

# Automaták alkalmazása az elektronikai tervezésben

CSURGAY ÁRPÁD—ROSKA TAMÁS—ABOS  
IMRE—BÁLINT LAJOS—RADVÁNYI  
ANDRÁS—SZOLGAY PÉTER—SÁROSSY  
JÓZSEF—VÁRADI IMRE

MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató  
Intézet

## ÖSSZEFOGLALÁS

Az elektronikai alkatrészek komplexitásának növekedése az ipar, közelebről az elektronikai ipar elektronizációjának új lehetőségeit nyitja meg, ugyanakkor a tervezési metodikák leküzdhetetlennek tűnő akadályokba ütköznek. A kiút keresésének néhány elvét és néhány kísérleti eredményt mutat be a dolgozat. Ez utóbbiak egyike IBM PC kompatibilis személyi számítógépen ipari bevezetésre is került (PC/TPM).

1. Ipari elektronizálás, különös tekintettel a TGE (Tervező — Gyártó-szerelő — Ellenőrző-tesztelő) rendszerekre

### 1.1. A vizsgálódás alapmodellje

Adottnak tételezzük fel a szabályozórendszert, melyet a gazdaságpolitika határoz meg. Ez esetben az ipari folyamatok mint transzportfolyamatok alapvetően két alrendszeren zajlanak le [2]:

(i) a folyamatok irányítási rendszerében (információs és döntési transzportfolyamatok) és

(ii) a primér, anyagi transzportfolyamatokban, melyben a folyamatok műszaki és gazdasági paraméterekkel mérhetők, és e folyamatok kiváltója a használati érték-különbség.

A primér transzportfolyamat csomópontjai az üzemek, melyeket az ember, természet-anyag, technológia (technika) hármából (H, N, T) az alkalmazott homogén technológia szerint osztályozunk (és nem végtermék szerint).

Az adott, homogén technológiát művelő üzem műszaki modelljének megragadására a TGE modellt [1] használjuk, melyben

— világosan különválnak a Tervezés, a Gyártás-szerelés és az Ellenőrzés-tesztelés fázisai (a meglévő belső kapcsolatokat nem elfedve),

— az üzem mint anyagból (alkatrészekből) és információból terméket előállító operátor jelenik meg,

— a tervezést mint a használati érték műszaki specifikációjából a gyártási és ellenőrzési dokumentációt előállító informatikai folyamatot tekintjük és

— a tervezést algoritmizálható és intuitív fázisok sorozatára bontjuk fel, és mint információfeldolgozó folyamatot kezeljük.

Lényeges, hogy TGE-rendszer (az üzem modellje) akkor is létezik, ha egyetlen informatikai eszköz vagy automata sincs az üzemben. Mindazonáltal, vizsgálá-



DR. CSURGAY ÁRPÁD

Villamosmérnök (1959), dr., techn. (1964), a műszaki tudomány doktora (1973), az MTA levelező tagja (1985), az MTA főtitkár-helyettese (1985). Szűkebb szakterülete az elektronikus áramkörök elmélete és az elektronikus elven működő eszközök és rendszerek tervezésmethodikája. A Távközlési Kutató Intézet, a Polytechnic Institute of New York, majd a Magyar Tudományos Akadémia munka-

társaként a hálózatelmélet, az elektromágneses térelmélet és a rendszerelmélet kutatásával és alkalmazásával foglalkozik. 1973 óta főszerkesztő-helyettese az "International Journal of Circuit Theory and its Applications" című nemzetközi folyóiratnak. 1968-ban a Kiváló Feltaláló arany fokczzattal, 1971-ben Puskás Tivadar-díjjal, ugyancsak 1971-ben az MTA Akadémiai Díjával, 1975-ben Eötvös Loránd-íjjal, 1980-ban pedig a Munka Érdemrend ezüst fokozatával tüntették ki.

tunk szempontjából fontos, hogy a T, G és E alrendszerek informatikai eszközökkel és automatákkal egyre jobban felszerelődnek, és éppen e folyamat képezi a vizsgálat kritikus elemét.

Az ipar elektronizálása a fentiek alapján jelenti egyrészt az információs és döntési transzportfolyamatok informatikai eszközökkel való ellátását, tehát a vezetési információs rendszerek hálózatának létrehozását; másrészt a TGE-modelljünkkel jellemzett üzemek elektronizálását (divatos nevén: CAD/CAM/CAT).

Az elektronikai ipar elektronizálásának sajátos vonása, hogy a fejlődés rugóit saját termékeinek alkalmazása jelenti. E termékek különleges jellemzői: a legkomplexebb alkatrészek árfelezési ideje sokszor kevesebb, mint egy év, és a mai egymillió tranzistor/alkatrész komplexitás folyamatos növekedése egyelőre töretlenül tovább tart. Egyidejűleg tovább csökken a kapcsolási idő és a fajlagos teljesítmény, elterjednek az olcsó tömegtárak (optikai diszkek). Az alkatrészek komplexitásának növekedése a tervezési metodikában megoldatlan nehézségekhez vezetett [9, 10]. E trendek megértéséhez az eszközök működésének fizikai és informatikai alapjaihoz kell visszanyúlni [3, 4].

### 1.2. A tervezési folyamat a gyártmányfejlesztésben

Az elektronikai ipar TGE-rendszereinek fejlődését figyelve a 80-as évek elejére éles ellentmondások kibontakozását tapasztaltuk. A fejlődés fő húzóereje a szorosan vett GYÁRTÁSTECHNOLÓGIA lett. A tervezési metodika és a méréstechnológia nehezen tart lépést a gyártástechnológiák fejlődésének gyorsulásával.

A tervezőrendszerek fejlesztése a 80-as években már nem számolhat a gyártás és az ellenőrzés technológiáinak, valamint a gyártmányfejlesztés munkamegosztá-

Beérkezett: 1986. III. 30. (H)



**DR. ROSKA TAMÁS**

villamosmérnök (1964) dr., techn. (1968), a műszaki tudomány kandidátusa (1973), a műszaki tudomány doktora (1982). Kezdetben aktív kálózatok tervezésével

és szintézisével, majd számítógéppel segített tervezéssel, nemlineáris áramkörök analizisével, nemlineáris áramkörök és rendszerek kvalitatív elméletével foglalkozott. 1964—1970-ig a Műszeripari Kutató Intézetben, 1970—1982-ig a Távközlési Kutató Intézetben dolgozott. Közben 1974-ben fél évig a kaliforniai Berkeley Egyetemen volt vendégkutató. 1982 óta dolgozik az MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézetben, tudományos tanácsadó, jelenleg nagy komplexitású alkatrészekből felépített elektronikai részcsoportok tervezési problémáival foglalkozik.



**ABOS IMRE**

(1945, Budapest). Villamosmérnök (1968), dr., techn. és a műszaki tudomány kandidátusa (1981). 1968—1982-ig a Távközlési Kutató Intézet tudományos munkatársa, 1982 óta az MTA—SZTAKI tudományos főmunkatársa. Az áramkörtervezés elméletével és nyomtatott áramkörtápláló gépi tervezésével foglalkozik.

sának (labor-szerkesztés-technológia) viszonylagos állandóságával. Ezek ugyanis egy új tervezőrendszer kidolgozási idejénél gyorsabban alakulnak át.

A gyártmányfejlesztés egyes fázisai közötti ellentmondások az elektronika különböző szakterületein természetesen sajátos formát öltenek. A feszültségek mégis hasonlóak az egyes területek között, nevezetesen

- a hardver és szoftver fejlesztők;
- a rendszer- és áramkörtervezők;
- az áramkör laborfejlesztője és konstruktőre, végül
- a konstruktőr és a technológus között.

A feszültségeket élezi a vállalat elemi érdeke, amely a gyártmányfejlesztés átfutási idejének radikális csökkentését követeli. Ez az egyes részfolyamatok átfutási idejének csökkentésével, illetve a korábban időben egymás után elvégzett részfolyamatok időben párhuzamos elvégzésével érhető el. A párhuzamosan végzett munka újszerű egyeztetést igényel a különböző szakterületek között.

A korszerű tervezőrendszerek „visszatükrözik” a gyártmányfejlesztés folyamatát, természetesen a feszültségekkel és ellentmondásokkal együtt. Mindenki a saját munkájához szükséges információkat kéri, és saját „nyelvén”, azaz szűkebb szakterületének fogalmait-modelljeit használva közli mondanivalóját a rendszerrel. A technológus anyagátalakító műveleti leírást, a konstruktőr geometriai adatokat, az áramkörtervező alkatrészeket, a rendszertervező blokkokat, a szoftveres utasításokat közöl. A folyamat ellentmondásait mindenki számára a saját terminálja közvetíti.

Mindenki a tervezőrendszert hibáztatja. Minél integráltabb egy rendszer, annál inkább válik a gyártmányfejlesztés „bűnbakjává”.

Két út kínálkozik: a tervezőrendszer perszonalizációja az egyik, amely a tradicionális — illetve a mindenkori — munkamegosztást adottnak tételezi fel, és a gyártmányfejlesztési folyamatban közreműködő ember egyéni feladatainak megoldását segíti a „személyi tervezőrendszerrel”; a tervezőrendszerek szakosítása a másik, amely addig szűkíti az integrált rendszerrel megoldható feladatok körét, amíg a gyártmányfejlesztési folyamat ellentmondásait a közreműködők szűkülő körében kialakított személyi kapcsolatok fel nem oldják. Egyik út sem tud lépést tartani a technológia diktálta fejlődési ütemmel. A tervezőrendszerek ma valóban a gyártmányfejlesztés leggyengébb láncszemei. Gyenge, mégis nélkülözhetetlen láncszemek, ezért — mint sokaknak, nekünk is — új utakat kellett keresnünk.

### 1.3 Perszonalizáció és szakosított iker munkahelyek

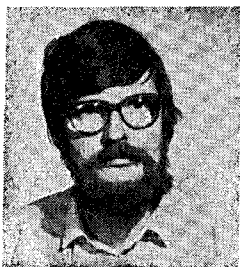
Az elektronikai technológiák fejlődési trendjeire építve megkezdjük a következő elektronikai generáció tervezési folyamatainak elemzését, a fő szakterületek kategóriáinak rendezését, és a tervezés során érintkező szakterületek kategóriái közötti kapcsolatok feltárását. A tervezés tárgyát képező rendszer komplexitása került a vizsgálatok fókuszába. A működő tervezőrendszerek alkalmazási korlátai végső soron erre vezethetők vissza. De nemcsak és nem elsősorban a tervezés során alkalmazott algoritmusok kombinatorikus „felrobbanása” következtében. Sokkal inkább az eddig függetlennek tekintett kategóriák közötti relációk „felerősödése” hatásaként, ami a tervezési folyamat modelljeinek, algoritmusainak újszerű felépítését teszi szükségessé. Ha ez nehézségekbe ütközik, akkor újszerű kapcsolatot kell teremteni a tervezésben közreműködő — ez ideig függetlenül dolgozó — szakértők között.

Kutatásunk ezen a ponton találkozott a SZTAKI-ban tőlünk függetlenül kibontakozóban levő munkákkal: a kooperatív szakértői rendszerek fejlesztésével [5]. E munka ugyanis megmutatta, hogy a „perszonalizáció” és a „szakosítás”, illetve az „integrált rendszer” ellentmondása nem feloldhatatlan: az eltérő kategóriákkal dolgozó szakértők kooperatív rendszeren keresztüli együttműködése járható kiutat sugall.

Elemzésünk során jutottunk el egy ÚJ TERVEZŐRENDSZER felépítésére és alkalmazására vonatkozó JAVASLATUNKHOZ.

Ennek lényege, leegyszerűsítve az, hogy egyéni tervezői munkahelyek helyett tervező IKERMUNKAHELYEK (általában társas munkahelyek) felépítését és ezekből KOOPERATÍV LOKÁLIS HÁLÓZAT kialakítását javasoljuk.

A gyártmányfejlesztés feszültségterhesen érintkező szakterületei jelölik ki azokat a „szakterület-párokat”, amelyekre az egyes IKERMUNKAHELYEKET „szakosítjuk”. Az iker munkahelyen tervező „ikerpár” dolgozik. Az interaktív tervezés során nemcsak termináljukon keresztül, hanem közvetlenül is kommunikálnak. Tervezési feladatukat egyidejűleg — párhuzamosan



BÁLINT LAJOS

1946-ban született. 1969-ben szerzett villamosmérnöki diplomát a Budapesti Műszaki Egyetemen. 1976-ban megszerezte a Műszaki Tudomány Kandidátusa fokozatot.

1976-ig a Távközlési Kutató Intézet munkatársa, 1976—82 között tudományos főosztályvezetője volt. 1982 és 1985 között az MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézetének tudományos főmunkatársa. 1985-től a Magyar Tudományos Akadémia főtanácsosa, a Természettudományi Főosztály főmunkatársa. 1969—76 között, majd 1986-tól mellékfoglalkozásban a BME Elméleti Villamosságtan Tanszékének oktatója. Szakterülete elsősorban az áramköri modellezés és elektromágneses térproblémák, valamint a tervezésautomatizálás és TGE-rendszerek.



RADVÁNYI ANDRÁS

(1946, Budapest), villamosmérnök (1969), dr., techn. és műszaki tudomány kandidátusa (1981), Távközlési Kutató Intézetben (1969—1982), majd az MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézetében mint tud. főmunkatárs áramkör-tervezés elméletével és számítógéppel segített tervezés módszereivel foglalkozik.

mosan — oldják meg. Kooperálnak közvetlenül is, a rendszeren keresztül is, de a tervdokumentációban nyomot hagyó minden döntésüket a tervezőrendszer ellenőrzi és verifikálja.

Az ikermunkahely új lehetőséget nyit a gyártmányfejlesztés hatékonyságának javítására. De nem mindenki számára. Csak együttműködésre — egyenrangú közös munkára — alkalmas, alkotó szellemű „ikrek” (tervezőtársak) számára, akik vállalkoznak az ÚJ TERVEZŐRENDSZERBEN rejlő lehetőségek kiaknázására.

## 2. Tervezői munkahelyek

A számítástechnikai eszközök fejlődésében határkövet jelentenek a 16 bites és a 32 bites professzionális személyi számítógépek. Jóllehet e megnevezések kereskedelmi kategóriák, az alkalmazások számára is jelentősek, mert azt jelentik, hogy egy „számítóközpontteljesítmény” a tervező asztalára kerül, és ezzel a személyesített munkavégzés új lehetőségei nyílnak meg az ember-gép kapcsolat új eszközeivel, a szoftver és hardver kölcsönhatásának új eredményeivel [6]. Jól szemlélteti ezeket néhány metafora és interaktív eszköz: ablakok, egerek, kalkulációs ív, irattartók stb. Maguknak a metaforáknak a használatát is a személyes munkavégzésre rendelkezésre álló számítási teljesítmény drasztikus megnövekedése teszi lehetővé.

### 2.1 A tervezői asztal metaforája, „ablakok, egerek, irattartók”

Az ikermunkahelyen két tervező (A és B) dolgozik, szakismeretük két különböző területre terjed: a modellhierarchia két szintjére, két különböző reprezentációra (például logika és layout, hardver és szoftver stb.). Egy elektronikai részegységet közösen terveznek. Közvetlenül és számítógépen keresztül is kommunikálnak.

Mindkettejük TERVEZŐI ASZTALA a képernyő. Munkájukhoz FÜZETEKET használnak, ezekből olvasnak, ebbe írnak. Füzetek a keretrendszer „frame”-jei, füzetek fejezetei, alfejezetei, ... lapjai a megfelelő fa struktúrájú „subframe”-ek. Füzeteknek tartalomjegyzéke van, melyet a kivonatnézetben (outline view) bármikor megnézhetnek. Tartalmuk a füzetlapoknak van, ezek a „frame” fa struktúrájában levő levelek. Vannak FÜZETLAPOK, melyekre ALGORITMUSOK kerülnek. Ezeknek nemcsak szöveges, de funkcionális értelme is van. A füzetlapoknak a formularészébe kerülnek a végrehajtó algoritmusok, formulák.

A füzetek az asztalon nyitott vagy csukott állapotban vannak, egyszerre — egymást átfedően — több füzet is lehet nyitva. A tervezői asztalról a füzetek IRATTARTÓ SZEKRÉNYEKBE kerülhetnek, onnan az asztallapra visszahívhatók (ott ismét kinyithatók).

A tervezők egy elektronikus részegységet terveznek közösen. Kiinduló adataik és a tervezés eredménye a TERVEZÉSI NAPLÓ nevű füzetbe kerül, ide kerül minden, a tervet és a tervezés történetét érintő lényeges feljegyzés. Az ADATTÁRI FÜZET az alkatrészek adatait és a tervezők közös tapasztalatait tartalmazza. E fenti két füzetből törölni csak közös megegyezéssel lehet. Mindkét tervezőnek van SAJÁT FÜZETE, ebbe kerülnek a megfelelő szakterületet kizárólagosan érintő ismeretek, részeredmények, feljegyzések. Mindkét tervező mindegyik füzetet olvashatja.

A tervezés során a tervezők — együtt vagy külön — kész programokat is használnak egy-egy algoritmizálható fázis végrehajtására. Ezeket egy-egy füzetlapról egy ablakon kilépve (pl. DOS ablak), vagy a füzetlap formularészébe átlépve érhetik el, ide térnek vissza. A tervezés egyes részeredményei grafikus formában jelennek meg, ezeket is a füzetlapokon lehet tárolni. Az adattári füzetben egyszerű és gyors keresési lehetőséget kell biztosítani, egyes tételeket egy vagy több paraméter alapján előkeresni, sorrendezni lehessen. A tervezés eredményeinek szöveges részeit szerkeszteni, a végleges dokumentációt megfelelő, rugalmasan változó formában kinyomtatni kell.

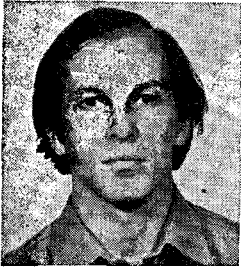
A két tervező kommunikációja közvetlen, a beszélgetésen kívül minimálisan három alaphelyzetet feltételez:

— az egyik tervező átküld (átkér) a másiknak (másiktól) egy fejezetet, alfejezetet ... néhány füzetlapot a másik jelenlétében (hívás);

— az egyik tervező válaszol a másik hívására (válasz) és

— az egyik munkahelyen nincs ott a tervező (felügyeletlen), de a másikon dolgozó tervező átkér vagy átküld füzetlapokat (fejezeteket... stb.).

A két tervező együttműködésének formai keretein túl biztosítani kell az együttműködés tartalmi feltételeit. Ezek elsősorban:



**SZOLGAY PÉTER**  
(1949, Budapest). Villamos-

mérnök 1974-ben kapott diplomát a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán. 1974—1984-ig a Távközlési Kutató Intézetben dolgozott és ott nyomtatott lapok számítógéppel segített tervezésének algoritmikus kérdéseivel foglalkozott. 1981—1984-ig ösztöndíjas aspiráns volt. 1984 óta az MTA SZTAKI-ban az Elektronikai TGE Rendszerek Elméleti Kutató Csoport munkatársa. Jelenleg a logika és a layout párhuzamos tervezésének elvi kérdéseivel foglalkozik.



**SÁROSSY JÓZSEF**

Villamosmérnök (BME, 1964). Szakmai pályafutása során először digitális elemcsaládokat, elektronikus számológépet, számítógépet fejlesztett (EMG). A későbbiekben nagyszámítógépes, majd professzionális személyi számítógépes szoftverrendszerek tervezésével és kivitelezésével foglalkozik (INFELOR, TKI, BME, EüM, SoftCare Gm).

— mindkét tervező által egyértelműen értékelhető **MÉRŐSZÁMOK** és

— a két reprezentáció (modellhierarchia-szint) közötti **TRANSZFORMÁCIÓK**.

Utóbbinál kritikus kérdés a megengedettség és az egy az egy viszony. Hibakeresésnél, tesztelésnél ennek különösen nagy jelentősége van. Ez a viszony a konstrukció részbeni elvi rögzítettségével sokszor elérhető. A transzformációk nemcsak algoritmizálhatóak lehetnek, alapulhatnak tervezési tapasztalaton is. A tapasztalatok reprezentációja és tárolása fontos kérdése az adattár létrehozásának.

A fenti szolgáltatások célszerűen egy integrált keretrendszerbe ágyazva hozandók létre, melyben a grafika, a szövegszerkesztés, az adatbázis-kezelés, a kommunikáció és a keretek-ablakok kezelése egységes rendszert alkot.

## 2.2 Mit tud és ajánl a PC/TPM -rendszer

Az új eszközökkel folytatott kísérletek első lépéseként megkíséreltük a korábbi telepítésű vállalati TGE-rendszerek tervező alrendszerének (AUTER—MPC) továbbfejlesztett, teljes dokumentációval közzétett verziójával (KTR—1: [7]) teljesen kompatibilis rendszert létrehozni IBM PC XT személyi számítógépen. A sikeres kísérletek után kidolgoztunk egy színes grafikát használó interaktív layout-szerkesztő rendszert. Ezeket integrálva jött létre a PC/TPM nevű rendszer (nyomtatott lapok tervezése személyi számítógépen / Tervező Programok és Metodika), mely funkcionálisan is felülmúlja a korábban TPA 1140/48 gépeken települt rendszereket. A rendszer főbb jellemzőit az alábbiakban foglaljuk össze.

**Az ALAPFELADAT:** kapcsolási rajzból szeretlen nyomtatott lap előállítás. A feladat első része: nyomtatott áramkör kapcsolási rajzából vagy kézi vázlatból — mindössze egyetlen személyi számítógép alkalmazásával — néhány nap alatt a lap teljes gyártási dokumentációjának előállítása, illetve e dokumentáció sorozatos módosítása. A második rész e dokumentációból (pl. diszkettről) a kész, bemért lapok előállítása több, Budapesten működő technológián.

**KONFIGURÁCIÓK:** néhány típust mutatunk be. Az önálló tervezői munkahely alapja standard kiépítésű IBM PC XT (AT), vagy ezzel kompatibilis személyi számítógép MS DOS operációs rendszerrel. Ezt nevezzük „A” típusú tervezői konfigurációnak. Az alapszolgáltatást már az „A” típusú tervezői konfiguráción is el lehet végezni. E konfiguráció fontosabb adatai: min. 512 kB memória, min. 10 MB fix diszk, min. 1 db diszkett egység, színes grafikus monitor és egér (opció: egy A3-as méretű plotter). A „B” típusú tervezői konfiguráció digitalizálót is tartalmaz, ez megkönnyíti a bonyolultabb feladatok bevitelét. A „C” típusú tervezői konfigurációban az előzőeken túlmenően fotoplotter is található, amellyel a gyártáshoz szükséges mesterfilmek készíthetők.

**ALKALMAZÓI RENDSZER** — önálló tervezői munkahelyek.

A fenti háromféle típusú konfiguráció bármelyike a PC/TPM alkalmazói rendszerrel és tervezési metodikával önálló tervezői munkahellyé válik, ezen a korábbi — minigépeken működő — tervezői rendszerek minden funkciója többnyire hatékonyabban működik. Az önálló tervezői munkahelyeken a kapcsolási rajzból indulva a lap teljes gyártási dokumentációja elkészíthető egyetlen integrált folyamatban, amelynek főbb jellemzői:

— színes, grafikus interaktív üzemmód, menürendszerrel, egérrel;

— alkatrész-, keret- és technológiai adattár, mint a rendszer integráns része (nagy adattömeggel feltöltve, továbbépítési lehetőséggel);

— a tervezési szabályok betartásának automatikus ellenőrzése, ha kell, interaktív lépésként;

— elrendezés és huzalozás tervezése programokkal;

— illeszkedés a vállalati TGE-rendszerek jelentős részében alkalmazott standard leíráshoz (rajzleírás, áramkörleírás), amelyet legutóbb a KTR—1 rendszer dokumentációjában is közreadtunk [7];

— a teljes gyártási dokumentáció diszketten, amelyről több budapesti nagyvállalat ellenőrzött nyomtatott lapot készít;

— egy berendezés összes nyomtatott lapjához tartozó dokumentáció archiválása.

Az önálló tervezői munkahelyeknek tipikusan háromféle szerepe lehet a gyártmányfejlesztési folyamatban:

— A berendezéskonstruktor saját tervezői munkahelye: a diszketten előállított dokumentációból másutt készül a mesterfilm és a lap (a személyi számítógépet más célokra is használja). E munkahelyek az intézménynél decentralizáltan helyezkednek el.



VÁRADI IMRE

(1922. Budapest) oki. villamosmérnök

A Gazdasági és Műszaki Akadémia elvégzése után (1953) a Budapesti Műszaki Egyetemen szerez diplomát (1957), majd egyetemi doktori címet 1967-ben. A Mechanikai Laboratórium, a KGM Híradástechnikai Iparigazgatóság, majd a Távközlési Kutató Intézet igazgatója, illetve vezérigazgatója. Állami díjas (1973). Nyugdíjazásakor 1982-ben a Munka Vörös Zászló Érdemrendjével tüntették ki.

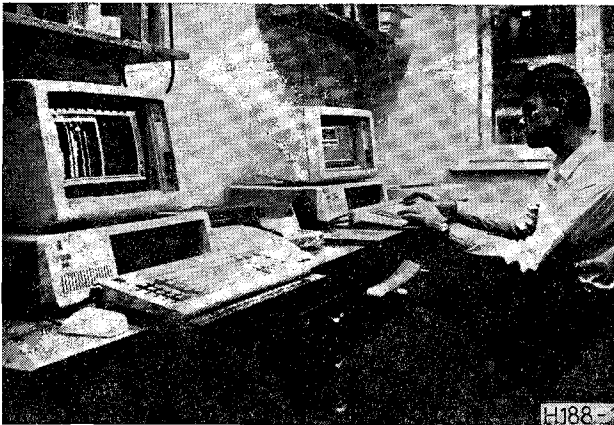
— A nyomtatottlap-tervezés intézményen belüli szolgáltatóegységének tervezői munkahelyei.

— Nyomtatott lapok szolgáltató TGE-rendszerének része.

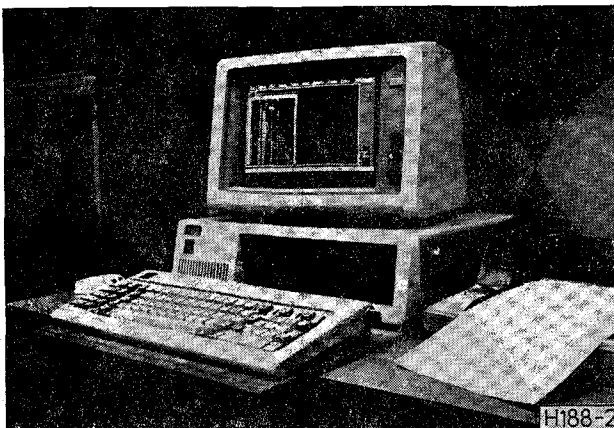
### 2.3 Példa ikermunkahelyes feladatmegoldásra

A hardver konfiguráció alapja két IBM PC személyi számítógép (az egyik XT), melyet RS 232 vonalon kötöttünk össze (1. ábra). Az ikermunkahely egyik tervezői munkahelye (2. ábra) interaktív grafikus eszközt is tartalmaz (színes monitor, egér, plotter).

A mintarendszer integrált keretrendszerét (TWIN) a következő standard elemekre építve alakítottuk ki:



1. ábra. Az ikermunkahely



2. ábra. A layout tervező munkahelye

MS DOS 3.0 operációs rendszer, FRAMEWORK integrált programcsomag, MITE kommunikációs programcsomag.

Az alábbiakban a logika és a layout együttes tervezésére kidolgozott ikermunkahelyet mutatjuk be röviden.

A konstrukciós tervezésre általános módszer nem ismert. Egyedül járható út a kapcsolási rajz és a layout sorbakapcsolt tervezése. Ez az eljárás nem optimális. Ezzel is magyarázható, hogy az automatikus konstrukciós tervezés a feladatok kis százalékában alkalmazható (15—25%).

Ezért olyan, most már nem univerzális konstrukciós tervezési eljárás kidolgozása a célunk, amely új tervezési metodika messzemenően épít a kiválasztott áramkörosztály pl.: kombinációs hálózatok sajátosságaira. A konstrukciót és a logikát kvázi párhuzamosan, önmagában is komplex funkciójú alkatrészek felhasználásával tervezzük.

A kombinációs logikai hálózatokra az új tervezési metodika lényege, hogy adattárban tárolt funkcionális és konstrukciós leírást is tartalmazó alkatrészekből kívánja felépíteni a specifikációt kielégítő hálózatot a két tervező interaktív beavatkozásaival.

A tervezési folyamatot két részre bontjuk:

1. A specifikációtól — (I/O)SPEC — az 1 dimenziós layoutra (K1D) vezető leképzés. A tervező csak az adattárból vehet információt és választhat.

2. Az 1 dimenziós layoutból (K1D) a 2 dimenziós layoutra (K2D) vezető leképzés. A tervezés ezen része automatizált tervezési fázis. A 2 dimenziós layout az áramkört realizáló technológiától függ (pl. gate array v. a nyomtatott lapoknál az ún. blokk-konstrukció).

A tervezést két tervező: a kapcsolásirajz-tervező és a layouttervező végzi két tervezői asztalon — az ikerterminálos munkahelyen.

A tervezők feladata:

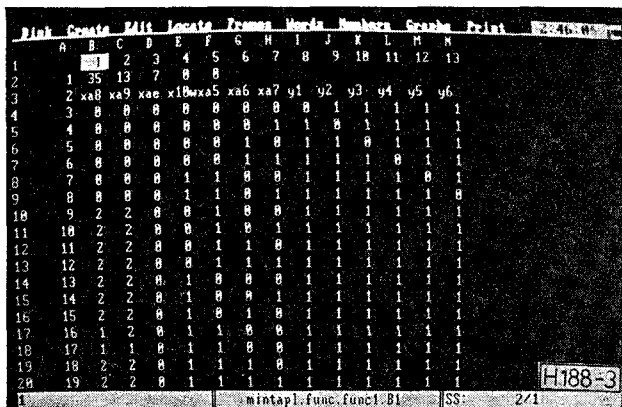
A kapcsolásirajz-tervező a specifikációból indul és az adattárban levő alkatrészekből összekapcsolás, ill. kiemelés útján építi fel a hálózatot. A tervezőrendszer az összekapcsolásokat, ill. kiemeléseket automatikusan végigszámolja és a konzekvenciákat a layouttervező számára is megjeleníti.

A layouttervező ellenőrzi, ill. módosíthatja az automatikus 1 dimenziós layouttervezési eredményeket. A layouttervező indítja és ellenőrzi az 1 dimenziós layoutból a 2 dimenziós layoutot előállító automatizált tervezési fázist.

## A TERVEZÉSI FOLYAMAT

Adott a realizálandó specifikáció az igazságtáblázattal (pl. 3. ábra), továbbá legyen adott egy rögzített elvi konstrukció, amelyen a specifikációt realizáljuk (pl.: CMOS gate-array, amely  $m$  cella sorból és  $n$  cella oszlopból áll, az alapcella legyen kétbemenetű NAND kapu).

A kapcsolásirajz-tervező a tervezői asztalon dolgozva kétfajta füzetet használ az adattári füzetten (4. füzet) kívül:



3. ábra. A feladat specifikációja

— az adattári alkatrészekkel való ismerkedés és az adattári alkatrészek megengedett összekapcsolásainak vizsgálata, az adattár bővítése céljából az 1. füzetbe dolgozik (bottom-up tervezési módszer);

— az adattári alkatrész kiemelésével egyszerűbb specifikáció előállítás, ehhez a 2. füzetet használja (top-down tervezési módszer).

A layouttervező két fő feladata:

— az egydimenziós layout előállítása az adattári alkatrészek kiemelése után (3. füzetben) és

— az egy dimenziós layoutból a rögzített elvi konstrukciónak megfelelő kétdimenziós layout előállítása „hajtogatással” (foldinggal).

Tehát a kapcsolásirajz-tervező asztalán az 1., 2., 4. jelű füzet, a layouttervező asztalán a 3., 4. jelű füzet van.

A kapcsolásirajz-tervező a realizálandó funkcionális leírás és az adattári alkatrészek funkcionális leírásának viszonya alapján különböző tervezési módszert választ:

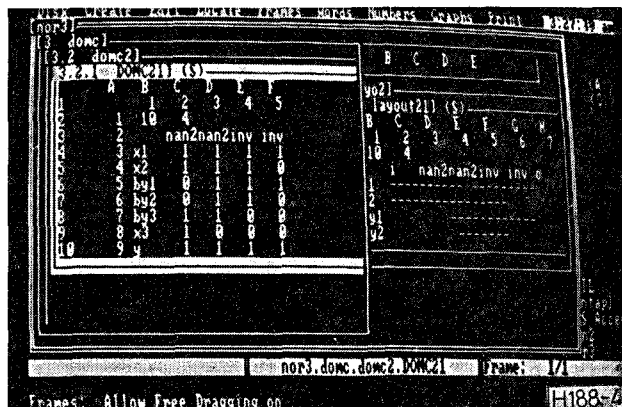
(i) Ha az adattári alkatrészek komplexitása igen alacsony a specifikációhoz képest, akkor a tervezőnek bővítenie kell az adattárat a tárolt alkatrészek megengedett összekapcsolásával. Ehhez az 1. füzetet használja. Azok az összekapcsolások megengedettek, amelyek nem tartalmaznak visszacsatolást és az alkatrészek kimenetei nincsenek összekötve egymással:

- a soros kapcsolás;
- a bemenetek párhuzamos kapcsolása,
- az előrecsatolás.

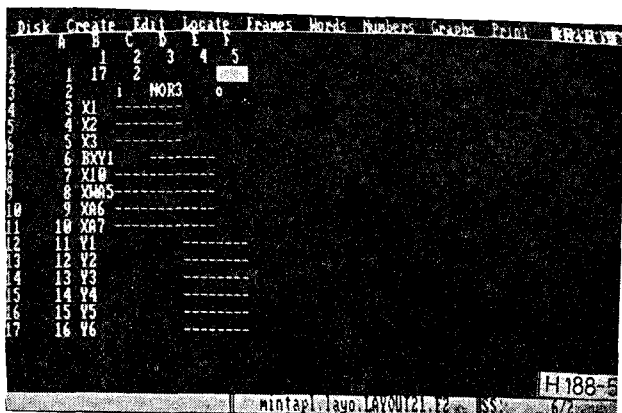
Az így keletkezett új alkatrészeket a rendszer automatikusan felveszi az adattárba és előállítja az alkatrész adattári specifikációját a 4. füzetben (pl. a 4. ábrán látható egy adattári tétel részlete).

(ii) Ha az adattár kiépítettsége megfelelő, a kapcsolásirajz-tervező ellenőrzi, hogy az adattárban van-e a specifikációt realizáló alkatrész (a specifikáció és az alkatrészek funkcionális leírásának összevetésével). Az ekvivalenciavizsgálatok elvégzését megkönnyíti, hogy az adattári alkatrészekhez a funkcionális leírásban a bemenetek közötti szimetriaviszonyokat is tároljuk.

(iii) Ha a feladat specifikációjához képest az adattár kiépítettsége megfelelő, a kapcsolásirajz-tervező meg-



4. ábra. Egy adattári tétel részlet



5. ábra. Az 1 dimenziós layout az alkatrészkiemelés után

vizsgálja, hogy az adattár egy-egy alkatrészét módosítva nem lehet-e a specifikációt megvalósítani (bottom-up tervezés).

(iv) Ha az adattár kiépítettsége megfelelő és a specifikációt realizáló alkatrészt az adattárban nem találunk, akkor egy, az adattárban tárolt alkatrészt kiválasztunk, és kiemeljük a specifikációból (top-down tervezés), hogy általa egyszerűbb specifikációhoz jussunk (2. füzetben). Olyan, lehető legtöbb input változót tartalmazó alkatrészt keresünk, amely a legtöbb kimenetből kiemelhető. Ezen kiválasztás a kapcsolásirajz-tervező intuitív döntése alapján történik. A layouttervező a huzalozási területigény szempontjából ellenőrzi a kiemelendő alkatrészt.

A kapcsolásirajz-tervező indítja az ellenőrzési eljárást, egy algoritmussal ellenőrizteti, hogy a kiemelés végrehajtható-e az adott bemeneti változó particionálás esetén. Ha a kiemelés lehetséges, akkor előállítódik az új (egyszerűbb) specifikáció és az incidencialeírás. A kiemelés után a layouttervező előállítatja a kapcsolás egydimenziós layoutját (1. pl. az 5. ábrán). A kapcsolásirajz-tervező ellenőrzi, hogy a dekompozíció utáni specifikációt realizálja-e adattári alkatrész. Ha igen, akkor a layouttervező utasítására előállítható az egydimenziós kifejtett huzalozás (pl.: gatearray esetén az alapcellákat összekötő huzalozás), amelyből foldinggal készíthető el a rögzített elvi konstrukciónak megfelelő layout.



Amíg az áramkörök alkatrészeinek száma csak néhány száz és a rendszer jól particionálható, addig a tervezés bevált modelljeinkkel elvégezhető. Az elektronika fejlődésének fő iránya az alkatrészsám gyorsuló és feltartóztathatatlanul tünő növekedése. A komplexitást „mega-tranzistorban” és „kilo-processzorban” mérjük, a modellekben eddig elhanyagolt „mellékhatások” szerepe megnő. Meginog a környezetfüggetlen modell hipotézise.

Az alkatrészek komplexitásának növekedése régen ismert fizikai elvek adta korlátok előtérbe kerüléséhez vezetett, egyben az informatikai funkciók realizálásának új lehetőségeit és távlatait nyitja meg. A technológia előreszaladt, olyan lehetőségeket ígér, melyek kikaknázása az ismert modellekre épülő tervezési módszerekkel lehetetlennek tűnik. Még akkor is, ha figyelembe vesszük a tervezésnél használt eszközök komplexitásának egyidejű növekedését is (1. például a [8]-ban vizsgált egyszerű esetet).

E kérdéseket vizsgálva néhány alapelv, illetve szempont, bár a teljesség igénye nélkül, kezd kikristályosodni:

— többet kell hogy tudjunk az eddig függetlennek tekintett diszciplínák közötti kapcsolatokról;

— egy informatikai funkció elektronikus realizációjánál a geometriát, az időbeliséget és az energiadiszipációt jellemző paraméterek egyszerre meghatározóak;

— a modellosztályok közötti relációk heurisztikus kezelését a morfizmus követelményeinek eleget tevő hierarchikus modellsorozat következetes felépítése kell hogy felváltsa;

— a hardver a szilárd testnek (félvezetőnek) a térben (síkban) kialakított és rögzített időinvariáns struktúrájaként, a szoftver pedig az elektronok mozgása időbeli dinamikájaként (illetve ennek vezérlőjeként) tekinthető;

— a tervezésben előtérbe kerül a több modell hierarchia szinten történő parallel tervezés és a rögzített elvi konstrukció szerepe.

A szerzők ezúton is megköszönik Vámos Tibor akadémikusnak a munka támogatását. Köszönetet mondanak azon korábbi és jelenlegi munkatársaiknak, akik munkájukban segítették őket, különös tekintettel Nagygyörgy Imrénének a fejlesztési munkában, Vajai Tamásnének a dokumentációs munkában és Izsó Gábornak a programozási munkában nyújtott segítségükért.

A munkák anyagi támogatásában az MTA Központi Kutatási Alapjának és az OKKFT A/6—2 alprogram keretében az OMFB-nek volt meghatározó szerepe.

A szerzők jelen dolgozatukkal egyben tisztelettel adóznak dr. Almássy György emlékének, az elektronikus készülék konstruktőrök nemzedékei nevelőjének [11].

## IRODALOM

- [1] A. Csurgay, "The potential of computers in the research of new electronic components and circuits", Annual TKI, Budapest, 1975, Vol. II. pp. 41—48.
- [2] Kápolai L., Nyersanyag és energiagazdálkodásunk, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1984
- [3] A. Csurgay, "Fundamental limits in large-scale circuit modelling" Proc. ECCTD—83, pp. 454—457
- [4] Csurgay A., „Korlátok és lehetőségek a rendszerek modellezésében”, Híradástechnika, XXXIV. évf., 571—574. old.
- [5] T. Vámos, "Expert systems — information technology", Working paper, No. E/19/1983, MTA SZTAKI
- [6] "Computer Software" célszám, Scientific American, Sept. 1984
- [7] A KTR—1 Mintarendszer dokumentációja (tíz kötet), MTA SZTAKI, 1984
- [8] T. Roska, "Complexity of digital simulators used for the analysis of large scale circuit dynamics", Proc. ECCTD '83, pp. 457—460
- [9] O. Wing, "The VLSI — theoretic challenge", Proc. IEEE ISCAS '82 (Supplement)
- [10] C. H. Séquin, "Managing VLSI complexity: an outlook", Proc IEEE, Vol. 71, pp. 149—166 (1983)
- [11] Almássy Gy., Elektronikus készülékek szerkesztése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979