

# Nemlineáris áramkörszimuláció személyi számítógépen

DR. SZÉKELY VLADIMIR—FÁBRY GÉZA—FISER JÓZSEF—  
LACZIK ZSOLT—POPPE ANDRÁS  
BME Elektronikus Eszközök Tanszék



## ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk egy népszerű személyi számítógéptípusra készített nemlineáris áramkörszimulációs programot mutat be. Bőséges ábraanyagával azt igyekszik érzékeltetni, hogy miképp aknázhatók ki a személyi számítógépek nyújtotta lehetőségek. A cikk röviden szól a szimulációs program algoritmusairól és eszközmodelljeiről is. A lényeges szolgáltatások ismertetésével az olvasó átfogó képet kap a programról.

## Bevezetés

A személyi számítógépek hazai megjelenése felkeltette az igényt az ismert OAD programok (különösen a szimulációs programok) mikrogépes változatai iránt. Az itthon elterjedt személyi számítógépek széles szoftverválasztékában a mai napig nem szerepelt egy komolyabb igényeket is kielégítő áramkörszimulációs program. Éppen ezért jutottunk arra az elhatározásra, hogy e hiányt a nagy- és kisgépeken már régóra működő TRANZ-TRAN nevű nemlineáris áramkörszimulációs program [1], [2] mikrogépre való átültetésével pótoljuk. Munkánk kezdetekor (1985. januárjában) a következő célok megvalósítását tűztük ki:

- a program széles körben felhasználható legyen a középiskolai és egyetemi oktatásban, és a professzionális felhasználók igényeit is kielégítse;
- a programot egy elterjedt géptípusra írjuk meg úgy, hogy később más típusra is könnyen átvihető legyen;
- mind az áramkörbevitel, mind az analíziseredmények dokumentálása interaktív módon, grafikusan történjék;
- a program — figyelembe véve a mikrogépek korlátait — a lehető legtöbbet tartalmazzon a korábbi TRANZ-TRAN változatok szolgáltatásai közül, a vizsgálható hálózat mérete a lehető legnagyobb legyen.

Első két szempontunk alapján a Sinclair ZX Spectrum 48 K típusú számítógépet választottuk. Ez a gép igen elterjedt hazánkban; még egyetemi hallgatók számára is viszonylag könnyen elérhető. További szempont volt az is, hogy erre a géptípusra sok, professzionális igényeket is kielégítő szoftverfejlesztő eszköz áll rendelkezésre. Gépválasztásunknak megfelelően programunknak a SPECTRAN nevet adtuk.

## DB. SZÉKELY VLADIMIR

A BME Villamosmérnöki Karán kitüntetéssel szerzett oklevelet 1964-ben. Egyetemi doktori disszertációját 1970-ben védte meg. Kandidátusi fokozatot 1978-ban szerzett, az integrált áramkörök elektro-termikus

jelenségei modellezésének témakörében. 1964 óta a BME Elektronikus Eszközök Tanszék oktatója; jelenleg docens, tanácskezelő-helyettes. Fő szakterületei: félvezetőeszközök működésének fizikája, számítógépes szimuláció, integrált áramkörök számítógéppel segített tervezése.

A program hardver igénye, memóriakiosztási problémák

A program ZX Spectrum 48 K típusú számítógépen futtatható. A SPECTRAN-nak nincs semmilyen extra perifériaigénye, de az analíziseredmények egy része a géphez kapcsolt grafikus nyomtatóon megjeleníthető, illetve az analizált hálózat a magnetofon kazetta mellett ZX Microdrive-ra is elmenthető.

A ZX Spectrum szabadon felhasználható RAM-ja kb. 40 K. Mivel az alapkonfigurációhoz nem tartozik gyors háttértároló periféria (pl. floppy disk), így a program overlay struktúrájú kialakításától el kellett tekintenünk.

A memóriából kb. 15 K-t foglalnak el a különböző adatterületek, a program számára 25 K áll rendelkezésre. A memória ilyen felosztása mellett a SPECTRAN 32 csomópont és 80 ág bonyolultságú hálózatok vizsgálatára képes.

Felmerült az a gondolat, hogy átmeneti adattárolásra felhasználjuk a video-RAM-ot is, de ezt végül elvetettük. Egyrészt az analízis szegmensek futási ideje 32 csomópontnál bonyolultabb hálózatok esetén meghaladná az ésszerűség határait, másrészt az ennél bonyolultabb részhálózatokat a nehéz áttekinthetőség miatt amúgy sem szoktak egyben vizsgálni a mindennapos mérnöki gyakorlatban.

Ilyenformán a SPECTRAN a következő szolgáltatásokat nyújtja:

- interaktív, grafikus áramkörbevitel;
- DC analízis;
- AC analízis;
- tranziens analízis;
- az analíziseredmények interaktív, grafikus dokumentálása.

A SPECTRAN azért sikertült ennyire kompaktra, mert teljes egészében Z80 assembly nyelven írtuk meg. A program minden szegmensét ZX Spectru-

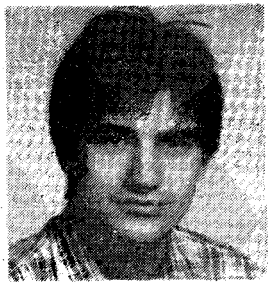
Beérkezett: 1986. II. 6. (H)



FÁBRY GÉZA

1982-ben kezdte el tanulmányait a BME

Villamosmérnöki Karán. 1983. óta a Híradástechnika Szak „B” oktatási forma rendszer-technika ágazatára jár, ebben az évben fog diplomázni. A kari tudományos diákköri mozgalomban 1985-ben kapcsolódott be: az Elektronikus Eszközök Tanszéken kezdett el dolgozni, három másik társával együtt egy mikroszámítógépes áramkorszimulációs program kidolgozásába fogott bele. Az 1985. évi TDK konferencián 1. helyezést és rektori különdíjat nyert.



FISER JÓZSEF

A Híradástechnika szakon 1982-ben kezdte meg tanulmányait. 1983. óta a „B” oktatási forma rendszertechnika ágazatán tanul. 1983-

ban a beszédszintézis témájában folytatott TDK tevékenységet. 1984-ben részt vett a kari TDK konferencián, ahol dolgozatával társszerzőként 2. díjat nyert. 1985. elején egy új témával — az áramkorszimulációval — kezdett el foglalkozni, így az 1985. évi TDK konferencián már két dolgozat társszerzőjeként szerepelt, az áramkorszimulációs programmal első díjat és rektori különdíjat, a beszédszintézissel kapcsolatos munkájával első díjat és Neumann János Számítógéptudományi Társaság különdíját nyerte.

mon, a GENS3M2 nevű assembler segítségével fejlesztettük ki.

### Az interaktív, grafikus áramkörbeviteli szegmens

A SPECTRAN leglényegesebb tulajdonsága az, hogy interaktív, grafikus input/output rendszerrel rendelkezik. (Ebben a tekintetben a SPECTRAN közvetlen elődjének a TRANZ-TRAN 3/D nevű program tekinthető [2].)

Tapasztalatból tudjuk, hogy a legkényelmesebb, a leggyorsabb, leghatékonyabb a grafikus áramkörbevitel. Ekkor a felhasználó „egyszerűen csak leül a gép mellé és felrajzolja az áramkört a képernyőre”. Ezt a SPECTRAN-ban egy 7 K-s programszegmens, az ún. áramkör-editor teszi lehetővé. Most ennek működését, használatát tekintjük át.

Az áramkör-editor tervezésekor abból indultunk ki, hogy a ZX Spectrum finomgrafikája 256×176 képpont felbontású. A grafikus mezőn kívül még 2×32 karakternyi szövegmező is rendelkezésre áll a képernyő alján. Ez lehetővé teszi azt, hogy tetszőleges áramkört, megfelelő finom rajzolatú alkatrészekkel rajzolhassunk fel, miközben a képernyő alján mindig valamilyen szöveges információ segíti a szerkesztési műveleteket. Az elembevitelt

egy 16×11 pontból álló háttérrács segíti. A képernyőn egy 3×3 képpontnyi villogó kereszt látható. Ez a kereszt a grafikus kurzor, amelyet a számítógép kurzorvezérlő billentyűivel mozgatunk. Az áramkör bevitelében közben a képernyő az 1. ábrához hasonló.

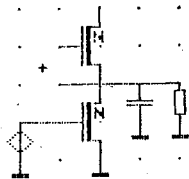
Az áramkör-editor egykarakteres parancsokat fogad el a klaviatúráról. Ezeket igyekeztünk mnemoteknikailag kedvezően kialakítani: minden funkció az angol nevének kezdőbetűjével (pl. „S”=save) érhető el. A SPECTRAN 16-féle hibáüzenettel rendelkezik, így az áramkörbevitelkor előforduló hibáiról a felhasználó azonnal pontos szöveges információt kap. A felhasználók dolgát azáltal is igyekeztünk megkönnyíteni, hogy az áramkör-editor megfelelő helyein több help-lista is hívható;

### Alkatrészbevitel — az „I”-nert parancs

A felhasználónak a kurzort ahhoz a háttérrács-ponthoz kell állítania, amelyhez mint referenciaponthoz képest a kívánt alkatrészt el szeretné helyezni. Ekkor az „I” gomb megnyomása után a program az alkatrész hívókódjának, azaz egy- vagy kétkarakteres nevének megadását várja (pl. ellenállás esetén R, npn bipoláris tranzisztor esetén TN stb.). Helyes hívókód megadása után az alkatrész képe azonnal megjelenik egy ún. alaphelyzetben. Ezt követően az alkatrész a ← és a → kurzorvezérlőkkel referenciapontjára vonatkoztatva forgatható, tükrözhető. Ha az alkatrész alappozíciójában nem rajzolható fel, akkor a program megkeresi az első lehetséges pozíciót. Ugyanígy a forgatás, tükrözés közben a más elemek által már elfoglalt pozíciót átugorja a program. Az alkatrész végleges helyzetének elfogadása után az editor sorra kérdezi az alkatrész adatait, ún. attribútumait. A képernyő szövegmezőjében megjelenik a megfelelő rákérdező szöveg (p. VALUE=, SLOPE=, TYPE= stb.) és a szükséges mértékegység (pl. OHM, FARAD, A/V stb.). Egy alkatrésznek több attribútuma is lehet, vegyesen akár szám és string (4 byte-os katalógusjelzet). A program természetesen belső nyilvántartásaiban könyveli az alkatrész attribútumait, a képernyőn elfoglalt helyét és helyzetét.

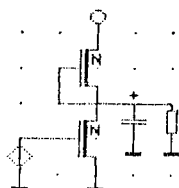
### Vezeték bevitel — a „SPACE” parancs

A háttérrács két szomszédos csúcspontja közötti vízszintes ill. függőleges élen helyezhető el vezetékdarabok. A kurzort a megfelelő éltre pozícionálva, majd a „SPACE” gombot megnyomva a képernyőn megjelenik a kívánt vezeték szakasz. Az egymást keresztező vízszintes és függőleges vezetékek között elektromos kapcsolat van. Ez a kapcsolat megszüntethető a vízszintes vezeték bújtatásával (a „-” parancssal), illetve újból létrehozható a bújtatott vezeték visszakötésével (a „+” parancs segítségével). A 6. ábra négyfokozatú dinamikus léptetőregiszterének órajel vezetékénél látható bújtatás.



H175-1

1. ábra. MOS inverter szerkesztés közben



DC RESULTS  
VOLTAGES 4.931 V

H175-2

2. ábra. MOS inverter DC analízisének interaktív eredményközlése

**Földelés bevitele — a „G”round parancs**

Ezzel a paranccsal az aktuális kurzorpozíciónál földelés szimbólum helyezhető el. A földelés mindig csak függőlegesen állhat.

**Tetszőleges elem törlése — a „D”elete parancs**

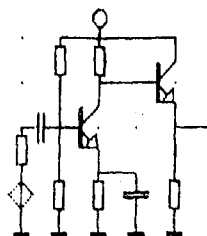
A kurzort a törendő elemre (alkatrészre, vezetékre, földelésre) kell pozicionálni. A „D” gomb megnyomása után az illető elemet törli az editor mind a képről, mind a belső nyilvántartásokból.

**Az áramkör elmentése — a „S”ave parancs**

E parancs segítségével az áramkör a megfelelő háttértároló eszközre (magnetofon, ZX Microdrive) elmenthető. Az editor belső nyilvántartásai mellett az aktuális félvezetőkatalógust és a DC analízis eredményét is elmenti a SPECTRAN.

**Áramkörfile betöltése — a „L”oad parancs**

Ezzel a paranccsal az előzőleg elmentett áramkörök tölthetők be a megfelelő háttértároló eszközről. Az elmentett áramkörök ellenőrzésére a „V”erify parancs szolgál.



SYMB	POZ	X,Y	ATTRIBUTE3	
TN	0	4	800N	
R	0	3	680	OHM
R	0	3	40001	FARRD
R	0	3	40000	OHM
R	0	3	10	V
R	0	3	50000	OHM
R	0	3	30000	OHM
R	0	3	5E-6	FARRD
R	0	3	10000	OHM
R	0	3	0	V
TN	10	3	800N	
R	10	3	500	OHM

NODE NAP

NODE VOLTAGES

1	0
2	1.6743962
3	1.0238173
4	5.1382374
5	0
6	5.7445674
7	11.998802

H175-3

3. ábra. Egy kétfokozatú hangfrekvenciás erősítő és DC analízisének hardcopy dokumentálásából egy részlet

### Az áramkör-editor további parancsai

Az alkatrészek attribútumainak módosítására szolgál a „M”odify parancs. Mivel az alkatrészek attribútumai a képernyőn nem férnek el a rajzolat mellett, lehetőséget kellett biztosítanunk a belső nyilvántartás attribútum-információinak lekérdezésére. Erré szolgál az „A”sk parancs. Ez a funkció egyébként az összes dokumentáló szegmensben is megtalálható. Pontos feladatot old meg a „R”elocate parancs: a felhasznált általelőírt irányban egy háttérreacs-osztással áthelyezi az áramköri rajzot a képernyőn. A „C”opy parancsral hardcopy készíthető az áramkörrel. Az áramköri rajz másolata után a program táblázatosan kiírja az alkatrészek adatait. A 3. ábra első fele az editor „C” parancsával készült.

### Az analíziseredmények interaktív, grafikus dokumentálása

A gyakorlat bebizonyította, hogy egy áramkör-szimulációs program használhatóságát nagyban befolyásolja az analíziseredmények hozzáférése módja. Hosszú évek tapasztalatai alapján állítjuk, hogy az eredményközlés esetében is az interaktív, grafikus megoldások a leghatékonyabbak. Éppen ezért a SPECTRAN-ban mindhárom analízisfajta eredményei ilymódon is hozzáférhetőek. Egy másik érv is az ilyen jellegű megoldások mellett szólt: az olcsó személyi számítógépek tulajdonosainak többsége nem rendelkezik (grafikus) nyomtatóval, ennél fogva az analíziseredmények csak a képernyőn tehetők mindenki számára hozzáférhetővé.

A DC eredmények dokumentálásakor újból megjelenik a képernyőn a háttérreacs, rajta az áramkör rajzával. A grafikus kurzor most is a nyíl-gombokkal mozgatható. Ebben a szegmensben azonban a kurzor egy digitális multiméterhez hasonlít: az áramkör egy csomópontjára állítva annak feszültsége megjelenik a képernyő legalsó sorában. A kurzort mozgatva, sorra letapogathatjuk a csomóponti potenciálok értékét. A 2. ábrán az interaktív DC eredményközlésről megjelenő képet láthatjuk. A TRANZ-TRAN 3/D dokumentáló szegmenséhez képest új vonása a SPECTRAN-nak az, hogy a „mérőműszer” átkapcsolható árammérő üzemmódba is. A „C” gomb megnyomása után (currents) annak az ágnak az árama látható, amelyiken a kurzor áll. A feszültségmérő üzemmódba a „V” (voltage) gomb megnyomásával térhetünk vissza. Az attribútumok lekérdezésére szolgáló „A”sk funkció itt is megtalálható.

Ha a számítógéphez nyomtató is kapcsolódik, akkor a DC eredményekről hardcopy is készíthető. A csomóponti potenciálok kiírása mellett elkészíti a program az ágfeszültségek és az ágáramok listáját is. A 3. ábrán egy kétfokozatú hangfrekvenciás erősítő DC analíziseredményeinek hardcopy-jából látható egy részlet.

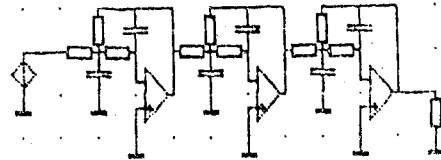
Az AC eredmények közlése is hasonló az interaktív DC dokumentálásához, de a kurzorral most komplex mennyiségeket tapogathatunk le. Választhatunk a valós rész — képzetes rész, illetve az amplitudó — fázis kijelzési módok között. Az

„A”sk funkció mellett még azt a frekvenciát is kiírhatjuk, amelyiken az analízis történt. Sorozatos AC analízisekkel felvehetjük az áramkör amplitudó és fázis karakterisztikáját. Így készítettük el a 4. ábrán látható hatodfokú Csebisev-szűrő karakterisztikáját is.

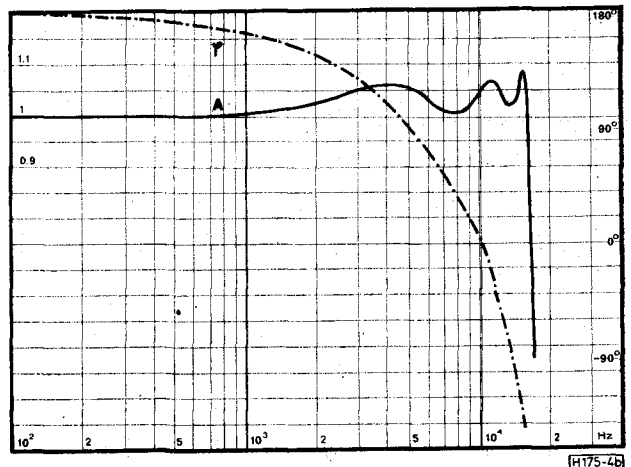
A tranziens analízis eredményközlése a leglátványosabb. Ebben az esetben a tv képernyője átalakul egy kétszatórnás oszcilloszkópernyővé. Először az áramköri rajzon ki kell jelölni azokat a csomópontokat, amelyeknek tranziens időfüggvényét az „oszcilloszkóp” egy-egy csatórnáján meg szeretnénk tekinteni. Miután ez megtörtént, a függvényeket azonnal felrajzolja a program. A kurzor továbbra is „él”, segítségével a vízszintes és függőleges tengelyek mentén lévő idő- és feszültségadatok olvashatók le. A két csatórnán az időfüggvények egymástól függetlenül, tetszőleges mértékben kinagyíthatók. Arra is van lehetőség, hogy az „oszcilloszkóp” csak egyszatórnás üzemmódban dolgozzon. Ekkor a kiválasztott időfüggvény teljes egészében elfoglalja a tv képernyőjét. Természetesen az alkatrészek attributu-

ACTIVE\_FILTER

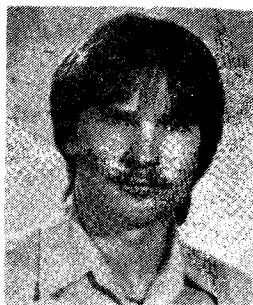
27.01.86



H175-4a



4. ábra. Egy hatodfokú Csebisev-szűrő, és a SPECTRAN-nal pontonként felvett karakterisztikája



LACZIK ZSOLT

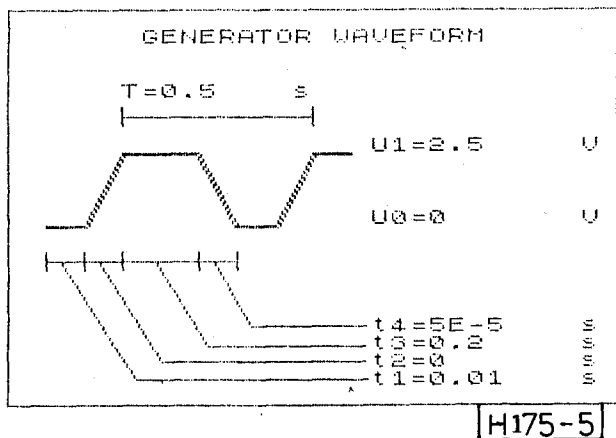
1982. óta a BME Villamosmérnöki Karának hallgatója. 1983 óta a híradástechnikai szakon tanul a „B” oktatási formában. 1984-től a KFKI MKI-ben felvezető-technológiai kérdésekkel foglalkozik. TDK tevékenységet 1985 óta folytat az áramkör-szimulációs témában. 1985 nyarán az IAESTE szervezésében szakmai gyakorlaton vett részt Görögországban. 1985-ben részt vett a kari TDK konferencián, ahol társszerzőként 1. díjat és rektori különdíjat nyert.



POPPE ANDRÁS

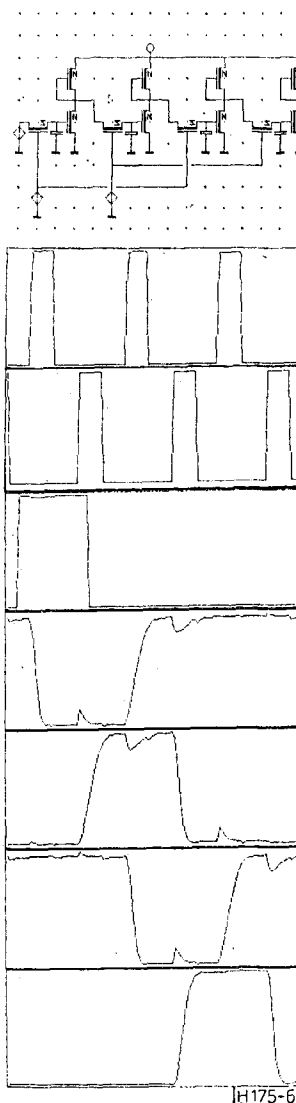
Tanulmányait 1982-ben kezdte meg a BME Villamosmérnöki Karán, a híradástechnikai szakon. 1983-ban felvették a „B” oktatási formára, rendszertechnikai ága-

zatra. 3 éve végez TDK munkát. Beszédszintézissel kapcsolatos munkájával társszerzőként részt vett az 1984. évi TDK konferencián, ahol akkor 2. díjat nyert. 1985-ben kezdett el a mikroszámítógépes áramkörszimulációval foglalkozni. 1985 nyarán az IAESTE szervezésében szakmai gyakorlaton a Dán Televíziónál vett részt. Az 1985. évi TDK konferencián 3 dolgozattal szerepelt. Társszerzőként egy rektori különdíjat és a Neumann János Számítógéptudományi Társaság különdíját nyerte, önálló dolgozatával 1. díjat nyert.



5. ábra. Transziens generátorok jelalakjának megadásakor ilyen a képernyő

mai itt is lekérdezhetők, de ezen túlmenően megjeleníthetők a transziens feszültséggenerátorok jelalakjai is. (Az impulzus paramétereinek alkalmas megválasztásával tetszőleges szimmetrikus vagy aszimmetrikus, uni- vagy bipoláris, háromszög-, négyszög- és trapézjelek adhatók meg gerjesztésként.) Az 5. ábrán egy transziens generátor jelalakja látható. A 6. ábrán egy négyfokozatú



6. ábra. Egy négyfokozatú dinamikus léptető regiszter, és transziens analízisének eredményei. Az első két függvény a két érajel. A többi rendre a bemenetre adott gerjesztő impulzus és az egyes fokozatok kimenetén kapott válaszfüggvények

dinamikus léptetőregiszter transziens analízisének eredményeiről készített hardcopy-t találunk. Az időfüggvények rendre a regiszter bemenetére adott, illetve az egyes fokozatok kimenetén válaszként kapott jelek. Jól megfigyelhetők a dinamikus tárolásra használt kapacitások által okozott torzulások.

#### Számábrázolási kérdések, algoritmusok

Az analízis szegmenseknél kb. 10 decimális jegy pontosságra van szükség. Ekkor a legkisebb és legnagyobb ágimpedanciák aránya  $10^9$  lehet. Ezért munkánk kezdetén foglalkoztunk azzal a gondlattal, hogy a valós műveleteknél 6 byte-os szóhosszat definiáljunk. Ez a legnagyobb méretű tömbök (pl. az admittanciamátrix) esetében 20%-os memóriatöbbletet jelentett volna a ROM aritmetikai rutinjai által használt 5 byte-os számábrázoláshoz képest. Az 5 byte-os valós számáb-

rázolás mellett szolt az is, hogy ekkor könnyedén felhasználhatók a ROM aritmetikai rutinjai; nem kell saját valós aritmetikát írni, továbbá az így adódó 9 decimális jegy pontosság még elfogadható. A szoftver úton történő valós szorzás sebessége (1,4 ms) következtében az analízis szegmensek futási idejét alapvetően a ROM rutinok futási ideje határozza meg.

A SPECTRAN megoldóalgoritmusai a korábbi TRANZ-TRAN változatok algoritmusaival egyeznek meg. A grafikus áramkörbeviteli szegmens kialakításánál sokat merítettünk a TPA-i kisgépeken futó TRANZ-TRAN 3/D, illetve a TPA 1140 gépen működő ITR sémaeditorral [3] kapcsolatos tapasztalatokból.

A DC analízis során —  $N$  csomópontos hálózatot feltételezve — az  $N$  ismeretlenes nemlineáris egyenletrendszert Newton—Raphson iterációval oldja meg a SPECTRAN. Egy átlagos hálózathoz 5—30 iterációs lépés szükséges. Az egy iterációs lépésben keletkező  $N$  ismeretlenes lineáris egyenlet rendszert Gauss-féle eliminációval oldjuk meg. A futási idők érzékeltetésére álljon itt egy példa: egy 15 csomópontos lineáris hálózat DC analízise 4 másodpercen belül megtörténik.

Az AC analízis esetén (kisjelű vizsgálat) egy  $N$  ismeretlenes komplex együtthatós lineáris egyenletrendszert kell megoldani. Ez szintén Gauss-eliminációval történik.

A tranziens analízis során keletkező differenciál-egyenletrendszert az időtartományban, a reverse-Euler módszerrel oldja meg a SPECTRAN.

## Modellek

A program jelenlegi formájában a következő elemekre vonatkozóan rendelkezik beépített modellekkel:

- feszültség- és áramforrás;
- passzív lineáris elemek ( $R, L, C$ );
- vezérelt források;
- $pn$  átmenet (félvezető dióda);
- $npn$  és  $pnp$  bipoláris tranzisztor;
- $n$  és  $p$  csatornás MOS tranzisztor;
- $n$  és  $p$  csatornás JFET tranzisztor;
- műveleti erősítő lineáris modellje.

A félvezető eszközökre vonatkozólag két modellezési szintet kívánunk megvalósítani. Az első szint egyszerűbb, és ennek megfelelően gyorsabban futó modelleket tartalmaz. Máiig ennek a szintnek a modelljei kerültek kifejlesztésre. A második szinttel a professzionális igények kielégítését célozzuk meg. Ez még további fejlesztőmunka feladata. Megoldhatóan látszik az is, hogy a felhasználó előzetesen maga írja meg BASIC nyelven egyes eszközök modellszubrutinjait és a SPECTRAN ezeket a rutinokat használja a sajátjai helyett.

A  $pn$  átmenet modellje a nyitóirányú karakterisztikában figyelembe veszi a rekombinációs áram hatását. A záróirányú karakterisztika a generációs áramnak megfelelően négyzetgyökös. A karakterisztika nagyáramú részén a soros ellenállás hatása érvényesül.

A bipoláris tranzisztorok modellje Ebers—Moll típusú. Az itt szereplő diódákra a  $pn$  átmenetnél

elmondottak érvényesek. A tranzisztormodell figyelembe veszi az áramerősítési tényező feszültség- és áramfüggését is.

A MOS eszközök esetében a TRANZ-TRAN 2-ben található MOS—1 jelű modell szerint számol a SPECTRAN. A PET-ek modelljei szintén a TRANZ-TRAN 2 megfelelői.

A félvezetőeszközök modellszubrutinjai számára szükséges paramétereket egy belső félvezetőkatalógusból veszi a program. E katalógusban minden félvezetőtípust egy 4 karakteres azonosítóval láttunk el, így az áramkör bevitelkor a félvezetőkre standard kereskedelmi nevükön hivatkozhatunk. Természetesen ennek a katalógusnak a helyébe tetszőlegesen más, akár a felhasználó által definiált katalógus is betölthető a háttértároló eszköztől.

## A program portabilitása

Végül szeretnénk szólni a SPECTRAN portabilitásának lehetőségeiről. A program szerkezetét úgy alakítottuk ki, hogy bármilyen más, Z80-as mikroprocesszorral működő, grafikus lehetőségekkel is rendelkező mikrogépre átvihető legyen. A memóriakezelést rugalmasan oldottuk meg: a program adatterületeinek kezdőcímét egy táblázat tartalmazza; a tömbökre vonatkozó minden hivatkozás e táblázaton keresztül történik. Éppen ezért a memóriakiosztás megváltoztatása csupán e táblázat szavainak az átírását igényli.

A másfajta gép eltérő ROM rutinjainak használata sem jelent túl nagy problémát, ugyanis a SPECTRAN a ROM-mal mindig ún. interface rutinokon keresztül tartja a kapcsolatot. Ha tehát a programot egy másik gépre akarjuk áttelepíteni, akkor csupán a programhossz cca 20%-át kitevő interface rutinokat kell újraírni.

## Tapasztalatok

A SPECTRAN-nal kapcsolatos eddigi tapasztalataink kedvezőek. A kezdő felhasználó is könnyedén, gyorsan el tudja sajátítani a program kezelését. Az áramkör-editor kényelmes, a hálózatbevitel könnyű. A felhasználó egyszerűen korrigálhatja tévedéseit. Érdekességként megemlítjük, hogy az áramkör-editor gyorsabb működésű, mint a TPA 1140 gépen futó ITR sémaeditor. Ez az assembly-szintű programozásnak köszönhető.

Az interaktív, grafikus dokumentáló szegmensek is könnyen kezelhetők, a szükséges eredmények gyorsan hozzáférhetőek; a felhasználó nem vész el a nagygépeknél szokásos szám- és papírtengerben.

Összességében elmondhatjuk, hogy céljainkat elértük. Nézzük például a középiskolai, vagy akár az egyetemi oktatást! Ha valaki az áramköri megoldásokat csak könyvből tanulja, az száraz tananyag. De ha az illető leül egy Spectrum mellé, „bepötyögi” a hálózatát a gépbe és az egyes elemek apró változtatásának hatását lépésről lépésre végigköveti, akkor valószínűleg sokkal könnyebben megérti a lényegi összefüggéseket.

Nem elhanyagolható szempont az sem, hogy olcsó, széles körben elterjedt számítógépen mutatható be a mérnökhallgatóknak a számítógéppel segített tervezés eszközeinek egyike.

A SPECTRAN első nyilvános bemutatója 1985. november 12-én, a BME Villamosmérnöki Karának tudományos diákköri konferenciáján volt. Addigi eredményeinkről egy TDK dolgozatban számoltunk be [4]. Azóta a SPECTRAN kiegészült, elnyerte végleges formáját. A program legutóbbi változatáról előadás [5] hangzott el a drezdai Műszaki Egyetemen megrendezett „Die 1. Tagung Schaltkreisentwurf” konferencián.

Reméljük, a széles körű gyakorlat bizonyítani fogja, hogy programunk hasznos segítőtárs munkában, tanulásban.

## IRODALOM

- [1] *Dr. Tarnay K.—dr. Székely V.*: A TRANZ-TRAN 2 áramköranalízis program. Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest 1975.
- [2] *Dr. Székely V.—dr. Tarnay K.—Bernus P.*: TRANZ-TRAN 3/D display üzemű, interaktív áramkör-szimulációs program. Híradástechnika XXIX. évf. 9. sz. pp. 257—264. 1978.
- [3] *Dr. Székely V.—Kerecsenné dr. Rencz Márta—Szabó Z.*: ITR sómaeditor színes raszterdisplay változat. Felhasználói leírás, BME—EET 1985.
- [4] *Fábray G.—Fiser J.—Laczik Zs.—Poppe A.*: SPECTRAN — áramköranalízis program a ZX Spectrum típusú személyi számítógépre. TDK dolgozat, BME—EET 1985. Konzulens: dr. Székely Vladimír.
- [5] *Dr. V. Székely*: SPECTRAN — a quasi-professional circuit simulation program on personal computers A „19. Fachkolloquium Informationstechnik verbunden mit der 1. Tagung Schaltkreisentwurf” közleményei pp. 248—253 Drezda, 1986. január 21—23.