tervező számára természetesen kényelmetlen volna, ha a rajzkészítés során állandóan ügyelnie kellene az előírt csíktávolság betartására, ezért a fenti szabályt könnyebben alkalmazható formában is megfogalmazhatjuk 10 μm -es csík szélesség esetén:

a) A tranzisztorok között két csík, a szomszédos tranzisztor — elektródák között 1 csík haladhat át. E szabály alól kivétel a laterális tranzisztor emitter-és kollektorkontaktus közötti szakasza, ahol — a kiterjesztett emitterkontaktus nagy mérete miatt — nem fér el fémvezeték.

b) A termokompressziós kontaktusok között 3 csík, a chip szélén kialakított (a szubsztráttal összekapcsolt) fémkeret és a szélső elemek között 1 csík helyezhető el.

c) Az ellenállások között (az ellenálláscsíkokkal

párhuzamosan) nem fér el vezeték az ellenállászigetnek azon részein, ahol 4, ill. 5 ellenállás van egymás mellett elhelyezve; erre merőlegesen, az ellenállások kontaktusai között viszont az alábbi számú csík haladhat át:

300 és 450 ohm esetén	1 csík
900 ohm esetén	2 csík
1800 ohm esetén	5 csík
3600 ohm esetén	11 csík

d) A 60 kohmos ellenállások között 1 csík, az ellenállás végpontjai és a vezérlő elektród között 1-1 csík fér el.

További szabály, hogy a 300–3600 ohmos ellenállásokat tartalmazó szigeteket (a V^+ kontaktusokat) az áramkörben alkalmazott legpozitívabb potenciálra kell kötni (vagy arra a pontra, mely az adott rész-áramkörben a legpozitívabb potenciált veszi fel), a fémkeretet (a szubsztrátot) pedig a tápforrás negatív pólusával kell összekapcsolni. Ez az eljárás az elemek közötti kölcsönhatásokat küszöböli ki, ill. csökkenti többnyire elhanyagolható mértékűre.

Az áramkörtervezés során ügyeljünk arra, hogy a

laterális tranzisztorok lehetőleg ne kerüljenek teltésbe. A szaturált állapotban levő laterális tranzisztorból ugyanis jelentékeny áram kerülhet a szubsztrátba és ez, mint láttuk, zavart okozhat az áramkör működésében.

Jelentősen megkönnyíti a **LINA-1** chip felhasználásával történő áramkörtervezést, hogy igen nagyszámú példa áll rendelkezésünkre a **LINA-1**-hez hasonló félkész áramkörökből megvalósított kapcsolásokra.

A gyakorlatban felvetődő feladatok az esetek nagy részében visszavezethetők ismert megoldásokra, az áramkörtervezés során tehát feltétlenül ajánlatos ezek tanulmányozása.

I R O D A L O M

- [1] D. Bray: The advantages of large bipolar semi-custom arrays in linear systems. Proc. of the 2nd International Conf. on Semi-Custom IC's, London, 1982.
- [2] MEV kollektíva: Beszámoló a LINA-1 lineáris array áramkör fejlesztési eredményeiről. (1983. évi belső jelentés.)



MEV ALKATRÉSZKATALÓGUS

BESZEREZHETŐ A

MEV-EMO-KERAVILL MÁRKABOLTBAN:

Bp.V., Múzeum krt. 11. és a Katalógusboltban: Bp.V., Szt. István tér 4.

MEV

MIKROELEKTRONIKAI
VÁLLALAT