

DR. SZÉKELY VLADIMIR — DR. TARNAY KÁLMÁN
BME Elektronikus Eszközök Tanszék

BERNUS PÉTER
MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézet

TRANZ-TRAN 3/D — display üzemű, interaktív áramkörszimulációs program

ETO 519.688:681.3.015:681.327.69

Világjelenség, hogy az integrált áramkörök tervezésében egyre nagyobb szerephez jutnak a számítógépi módszerek. A gépi tervező rendszerek ma már minden munkafázisban segítik a konstruktórt: az áramköri és a kiviteli tervezésben éppúgy, mint a maszkok elkészítésében. Ilyen, az IC tervezés teljes folyamatát segítő komplex számítógépi tervezőrendszert fejlesztett ki tanszékünk az 1974–77 időszakban. A rendszer felépítésénél fogva mind monolitikus, mind szigetelő alapú IC-k tervezésére alkalmas. A konkrét megvalósítás — mivel a felmerült igények ilyen irányúak voltak — szigetelő alapú áramkörök tervezésére szolgál. A munkát a Központi Fizikai Kutató Intézet és a REMIX Rádiótechnikai Vállalat megbízásából végeztük. A programrendszer, amely a REMIX konstruktórait segíti a vastag- és vékonyréteg IC-k tervezésében, az alábbi részekből áll:

- TRANZ-TRAN 3/D nemlineáris áramköranalízis program,
- AKSZ—1 aktív szűrő-szintézis program,
- TRAFIC transzverzális szűrő tervező program,
- VASTAGIC vastagréteg IC kiviteli tervező program,
- VÉKONYIC vékonyréteg IC kiviteli tervező program,
- MASZK maszkelőállító program,
- ADATRANK, amely a felhasználható anyagokra, áramköri elemekre vonatkozó minden elektromos, geometriai stb. információt tartalmaz,
- MSI, MS2 statisztikai programcsomag.

A felsorolt tervező programok mind display-in-

teraktív működésűek. A programok közvetlenül kapcsolódnak egymáshoz, egyik a másiknak továbbítja a tervezés alatt álló áramkör adatait. Egy áramkör tervezése így egységes folyamatot alkot. A tervező a display elé ülve, először áramköri szimulációt végez. Módosítások és újbóli analizisek útján eljut a végleges áramkörhöz (egyes speciális áramköröknél — pl. aktív szűrőknél — az áramkört direkt szintézissel külön programszegmens állítja elő). Most behívja a kiviteli tervező programot. Adatbankból választ anyagokat, alkatrészeket, majd elkészíti a képernyőn az elrendezési tervet. Összekötő huzalozást alakít ki. Végignézheti ezután a display-ernyőn az összes tervezett maszkot, s ha minden rendben, utasítja a programot az adatok továbbítására a rajzgépnek. Az IC specifikációtól a kész maszkokig egyetlen, megszakítás nélküli gépi tervezési folyamat: ezzel tervezőrendszerünk hazánkban ma egyedülálló.

Jelen cikkünk célja a rendszer egy részprogramjának, a TRANZ-TRAN 3/D áramkörszimulációs programnak ismertetése. Ez a program nemcsak a rendszerbe illesztve fut, hanem — megfelelő TPA-i gépkonfiguráción — attól függetlenül is működtethető. Különlegessége a szokásos áramkörszimulációs programokkal szemben, hogy displayt alkalmazó, interaktív működésű program. A tervezőnek csak fel kell rajzolnia a képernyőre az analizálandó áramkört; a gép elvégzi a kért analízist, s eredményeit grafikusán, rajzok formájában közli a display-ernyőn.

Az ember—gép kapcsolatnak ez a nálunk újszerű szervezése igen nagy jelentőségű a program kényelmes használata, eredményeinek könnyű értékelhetősége szempontjából. „Csak le kell ülni a képernyő elé” — a számítástechnikai előismeretek teljes szükségtelensége és a vizuális ember—gép kapcsolat attraktív volta biztosan sok új hívet szerez majd áramkörtervező programunknak.

A TRANZ-TRAN 3 áramköranalízis program általános jellemzése

Tanszékünk körülbelül egy évtizede foglalkozik univerzális áramkörszimulációs programok kidolgozásával. E munka eredményeként jött létre az évek során több változatban a TRANZ-TRAN 2 áramköranalízis program [1...3]. Ez a sokak által ismert és használt program ma is öt hazai közepes és nagyszámítógépen hozzáférhető. 1974–75-ben dolgoztuk ki a program TPA-i kisszámítógépek működő változatát: a TRANZ-TRAN 3-at. Ez az 1975-ben elkészült és publikált program még csak nyomtatókimenetet használt fel és nem volt interaktív működésű. 1977-ben fejlesztettük ki belőle a 3/D jelű, displayről vezérelt interaktív változatot, amit e helyen publikálunk először.

Az 1975-ben publikált [4], [5] TRANZ-TRAN 3 a maga nemében egyedülálló volt abban a tekintetben, hogy először realizálta kisszámítógépen az univerzális nemlineáris áramkörszimuláció feladatát, olyan funkciókat, melyeket eddig csak közepes vagy nagygépeken valósítottak meg. Megalkotásakor azt tartottuk szem előtt, hogy a TRANZ-TRAN 2 analízisprogram nagygépeken megszokott szolgáltatásainak legtöbbjét átmentsük a kisgépes változatba.

Analízisprogramunk nagygépes változataival, a kisgépre adaptálás kérdésével, valamint a programok algoritmusaiival és modelleivel kapcsolatban korábban publikált munkáinkra [1], [6]...[8] hivatkozunk; itt most csak a megvalósított kisgépes program specifikációs adatait soroljuk el.

Analízisfajták:

DC (egyenáramú) analízis,
transzfer karakterisztika számítás,
érzékenység vizsgálat,
AC (kisjelű váltakozóáramú) analízis,
tranzienst analízis.

Áramköri elemek, modellek:

feszültség- és áramgenerátor,
ellenállás,
kapacitás,
félvezető dióda,
bipoláris tranzisztor,
térvezérelt tranzisztor,
áramköri modul (pl. műveleti erősítők leírására).

A megengedett hálózatméret:

30 csomópont,
60 ág.

Algoritmusok: a nemlineáris egyenletrendszer megoldás Newton–Raphson-iterációval történik. Az időtartománybeli integrálás reverse Euler-módszerrel.

A jelen cikkben ismertetett 3/D programváltozat csak a tervezővel való kapcsolattartás módjában (display, interaktív üzem) tér el a TRANZ-TRAN 3 eredetétől, egyéb jellemzőiben azonos vele. A fel-

sorolt specifikációs adatok tehát a 3/D változatra is érvényesek.

Új szolgáltatások viszont a 3/D változatnál a következők:

- az áramkörbevitel interaktív módon, az áramkörnek a képernyőre való „felrajzolásával” történik,
- az analízisek eredményeit a program grafikusán, a képernyőn megjelenő függvényábrák segítségével közli,
- minden eredményközlés után lehetőség van az áramkör egyes részeinek törlésére, módosítására és újbóli analízisre.

Az interaktív program általános kérdései

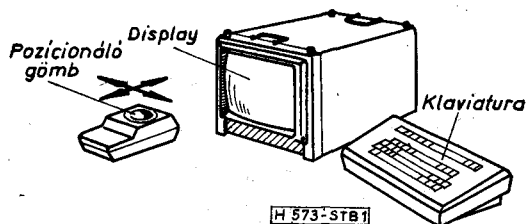
A TRANZ-TRAN 3/D program a következő gépkonfiguráción üzemképes:

- TPA-i központi egység 16 K memóriával (12 bites szavak),
- NE–601/i típusú raszter-display,
- diszk, legalább 64 K kapacitással,
- gyors lyukszalagolvasó.

Előnyös, ha ezek mellett még gyorsperforátor és sornyomtató is tartozik a rendszerhez.

A display berendezést — mivel ez az egyetlen nem konvencionális egység a felsoroltak közül — külön is ismertetjük. Jellemzője az NE–601/i típusnak, hogy elektronsugara a tévénél megszokott módon pásztázza a képernyőt, és hogy soronként is csak egyenletes sűrűségben elhelyezkedő pontokban képes fénypontot írni. A képernyőn tehát kötött sor- és oszlopszerkezetű pontok jeleníthetők meg. Innen az elnevezés: *pontraszteres display*. Esetünkben a raszter 180×240 pontból áll. Ez csak mérsékelt részletgazdagságú képek felrajzolását teszi lehetővé. Egyes programszervezési fogásokkal elértük, hogy e felbontóképesség az adott feladathoz mégis elegendő legyen. Ezekre a későbbiekben még utalunk. A displaynek nincs saját memóriája, a megjelenítendő képtartalom a központi memóriában tárolódik. Ez sajnos annyit jelent, hogy megjelenítés közben a memória 22%-át a display köti le.

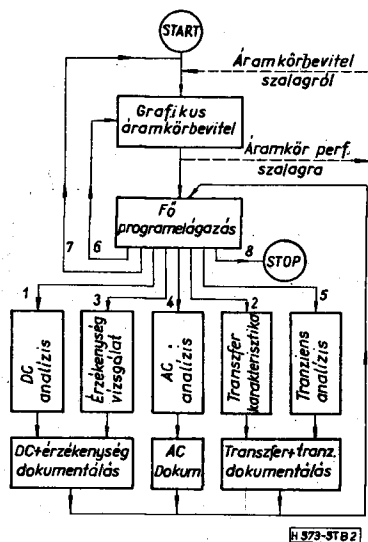
A displayhez két beviteli egység tartozik (1. ábra). Az egyik egy alfanumerikus klaviatúra. A másik grafikus információ bevételére szolgáló eszköz, az ún. pozicionáló gömb (track ball). Ez egy gömb alakú kezelésszerv, ami az 1. ábrán is jelölt módon mind x , mind y irányban forgatható. Mozgásával szinkronban egy, a pontrasztertől független fénypont mozdul el a képernyőn (futópont, CURSOR-pont). A



1. ábra. Az NE–601/i raszter-display és kezelésszervei

CURSOR koordinátái programból olvashatók. Ha tehát az ernyő egy pontját a CURSOR-ral kijelöljük, akkor az illető pont koordinátáit egyidejűleg a programmal is közöltük.

Az interaktív analízisprogrammal kapcsolatos leg-súlyosabb szervezési problémát a kevés központi memória jelentette. A 16 K memóriának kb. egy-negyedét foglalják el a szükséges függvények, input—output és lebegőpontos rutinok. További 3,6 K-t köt le — ha éppen használja a program — a display. A fennmaradó területen el kell férnie a programnak és minden adatmezejének. Ez csak a diszk-háttér messzemenő kihasználásával, overlay technika alkalmazásával volt megvalósítható. A diszken helyet foglaló teljes programfile hossza kb. 30 K-szó. Az e file-on tárolt programszegmensek a központi memória 6 K területű overlay mezején váltják egymást. A diszk ezen túlmenően adatfile-ok és grafikus file-ok időszakos tárolására is szolgál.



2. ábra. A TRANZ-TRAN 3/D program tömbvázlata

A program struktúráját a 2. ábrán bemutatott tömbvázlat alapján könnyen követhetjük. Az első programszegmens a grafikus áramkörbevitel. Ezután a program fő elágazási pontjára jutunk, amely a következő menüvel jelentkezik:

1. DC ANALÍZIS
2. TRANSZFER KARAKTERISZTIKA
3. ÉRZÉKENYSÉG
4. AC ANALÍZIS
5. TRANZIENS ANALÍZIS
6. MÓDOSÍTÁS
7. ÚJ ÁRAMKÖR
8. FUTTATÁS VÉGE

Ha analízist választunk, annak megtörténte után a hozzá tartozó dokumentáló rutinok következnek. A dokumentálásból kilépve, újból a fő elágazási pontra jutunk. Most kérhetünk újabb analízist, de lehetséges az áramkör módosítása (folytatódik a grafikus áramkörbevitel), vagy új áramkör analízise (a program legelejére adódik a vezérlés).

A grafikus áramkör-bevitel

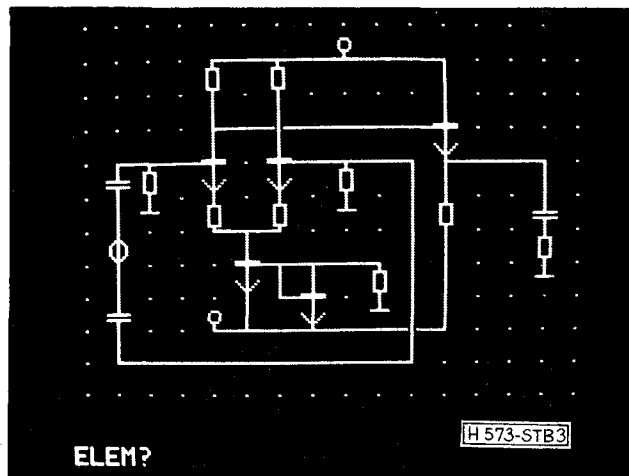
„A tervezőnek csak fel kell rajzolnia áramkörét a képernyőre” — jól hangzó állítás, de meg kell magyarázni, hogy pontosabban milyen műveletet takar. Többféle megoldás képzelhető el ugyanis. A legelegánsabb módszer, amelynél a tervező valóban rajzol: fényceruzával felvázolja a képernyőre a vizsgálandó hálózatot. Célszerűsége azonban vitatható. Egyrészt az alakfelismerés bonyolult problémájával terheli a programot (hiszen a szabad kézzel felvázolt szimbólumokról a programnak kell megállapítania, hogy melyik ábrázol ellenállást, melyik tranzisztort stb.). Másrészt komoly követelményeket támaszt a tervezővel szemben: gépileg felismerhető, tehát meglehetősen gondosan rajzolt ábrát kell készítenie.

A képernyőre „rajzolás” másik lehetséges módjánál az ernyőn csak az alkatrész kívánt helyét kell kijelölni. Hogy e helyre milyen alkatrésznek kell kerülnie, azt vagy a képernyő szélén rajzok formájában sorakozó alkatrészválasztékból (grafikus menü) CURSOR-ral jelöli ki, vagy a display-klaviatúra egyik vagy másik billentyűjének leütésével jelzi a tervező. Ennek hatására azután az alkatrész standard jelképi jele megjelenik a kijelölt helyen. Elcsúsz tehát a gondos rajzolás igénye, és az alakfelismerés szükségessége.

E második megoldás mellett döntöttünk programunk kialakításakor — a felsorolt érvek, és még egy ok miatt. Az első megoldást ugyanis gyakorlatilag kizárta, hogy a rendelkezésre álló display grafikus input-berendezése — mint láttuk — nem fényceruza, hanem pozicionáló gömb. Ez utóbbival az ernyőn elfogadható minőségű, gépileg felismerhető rajzot készíteni igen nagy gyakorlatot igénylő, hosszadalmas művelet volna.

Programunknál az alkatrészek, összekötő vezetékek egy pontháló szomszédos pontjai közé rajzolhatók (3. ábra). Az ELEM? kérdésre válaszként

- a pozicionáló gömbbel kijelöljük a pontháló két pontja közötti területet,
- a klaviatúrán beütjük a kívánt alkatrész kódjelét (pl. R ellenállás, C kapacitás, TN npn tranzisztor stb.).



3. ábra. A képernyőn megjelenő pontháló és egy rárajzolt áramkör

A program ekkor megkérdezi a felrajzolt elem értékét (típusjelét, esetleges egyéb adatait). Klaviatúrán adunk választ. Ezután újabb alkatrész felvittele következhet.

A vázolt áramkör-felrajzolósi módszer a tapasztalatok szerint igen gyors bevittet tesz lehetővé, és néhány perc alatt elsajátítható, begyakorolható. Véleményünk szerint optimális módja a grafikus áramkörbevitelnek.

A program természetesen nemcsak a képernyőn nyugtázza egy-egy alkatrész bevittelét. Belső táblázatokat vezet az épülő áramköréről. Ennek legfontosabb elemei:

- alkatrészlista (alkatrészek a bevittel sorrendjében, számkóddal kódolva),
- értékek, ill. típusjelek listája,
- az alkatrészekhez rendelt pozícióadatok (hol helyezkedik el a képernyőn),
- a képernyő „fogalmsági táblázata” (a pont-háló melyik ágai üresek, melyeket foglalt már el alkatrész).

Minden művelet egyidejűleg zajlik le a képernyőn és a fenti táblázatokon. Ha pl. törölünk egy alkatrészt, eltűnik a képe, és vele együtt mindazon listaelemek a táblázatokból, melyek hozzá tartoznak.

A grafikus bevittel vezetékek keresztezésére is módot ad. Megfelelő utasítással egy-egy keresztező vízszintes—függőleges vezeték elektromosan függetlenné tehető. A képernyőn a vízszintes vezeték megszakad a keresztezés helyén (a 3. ábrán látunk ilyent), mintha bújtatva volna a függőleges alatt.

A display kis felbontóképessége lehetetlenné tette, hogy az alkatrészek mellé azok értékét is az ernyőre írjuk. Ennek pótlására visszakerdezési lehetőséget biztosítottunk. A ? billentyű leütésével kérdezzük meg azon alkatrész adatait, amelyen a CURSOR éppen áll. Ilyenkor az érték, típusjel a képernyő alján jelenik meg.

Az áramkörbevitel lezárása után a program néhány másodpercig önállóan, a tervező közreműködése nélkül dolgozik. Az ekkor működésbe lépő programszegmens felméri a hálózat topológiáját, és előállítja az áramkör „belső leírását”. A topológia felmérése a „melyik alkatrész melyikhez kapcsolódik” kérdés szisztematikus feltérképezését jelenti. A megoldás lényege a következő. Az ernyőre két hálópont közé rajzolt összekötő vezeték ekvivalenssé teszi ezt a két hálópontot. A program ezt a hálópontok átszámozásával veszi figyelembe: a vezetékkel összekötött két hálópont egyikének sorszámát felülírja a másik sorszámával. Ezt a műveletet megfelelő rend szerint minden összeköttetés-darabra elvégezve, végülis egy olyan hálópont számozás áll elő, amelynél az elektromosan ekvivalens hálópontok azonos sorszámot viselnek. Ez a számozás már megfelelő a program további részei részére.

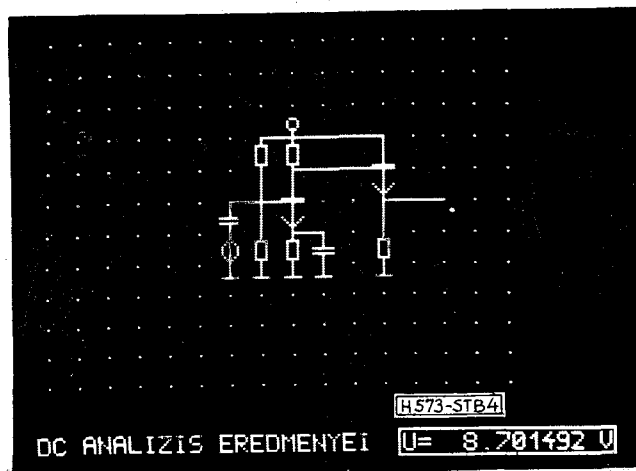
A gépi tervezés során tipikus követelmény, hogy egy-egy áramkör szimulációjára többször visszatérhessünk (különböző analízisek, az áramkör változatainak vizsgálata). Ilyenkor nem kell esetenként elvégeznünk a grafikus áramkörbevitelt. Az egyszer képernyőre rajzolt áramkör lyukszalagon tárolható (lásd a 2. ábra tömbvázlatán a szaggatottal jelöltek). Egy későbbi időpontban ezt a szalagot a gépbe olvas-

va, a kapcsolási rajz megjelenik a képernyőn, s az áramkör (közvetlenül a beolvasott formában vagy ha kell módosítások után) alávethető az újabb analízisnek.

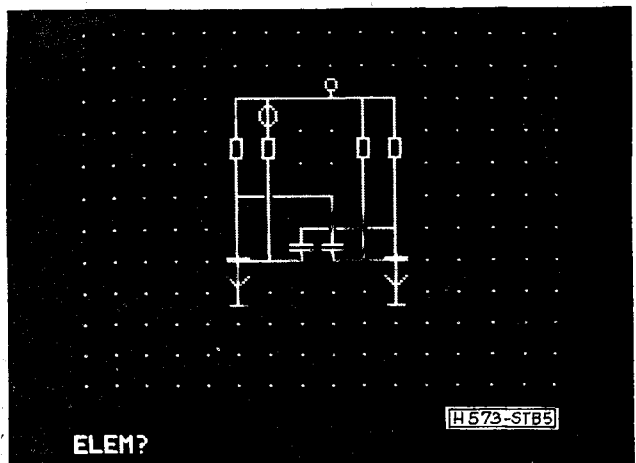
A grafikus dokumentálás

Mintha mérőműszerrel és oszcilloszkóppal felszerelve mérni kezdenénk a kérdéses áramkör deszkamodelljén — pontosan ebben a formában szolgáltatja a program a képernyő előtt ülő tervező részére az eredményeket. Ahol csak lehet, függvények formájában, grafikus módon történik az eredményközlés. Igen nagy lépés ez a szemléletesség, áttekinthetőség irányában, összehasonlítva a nem interaktív szimuláció táblázatos eredményközlésével, vagy legjobb esetben durva kvantálású sornyomatós függvényábrázolásával.

Az eredményközlés módja analízisről analízisre változik. Az egyenáramú analízis végén megjelenik a vizsgált áramkör képe, s mellette az ernyő jobb alsó sarkában egy kis keretezett mező (4. ábra). Ez utóbbi úgy funkcionál most, mint egy digitális voltmérő kijelzője. A CURSOR-ral mint a voltmérő



4. ábra. Eredményközlés az egyenáramú analízis után. A jobb alsó sarkokban mindig annak a csomópontnak a feszültsége látható, amelyre a képernyőn rámutattunk



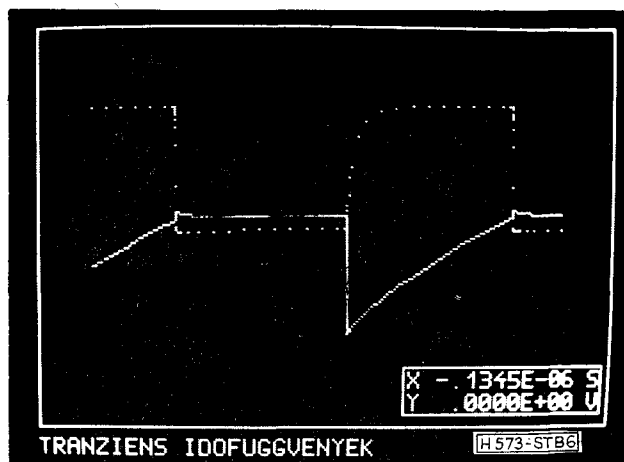
5. ábra. Szabadon futó multivibrátor rajza a képernyőn

mérőfejével „rálépvé” a hálózat bármely pontjára, a keretezett mezőben megjelenik az illető pont feszültsége. Figyeljük meg: a 4. ábrán a CURSOR éppen a jobb oldali tranzisztor emitterén van, s a jobb alsó sarokban e pont 8,701 V feszültségét olvashatjuk le.

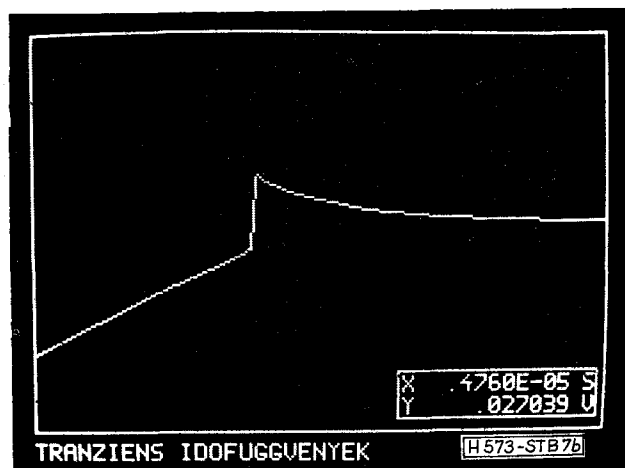
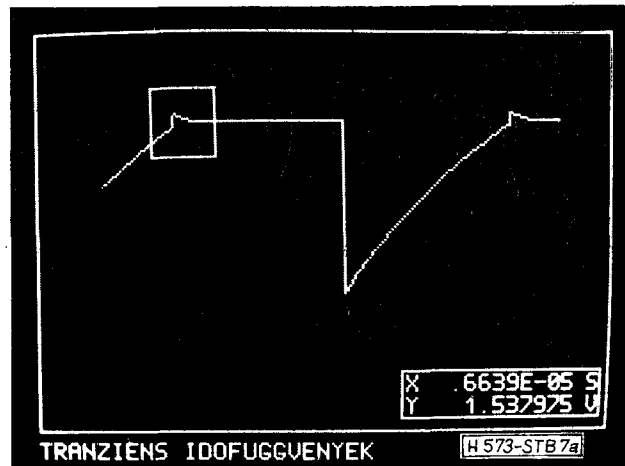
A tranziens analízis során egészen más típusú eredményközlés szükséges. Mintha oszcilloszkópernyőn jelennének meg a tranziens hullámformák — így volt a legcélszerűbb megoldani az ábrázolást. Nézzük meg ezt egy példán. Az 5. ábrán egy szabadon futó multivibrátort látunk. Ennek tranziens analízis eredményét adja a 6. ábra. A folytonos vonal a bal oldali tranzisztor bázisának, a pontvonal a kollektorának számolt hullámformáját mutatja. A hálózat akármelyik pontjának jelalakját megnézhetjük így. Mint a DC dokumentálásnál, itt is a CURSOR-ral kell rámutatni a kérdéses csomópontra — ennek hatására megjelenik az illető pont jelalakja. Több csomópont hullámformáját is egymásra rajzolhatjuk; a kép hasonló a többsugaras oszcilloszkóp által szolgáltatotthoz.

A display kis felbontóképessége miatt a tranziens időfüggvények finomabb részletei elveszhetnek. Ezen segít a dokumentálás nagyításfunkciója: a függvények kijelölt kis részletei kinagyíthatók a teljes képernyőméretre. Kijelölhetjük pl. mint nagyítandót a 6. ábra bázis hullámformájának egy kis részletét (7a ábra). A nagyítási utasítás hatására ez a részlet a teljes képet betölti (7b ábra), és így a hullámforma finom részletei tanulmányozhatók.

A kis felbontóképesség még egy vonatkozásban is okozott itt gondokat. A megjelenített függvényeket valami módon skáláznunk kell, hogy róluk számszerű értékek leolvashatók legyenek. A szokásos megoldás, a kottázott osztásvonalakkal ellátott koordinátatengely itt szóba sem jöhetett: egyszerűen nem maradt volna hely a függvényeknek. Végül ezt a problémát is a CURSOR segítségével oldottuk meg. A jobb alsó sarok kis mezőjében most két szám adatot látunk (6. ábra), ezek a CURSOR pillanatnyi koordinátái. A függőleges koordináta voltokat, a vízszintes másodperceket jelent, mivel a CURSOR most a feszültség—idő koordináta-rendszerünkben mozog.



6. ábra. A tranziens analízis eredményközlése: multivibrátor bázis és kollektor hullámformája a képernyőn

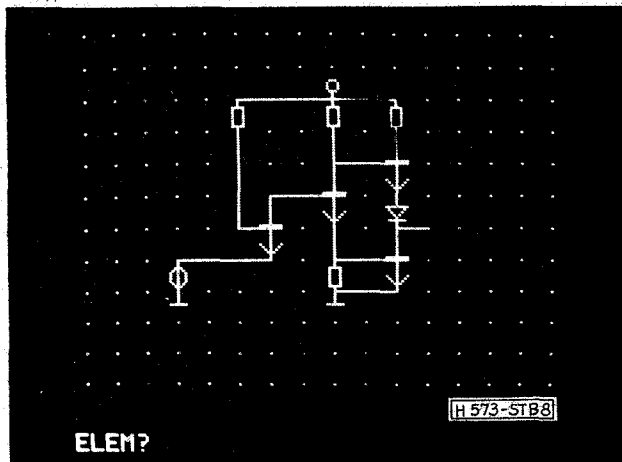


7. ábra. A függvények részleteinek kinagyítása: a) a bázishullámformán kijelöltük a nagyítandó részletet; b) most ez tölti be az egész képernyőt

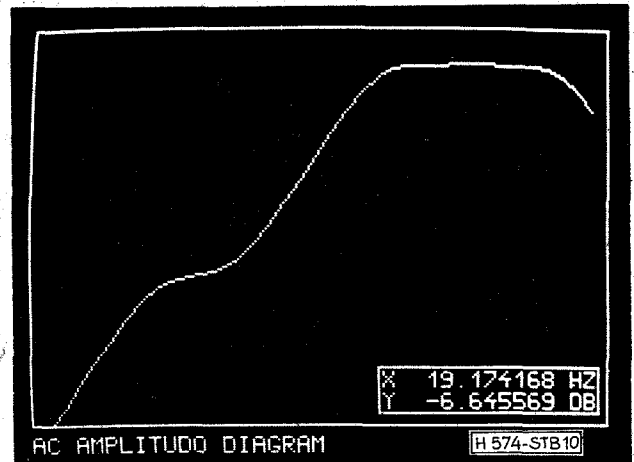
Ahogy a CURSOR-t elmozdítjuk, úgy változik ez a két kiírt koordináta-adat. Ráállva tehát a megjelenített függvény bármely pontjára, e pont adatai a jobb alsó sarokban számszerűen leolvashatók. A tapasztalatok egyébként azt mutatják, hogy ez igen célszerű módja a megjelenített függvények skálázásának. Pontos és ugyanakkor kényelmes leolvasási lehetőséget biztosít ugyanis. Véleményünk szerint, még ha a felbontóképesség megengedi is a skálázott koordinátatengelyek rajzolását, akkor is inkább a fent vázolt megoldást célszerű alkalmazni.

A transzfer karakterisztika dokumentálás lényegében nem vet fel újabb problémákat a tranziens analízishez képest. Az egyedüli eltérés az, hogy itt feszültség—feszültség függvények ábrázolása a feladat, de a megjelenítési lehetőségek, részletek kinagyítása, skálázás módja teljesen megegyezik a tranziens dokumentálásnál vázoltal. Ezért itt csak egyetlen példára szorítkozunk: egy TTL invertert és transzfer karakterisztikáját látjuk a 8. és 9. ábrákon.

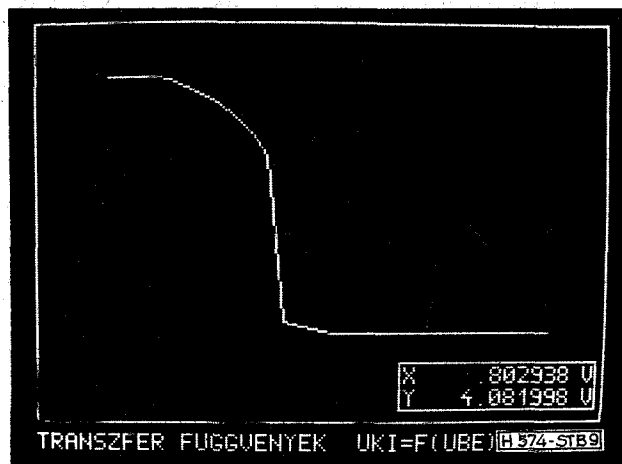
Valamivel bonyolultabb problémákat vet fel az AC analízis eredményeinek dokumentálása. Itt ugyanis többféle ábrázolási mód szokásos: Bode-diagramok, ill. komplex helygörcbe jellegű ábrák. Éppen



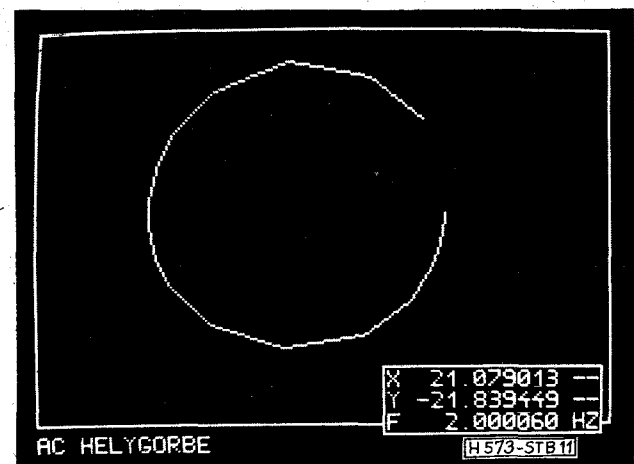
8. ábra. TTL inverter kapcsolási rajza



10. ábra. A 4. ábrán látható áramkör Bode-diagramja. A CURSOR éppen az egyik törésponton áll, ennek adatai olvashatók a jobb alsó sarokban.



9. ábra. Analízis után így jeleníthető meg az inverter transzfer karakterisztikája



11. ábra. A 4. ábra erősítőjének helygörbéje a komplex síkon

ezért itt választási lehetőséget adtunk a tervezőnek. Kérhet

- amplitúdódiagramot (függőleges tengely: átvitel dB-ben, vízszintes: logaritmikus frekvenciatengely),
- fázisdiagramot (függőleges tengely: fázisszög, vízszintes: logaritmikus frekvencia),
- helygörbét (függőleges tengely az átvitel képzetes, vízszintes a valós része, paraméter a frekvencia).

A 4. ábrán egy hangfrekvenciás erősítő kapcsolását láttuk. Ennek AC analízisét elvégezve, az eredményeket amplitúdódiagram és helygörbe formájában jelenítettük meg (10. és 11. ábra). A részletek kinagyíthatósága, értékleolvasás a CURSOR segítségével – mindez azonos az eddig bemutatottakkal. Új gond viszont a frekvenciával paraméterezett helygörbénél a paraméterérték leolvasásának biztosítása. Ezt úgy oldottuk meg, hogy egy villogó pont mozgatható a helygörbén a legkisebb frekvenciától a legnagyobbig – s a ponthoz tartozó frekvenciaérték is megjelenik a kép jobb alsó sarkában.

Következtetések

Értékelnünk kell végül, hogy mi a kisgépes interaktív program helye az áramkörszimulációs programok sorában. Gyakori ellentetés a kisgépes megoldással szemben, hogy az nem alkalmas nagy hálózatok analizésére. Tapasztalataink szerint viszont gyakorlati áramkörtervezés munkánál ritkán szükséges 30 csomópontnál nagyobb hálózat analóg jellegű analizise (a tervező nem is igen tud ennél többet egyszerre áttekinteni). A szimulációt célszerű a hálózat elkülöníthető részein külön-külön végezni – így viszont a kisgépes program is alkalmas a problémák jelentős részének megoldására.

Hátránynak látszik még a kisgépes változat relatív lassúsága. Valóban, a nagyobb TRANZ-TRAN változatokhoz képest 10–20-szor lassúbb a TPA-i program. Ez azonban még nem jelenti azt, hogy az utóbbi gazdaságtalan! A gépórak árát összevetve, a kisgép 30–60-szor olcsóbb üzemű, mint egy közepes vagy nagy gép – végülis tehát rajta gazdaságosabb a TRANZ-TRAN program futtatása.

A közvetlen hozzáférés – az, hogy a program kisgépben helyezhető, és órán belül eredményeket

szolgáltathat — olyan előny, amit nem lehet eléggé hangsúlyozni. És a számítástechnika hardware-eszközeinek utóbbi években mutatkozó fejlődési iránya további perspektívákat nyit. A TPA-i-hez hasonló teljesítőképességű, mikroprocesszoros kiszámítógépek elterjedése várható, drasztikus ár-és méretcsökkenéssel. A tervező asztalán álló mikroprocesszoros kiszámítógép + display egység már ma is realitás — és néhány év múlva nem fog többé kerülni, mint egy komolyabb laborműszer. A kisépés tervezőprogramok (mint a most bemutatott TRANZ-TRAN 3/D) ekkor demonstrálják majd nyilvánvalóan valódi jelentőségüket.

IRODALOM

- [1] Dr. Tarnay K.—dr. Székely V.: A TRANZ-TRAN nemlineáris áramköranalízis program. Híradástechnika, XXIV. évf. 9. sz. 257—264. old. (1973)
- [2] Dr. Tarnay K.—dr. Székely V.: TRANZ-TRAN 2 nemlineáris áramköranalízis rendszer. A Programozási

Rendszerek '72 találkozó kiadványa, 299—303. old., Szeged, 1972.

- [3] Bencsáth P.—dr. Székely V.: A TRANZ-TRAN áramköranalízis program és alkalmazása a hibridáramkörök tervezésében. HIKI Közlemények, XVII. évi. 1. szám, 41—50. old. (1977)
- [4] V. Székely—K. Tarnay: TRANZ-TRAN 3/A — a new circuit analysis program for small computers. Proceedings of the Third International Symposium on Network Theory, pp. 351—358, Split, 1—5. Sept. 1975.
- [5] Dr. Székely V.—dr. Tarnay K.—Rencz M.—Baji P.: TRANZ-TRAN 3 — új áramköranalízis programrendszer a TPA-i számítógépre. Programozási Rendszerek '75 konferencia előadásai, NJSZT kiadvány, 497—509. old., Szeged 1975.
- [6] V. Székely—K. Tarnay: Accurate algorithm for temperature calculation of devices in nonlinear circuit analysis programs. Electronics Letters, V. 8, No. 19, pp. 470—472 (1972)
- [7] V. Székely: Accurate calculation of device heat dynamics: a special feature of TRANZ-TRAN circuit analysis program. Electronics Letters, V. 9, No. 6, pp. 132—134 (1973)
- [8] Dr. Tarnay K.—dr. Székely V.: A TRANZ-TRAN 2 áramköranalízis program. Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.