OMIKK SZÉCHÉNYI KÖNYVTÁR
HB1423


# HÍRADÁSTECHNIKA

XLIII. ÉVFOLYAM 1992. ÁPRILIS


# INTEGRÁLT ÁRAMKÖRÖK MÉRÉSE


A szerkesztő gondolatai ..... Kovács F. 1

Integrált áramkörök méréstechnikája – fejlődési irányok ..... Kovács F. 2
LSI/VSI bonyolultságú integrált áramkörök mérése és mérőberendezései ..... Szenczi Á. 5
Integrált pin-elektronika VLSI mérőberendezésekhez ..... C. Branson, D. Murray, S. Sullivan. 11
Beépített boundary-scan teszt áramkör és alkalmazása ..... L. Y. Ungar 16

## Gazdaság – Kutatás – Oktatás

A kutatás-fejlesztés állami támogatása az európai piacgazdaságban ..... Göblös J. 21
Versenyeztetés (tenderezés) a távközlés területén ..... Győri A. 27
Az európai távközlés-politika fejlődésének átfogó bemutatása ..... Heller K. 30

## Hírek – Események

SCHRACK a budapesti IFABO-n ..... 33
EUROPA TELECOM'92 ..... 33
1991. évi PUSKÁS TIVADAR díjasok ..... 34
1991. évi POLLÁK-VIRÁG díjasok ..... 34
Ambrózy András emlékalapívány ..... 35

# HÍRADÁSTECHNIKA
## A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET FOLYÓIRATA



SZPONZOROK

MAGYAR TÁVKÖZLÉSI VÁLLALAT

MAGYAR MŰSORSZÓRÓ VÁLLALAT

MOTOROLA

Siemens Telefongyár Kft.

BHG BUDAPEST

TKI

"AZ ÉPÍTÉS FEJLŐDÉSÉÉRT" ALAPÍTVÁNY



Főszerkesztő
BARANYI ANDRÁS

Rovatvezetők
BATTISTIG GYÖRGY
KORMÁNY TERÉZ
PRÓNAY GÁBOR
SOMOGYI ANDRÁS

Szerkesztők
BARTOLITS ISTVÁN
KÁSA ISTVÁN
LADVÁNSZKY JÁNOS
FÖLDVÁRINÉ OROSZ JULIANNA
ANTALNÉ ZÁKONYI MAGDOLNA

Munkatárs
ANGYAL LÁSZLÓ

Szerkesztőbizottság
TÓFALVI GYULA
elnök
BERCELI TIBOR
FAJKA BÉLA
FRIGYES ISTVÁN
GORDOS GÉZA
MOJZES IMRE
PAP LÁSZLÓ
SALLAI GYULA



Szerkesztőség
Budapest II., Gábor Áron u. 65.
Postacím
1525 Budapest, Pf. 15.
Telefon: 135-1097
201-7471
Telefax: 135-5560

Előfizetési díj
Hazai előfizetők részére
1 évre 2900,– Ft, egyes számok 360,– Ft
HTE egyéni tagjai részére
1 évre 480,– Ft, egyes számok 60,– Ft
Külföldi előfizetők részére
1 évre 6 angol szám 60 USD, 12 szám 90 USD, egyes számok 15 USD

HÍRADÁSTECHNIKA megjelenik havonta váltakozva magyar és angol nyelven. Kiadja a TypoTEX Elektronikus Kiadó Kft. Budapest I., Batthyány u. 14. 1015. Telefon: 202-1365. Felelős kiadó: Votisky Zsuzsa. Készült a HUNGAPRINT nyomdában. Szövegszedés: TypoTEX Kft. A lap példányonként megvásárolható a nagyobb könyvesboltokban és a kiadónál.
HU ISSN 0018-2028

# A SZERKESZTŐ GONDOLATAI

Barátaim felkértek, legyek vendégszekesztője annak a számnak, amely az integrált áramkörök mérése szolgáló berendezésekkel foglalkozik. Szivesen vállalkoztam a feladatra, hiszen ez a terület erősen szívemhez nőtt, különösen, mivel végignézhettem — végigélhettem azt az óriási műszaki fejlődést, ami ebben az ágazatban az elmúlt 25 évben végbement. Talán kevesek emlékeznek már arra, amikor a vásott papírszalagnak egyszer körbe kellett szaladnia — nagy zörgéssel — hogy egyetelen TTL kapu logikai funkcióját ellenörizni lehessen. Pedig milyen egyszerű TTL kapukról volt szó! Hatalmas fejlődésnek számított, amikor az első ferrit-memóriás berendezés elkészült, amely már hangtalanul, gyorsan és persze sokkal megbizhatóan végezte el ezt a vizsgálatot. Aztán megindult az a fékevesztett rohanás, amelynek tempóját persze a félvezető technológia, vagy ahogy ma mondjuk, a mikroelektronika diktálta. Bonyolultabb áramkörökhöz bonyolultabb mérés szükségeltetett, amit egyre megbizhatóbban, egyre pontosabban és főleg jól kezelhetően kellett tudni lefolytatni. Ezzel kialakult a mérőberendezések fejlesztésének és előállításának az ipara, egy új ágazat, amelyet ma egyszerűen úgy hívunk, hogy ATE (Automatikus tesztelés).

Ez az ATE idővel egy szűk, jól körülhatárolt körré formálodott, amely saját koferenciáin cserélte ki tapasztalatait — már persze azt, amit célszerű volt kicserélni. A külvilággal való kapcsolat azonban nagyon laza volt mindvégig s lényegében ma is az. Ennek tudható be, hogy számos olyan műszaki megoldás, ami nagy lökést adott az ATE fejlődésében, nemigen szivárgott át az elektronika más területeire. Ez sajnos a kegyetlen verseny egy melléktermeke.

Hogy ezt a zárat feltörjük, ez vezetett végül is oda, hogy a téma terítékre került. A folyórat e számában szándékunk az volt, hogy a hazai elektronikai szakemberek átfogó képet kapjanak az integrált áramkörök méréstechnikájáról és az ott alkalmazott berendezések főbb tulajdonságairól. Tudatában vagyunk természetesen annak, hogy ez az ágazat a hazai iparból az elmúlt évek során sajnálatos módon eltűnt, szakemberei szétszéledtek. Ennek ellenére biztosak vagyunk abban, hogy sokak számára mégis érdekes lehet ez az összeállítás, mivel valóban az elektronikai ipar egy csúcságazatáról van szó, amelyben a klasszikus számítástechnikai problémákkal együtt jelentkeznek analóg (DC és nagyfrekvenciás), valamint gépészeti, finommechanikai problémák is.

A szám cikkeinek összeválogatásakor az az elv vezérelt minket, hogy a terület egészéről és ugyanakkor egy-egy speciális problémájáról egyaránt képet adjunk. Ennek megfelelően az összefoglaló cikk széles áttekintést ad a teszterek fő típusairól, feladatairól és azok korszerű műszaki megoldásairól. Nem érheti vád a szerzőt, ha érthető elfogultságában példának éppen egy hazai fejlesztésű mérőberendezést választott.

A két szűkebb értelemben vett szakterület egyike a pinelektronikai áramkör integrálása. Ennek sokféle megoldási lehetősége közül a Tektronix cég három kiváló mérnöke egy CMOS technológiával megvalósított áramkört ismertet, jelezve ezzel, hogy még a viszonylag lassabbnak tartott technológiával is, megfelelő tervezéssel milyen magas színvonalú kapcsolások valósíthatók meg.

A másik terület azt a folyamatot példázza, amelynek során a tesztelési probléma a nagy mérőberendezésekről fokozatosan magára a tesztelendő áramkör chipjére tevődik át, ide integrálódnak a tesztelést elősegítő vagy akár teljes egészében végrehajtó áramkörök. E terület kiváló művelője L. Ungar, aki cikkében egy általa kidolgozott on-chip tesztáramkör működését ismerteti.

Nagyon reméljük, hogy e számunkkal felkeltettük a hazai szakemberek érdeklődését, s amennyiben az itt tárgyalt gondolatok és műszaki megoldások egyes részleteit saját területükre tudják adaptálni, akkor a segítségükre lehettünk.

KOVÁCS FERENC

**Kovács Ferenc** 1959-ben szerzett villamosmérnöki diplomát a Budapesti Műszaki Egyetemen, 1962-ben doktorált, 1981-ben kandidátusi fokozatot szerzett. A diploma megszerzését követően a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézetben félvezetők konstrukciójával, méréstechnikájával és alkalmazásával foglalkozott. A hazai mérőautomata program megindítója és egy ideig vezetője. 1982 óta az Elektronikus Eszközök tanszékének docense. Számos könyve, cikke és előadása jelent meg. Érdeklődése az integrált áramkörök méréstechnikája iránt ma is változatlan.

# INTEGRÁLT ÁRAMKÖRÖK MÉRÉSTECHNIKÁJA — FEJLŐDÉSI IRÁNYOK

KOVÁCS FERENC

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM
ELEKTRONIKUS ESZKÖZÖK TANSZÉKE
H–1111 GOLDMANN GY. TÉR 3.

**Az integrált áramkör tesztelő berendezéseinek fejlődését áttekintve ismertetjük a mérőberendezések architektúráját, elektronikai alkatrészeit és áramköreit. Vizsgáljuk az áramkörök mérése során felmerülő problémákat mind áramköri, mind mechanikai szempontok figyelembevételével. Végezetül bemutatjuk a redundáns memóriák mérési megoldásait és a beépített tesztelés lehetőségeit.**

Az integrált áramköröket mérő, illetve tesztelő berendezések előállítása az elektronika egy sajátos, igen magas műszaki követelményeket támasztó és ugyanakkor más szakterületek ismereteit is igénylő ágazata. Ennek tudható be, hogy a mérőberendezések fejlesztése/gyártása egy igen szűk körre zsugorodott össze, és a világpiacon jelentős szerepet játszó gyártók száma alig haladja meg a tízet. A nagyfokú koncentrálódás egyik fő oka a műszaki feladat speciális, de ugyanakkor igen széles körre kiterjedő jellege. Speciális azért, mert a berendezés egy és csakis egy célra, nevezetesen egy néhány milliméter nagyságú szilicium chip beható, mindenre kiterjedő vizsgálatára használható. Másra nem. Behatónak kell lennie viszont, hiszen itt dől el végérvényesen és visszavonhatatlanul, hogy a felhasználandó áramkör jó lesz-e vagy sem, s ezen természetesen semmiféle utólagos javítás nem végezhető. A felelősség tehát roppant nagy, és például ezért is olyan szigorúak a specifikációs előírások.

A széles körű elterjedést viszont az mutatja, hogy a berendezésekben alkalmazott elektronikai megoldások, ilyen vagy olyan formában, megtalálhatók számos más műszerben és berendezésben is. Szó sem lehet azonban ezek egyszerű átvételéről, adaptálásáról, éppen a mérőberendezés speciális jellege, felépítése miatt. Elképzelhetetlen tehát pl. egy olyan VLSI mérőautomata, amelyet meglévő, önálló termékként hozzáférhető egységekből állítanak össze — ezek a kezdeti kísérletek sorra kudarcot vallottak —, és kialakult az a fejlesztési stratégia, amely minden egységet feladatspecifikusan, tehát a mérőberendezésre szabottan, ahhoz maximálisan illeszkedve alakít ki. Ez nem zárja ki természetesen, hogy az alkalmazott műszaki megoldás lényege rokon lehet valamilyen máshol is fellelhető megoldással.

Az idők során kitűnt, hogy a berendezésfejlesztés elválaszthatatlan a félvezetőgyártásra vonatkozó ismeretektől. Az első tesztereket maguk a félvezetőgyárak készítették. Később az utak szétváltak, de ma is igaz, hogy mindegyik mérőberendezés-gyártó igen szoros kapcsolatot tart fenn valamelyik félvezetőgyárral. Ez abban is tükröződik, hogy egy-egy nagy félvezetőgyár mérőparkja szinte kizárólag ugyanannak a berendezésgyártónak a gépeiből épül fel. Ebből persze az is következik, hogy a versenybe újonnan bekapcsolódóknak igen kevés esélyük van, hacsak nem kínálnak valami alapvetően új lehetőséget vagy rendkívüli műszaki adatokat.

Mindezek ellenére, az elmúlt évtizedekben egy sor új cég jelent meg a piacon, persze sok tönkre is ment, még több összeolvadt vagy átalakult. Amint az várható volt, a félvezetőipar kísérőjeként az USA-ban és Japánban jöttek létre a legnagyobb mérőautomata gyárak, miközben — akárcsak a szeletgyártásban — Nyugat-Európa teljesen kívül rekedt. A kelet-európai viszonyok másfajta törvényszerűségei következtében a hetvenes évektől kezdődően Magyarországnak jutott az a szerep, hogy e berendezéseket fejlessze és gyártsa, s ennek a magyar ipar — lehetőségeihez mérten — igen jól eleget is tett.

Az integrált áramkörök mérésével kapcsolatos műszaki problémák növekedtével megindult a teszterek szakosodása, és manapság elég jól szétválasztható csoportok különböztethetők meg. Az egyik legnépesebb csoport — a mérendő áramkörök nagy tömegéből adódóan — a *memóriateszterek*. Ezekre elsődlegesen a jelminta algoritmikus előállítása a jellemző, valamint az, hogy viszonylag sok chipet képesek egyidőben, szimultán tesztelni (azért, hogy a mérés költséghányada az olcsó memóriákban fajlagosan alacsony legyen). A memóriateszterek ezért több mérőfejjel rendelkeznek, és ezek mindegyike egyszerre több, akár 8 chipet is képes funkcionálisan tesztelni. Vannak hírek azonban olyan új teszterekről is, amelyek 64 (!) memóriatokot vizsgálnak párhuzamosan.

A másik nagy csoport a *VLSI teszterek*, amelyre a rendkívül sokrétű jelminta-generálás és tárolás jellemző. A programfejlesztéssel és próbafuttatással kapcsolatos software támogatás itt a legfejlettebb, és az időzítések programozásában is ezeknél áll a legtöbb lehetőség rendelkezésre. Ezek a közel szobanagyságú óriásberendezések valóban csak azok számára megfizethetők, akik a legfejlettebb technológiával a legbonyolultabb áramköröket állítják elő. Áraik csillagászatiak és ez is indokolja, hogy a nagy félvezetőgyárak miért ragaszkodnak kipróbált régi tesztergyártóikhoz, és miért nem kísérleteznek új cégekkel.

A mérőberendezések egy eléggé különálló családját képezik az *analóg áramköröket* mérő automaták. A műszaki feladatok itt jóval sokrétűbbek, és ezért sok mérésnél még ma is alkalmazzák az ún. black-box technikát, ami azt jelenti, hogy a mérendő integrált áramkör egy dedikált mérőáramkörben (black-boxban) helyezkedik el, és ezen keresztül csatlakozik a mérőautomatához. A méréshez szükséges speciális meghajtó, ill. érzékelő kapcsolások ebben a box-ban helyezkednek el, s így a mérőautomatában magában nem kell extrém műszaki specifikációt megvalósítani (ami az analóg áramkörök széles választéka miatt amúgy is lehetetlen volna).

Az integrált áramkörök egyre nagyobb hányada tartalmaz a bonyolult logikai kapcsolás mellett analóg áramköri részleteket is, mint pl. A/D, ill D/A átalakítókat, komparátorokat stb. Jellegzetes típusai ezeknek az ún. "telecom" áramkörök, valamint a digitális jelfeldolgozás általános célú integrált áramkörei. Az ún. *mixed-signal* mérőberendezések ezek vizsgálatára készülnek, és tartalmazzák mindazokat az analóg mérőegységeket (szinuszos és impulzus generátorok, programozható vevők stb.), amelyekre a jelek kódolásának, ill. dekódolásának vizsgálata során szükség van.

A mérőberendezések egy dinamikusan fejlődő csoportja az ún. *ASIC teszterek*. Jellemzőjük a rendkívül nagy pinszám (256—512), a mérsékeltebb működési sebesség (50—150 MHz) és az igen fejlett software támogatás. Erre érthetően azért van szükség, mivel a berendezés működési idejének nagy része nem tömegméréssel, hanem a megtervezett áramkör vizsgálatával és az ehhez szükséges tesztek összeállításával telik el. Az ASIC teszterek saját hardware-jükben is széleskörűen alkalmaznak ASIC áramköröket (a sebességkövetelmények miatt többnyire ECL gate-array áramköröket). Jellemző rájuk a viszonylagos olcsóság, amire a más típusú felhasználói kör miatt van szükség. Az ASIC tesztereket ugyanis elsősorban nem a félvezetőgyárak, hanem a készülékfejlesztő cégek használják, akik érthető módon nem tudnák vállalni pl. egy nagyértékű VLSI teszter beruházását csak azért, hogy az új készülékhez tervezett (viszonylag kis sorozatnagyságú) ASIC áramkört ellenőrizhessék, ill. minősíthessék. A teszterek egy redukált változatát képezik az ún. *ASIC-verification* teszterek, amelyek lényegében sokoldalú szolgáltatást nyújtó logikai analizátorok.

A mérőberendezések egy külön családját alkotják a *Burn-in* rendszerek, amelyek különböző klimatikus körülmények között képesek az áramkör paramétereinek meghatározására. Jelentőségük elsősorban a katonai előírásokat teljesítő áramköröknél lényeges.

A teszterek egy folyamatosan kihaló típusa a funkcionális (kisfrekvenciás) *asztali teszterek*, amelyekkel régebben a felhasználónál az ún. idegen-áru ellenőrzést végezték. A félvezetőgyárak által kibocsátott integrált áramkörök megbízhatóságának növekedésével ez a tevékenység az elektronika nagyrészében gyakorlatilag megszűnt, a felhasználó önmaga a továbbiakban nem rendezkedik be a vásárolt, egyre bonyolultabb áramkörök újbóli ellenőrzésére, s ezzel ez a tesztertípus is fokozatosan elveszti létjogosultságát.

A mérőberendezések fejlődése során a *rendszertechnikai* felépítésben is lényeges változások következtek be. Egyre nagyobb tért hódítanak a *Teszter-Per-Pin* elven felépülő rendszerek, és egyre behatóbban alkalmazzák az autókalibrációt nemcsak az analóg mérőegységeknél, ill. komparátoroknál, hanem az időzítések, késleltetések beállításánál, ill. kikompenzálásánál (self-timing) is.

A vizsgálati sebesség növekedtével a tesztert felépítő *alkatrészbázisnak* is egyre fejlettebbnek kellett lennie, (amellett természetesen, hogy a sebességet kapcsolástechnikai megoldásokkal is, mint pl. az idő-multiplex kapcsolások, fokozni lehetett). Az S-TTL sorozat alkalmazásáról egy sor helyen át kellett térni az ECL-áramkörök (ezen belül ECL gate array-k) használatára, amit várhatóan a közeljövőben teljesen kivált majd a GaAs-alapú logikai család. Számolni kell azonban a nagysebességű CMOS áramkörökkel is, amelyek egyre jobb késleltetési időkkel lepik meg a felhasználókat, s így alkalmazásuk pl. a pin-elektronikai kapcsolásokban már megindult, bár a meglévő berendezések nagyrésze még a hibrid integrált áramkörös kivitelben készül. A sebességet korlátozó paraziták további csökkentését célozza a felületszerelt technológia széles körű alkalmazása.

A korszerű mérőberendezésekkel az előállító fejlett *software-t* kínál a félvezetőgyártó számára. Ezek egyaránt támogatják a mérőprogram kidolgozását, a futtatást, a hibafeldolgozást és a mérőrendszernek valamilyen nagyobb hálózatba történő kapcsolását. A tesztprogram előállítása valamilyen logikai szimuláció eredménye alapján automatikusan történik (Automatic Test Program Generation, ATPG). A program ellenőrzését és próbafuttatását, valamint a hibák behatárolását fejlett diagnosztikai és nyomkövető programok segítik. A nagytömegű vizsgálatok alapján részletes hibaeloszlásokat készítenek, memóriák esetében a legkülönfélébb hibatérképek állíthatók elő. A berendezések alkalmasak arra, hogy egy számítógépes gyártórendszer (Computer Integrated Manufacturing, CIM) részeként működjenek. Mindazonáltal meg kell jegyezni, hogy változatlanul fennáll az a probléma, hogy az integrált áramkörök mérésére vonatkozóan egységes mérőnyelv mind ez ideig nincs, ami rendkívüli módon hátráltatja a mérőprogramok portabilitását. Ez azt is jelenti, hogy egy adott teszterre kidolgozott mérőprogram áttétele egy másik teszterre nagyon bonyolult feladat, holott ez a teszterek összetevése szempontjából sok érdekes tanulsággal szolgálhatna. Erre azonban csak egy bizonyos teszter-előállító céggel kössenek hosszútávú együttműködést. Az igazság kedvéért azonban azt is meg kell jegyezni, hogy az egységes mérőnyelv hiányának nagyon is konkrét oka van: nevezetesen az a speciálisan felépített, minden esetben a feladatra optimalizált hardware, amely az egyes teszterekre rendkívül eltérő, és ami alapvetően megszabja a mérőnyelv struktúráját is.

A mérőberendezésel *mechanikai konstrukciójában* is kialakultak bizonyos állandó vonások. A berendezések zöme ismét rack-szekrényekben épül fel, elmaradoztak a modernkedő, formatervezett gépcsodák. A befogószerkezet minden irányban mozgatása ma már alapkövetelmény, amelyre szintén többnyire egységes megoldásokat alkalmaznak. A nagysebességű pin-elektronika hűtésére a zajos (és huzatos) léghűtés helyett egyre több cég tér át a vízhűtésre, ami a konkrét megvalósítások láttán nem is tűnik olyan abszurdnak, mint amilyennek az még egy évtizeddel ezelőtt látszott. Tovább folyik az útkeresés a szelethez való kontaktusteremtés megoldásában is, ami a szeletmérés egyik fő problémája. A sok-kivezetéses csipeknél egyre nehezebben megoldható, hogy a mérőtűk mindegyike megfelelő (tehát sem túl nagy, sem bizonytalanul kicsi) nyomással érintkezzen a szelet bondolási helyeihez. Az új irányzat a membrános megoldásra teszi a voksot, amelynek finom és rugalmas lamellái (végükön kis érintkező csúcsokkal) lágyan fekszenek a kontaktálási helyekre. A membránt egy többnyire vékonyréteg technológiával készült lap tartja, amely a membránnal együtt hullámvezetőként van kiképezve. Ezzel a megoldással a GaAs alapú integrált áramkörök vizsgálatát a GHz-es tartományban is megoldani remélik.

A mérőeszközök fejlődésével párhuzamosan a *mérési eljárások* tökéletesítése is folyik. Ezek közül külön említést érdemel a CMOS integrált áramkörök IDQQ elnevezésű módszere, amely az áramkör belsejében lévő hibát a telepáramban bekövetkező anomália alapján azonosítja. Ez

a módszer egyben jó példája a logikai szimuláció és a rá támaszkodó teszttervezés fontosságának, hiszen e módszer lényege, hogy lehetőleg minden belső alapáramkört (kaput, invertert) jól behatároltan váltsunk át.

Az integrált áramkörök tesztelésének egy új útja a boundary-scan eljárás, amelynek továbbfejlesztése a beépített önteszt (Built-In Self-Test, BIST), ahol már maga a tesztelő áramkör is a chipen helyezkedik el. A módszer egy tökéletesített változata a széleskörűen alkalmazható és a szabványoknak mindenben eleget tevő tesztvégrehajtó és -érzékelő áramkörök beépítése a chipbe. Ezen új területen nyilvánvalóan még nagy fejlődés várható, amelynek során a szinte korlátlanul rendelkezésre álló szilicium felületre egyre több olyan elem kerül, amely kifejezetten csak a tesztelést segíti elő. Ugyanez érvényes az áramkörök redundáns elemeire is, amelyekkel a kihozatal növelhető meg, s amely annyiban kapcsolódik a méréstechnikához, hogy ezen áramkörök tesztelése speciális módszereket, ill. eljárásokat igényel.

Az integrált áramkörök vizsgálatának egy egészen speciális területe az elektronsugaras pásztázással működtetett, feszültségkontraszton alapuló eljárás, amellyel a chip belsejében bármely pont elektromos állapotát bármely időpontban mechanikai kontaktus nélkül meg lehet határozni. A módszer lassúsága, valamint az alkalmazott drága berendezések miatt csak mint különleges vizsgálóeszköz használatos.

Az integrált áramkörök mérése tehát egy dinamikusan, az áramkörökkel együtt fejlődő műszaki terület, amely nélkül elképzelhetetlen a fejlett mikroelektronika, s amely ennél fogva mindig is az elektronika egy csúcságazata lesz. Ezért érdemel külön figyelmet.

# MEASUREMENT TECHNICS OF INTEGRATED CIRCUITS— DEVELOPMENT TRENDS, ADVANCED TEST SYSTEMS

F. KOVÁCS

TECHNICAL UNIVERSITY OF BUDAPEST

The paper gives an overview of the development of integrated circuit test and automatic test equipment, discussing the trends of tester architecture, the used electronic components and circuits. It deals with access problems of the circuit under test and related mechanical problems. Finally, the test methods of redundant memories and built-in test are overviewed.

# LSI/VSI BONYOLULTSÁGÚ INTEGRÁLT ÁRAMKÖRÖK MÉRÉSE ÉS MÉRŐBERENDEZÉSEI

SZENCZI ÁRPÁD

DEMAS KFT.
H–1046 BUDAPEST PÖLTENBERG U. 23

**A cikk az LSI/VLSI integrált áramkörök tesztelésére alkalmas automatikus mérőberendezésekkel foglalkozik, beleértve a memóriavizsgáló és az ún. kevert teszteket is. Megvizsgálja a jelminta előállításának lehetőségeit, valamint a berendezések egyéb funkcionális egységeinek működését, elsősorban a működési sebesség, az áramkör bonyolultsága, valamint a megvalósítására szolgáló technológia szempontjából. A cikk részletesen ismerteti az ICOMAT-125 típusú, hazai előállítású memóriatesztert.**

## 1. BEVEZETÉS

A nagybonyolultságú integrált áramkörök előállításának egyre meghatározóbb problémájává válik a nagy hibafelderítő képességgel rendelkező, de ugyanakkor a költségeket nem túlságosan megnövelő tesztelés. E feladat megoldására a teszterek széles köre alakult ki, amelyek a vizsgált áramkör jellege, a mérési sebesség, a vizsgálandó pinek száma stb. szerint csoportosíthatók. A továbbiakban e tesztelő, ill. mérőberendezések fontosabb tulajdonságait és műszaki megoldásait tekintjük át.

## 2. MÉRŐBERENDEZÉSEK CSOPORTOSÍTÁSA

Az integrált áramkörök mérése egyrészt a statikus paraméterek ellenőrzését jelenti, másrészt a funkcionális működés vizsgálatát, lehetőség szerint a garantált legnagyobb működési sebesség mellett. A nagy sebességű vizsgálat magában foglalja az időzítések (késleltetési idők, hozzáférési idők stb.) ellenőrzését is, még ha nem is szolgáltatja konkrétan az adott késleltetés számszerű értékét, csupán azt, hogy a megadott határon belül van.

A *parametrikus mérések* körébe tartoznak a tápáramfelvételek, bemeneti áramok, kimeneti terhelhetőségek stb. Ezek műszaki kérdéseinek zöme már jóideje megoldott, s így e téren alapvetően új műszaki megoldások az elmúlt időszakban nem születtek. A fő problémák itt, amin a fejlesztés már túljutott, a nagyberendezés földelési rendszerének kialakítása, a virtuális földek, valamint a zavarszűrés voltak, melyek értelemszerűen erősen befolyásolták a mért DC paraméterek pontosságát. Új kihívást csak a CMOS integrált áramköröknél alkalmazott IDQQ vizsgálat jelentett, amelyre igen kis (1 nA) felbontású, de ugyanakkor igen nagy (1 A) tranziens áramot is elviselő mérőegységeket kellett megvalósítani. A továbbiakban a parametrikus mérésekkel nem foglalkozunk.

A *nagysebességű funkcionális mérések* fő problémái a tesztvektorok nagy sebességű előállítása (pattern-generálás), a mérendő áramkör (DUT, Device Under Test) meghajtása a pin-elektronikával és a jel hozzávezetése a mérendőhöz (mérőkártya, befogószerkezet). Tekintsük át röviden ezeket.

A tesztvektorok a mérendő integrált áramkör bemeneteire adott jelmintát valamint a kimeneteken várt jelmintát tartalmazzák. E vektoroknak úgy kell rendelkezésre állniuk, hogy a tesztelés megszakítás (egész pontosan ciklus-kihagyás) nélkül történjék a vizsgálati frekvencia ciklusidejével [1],[2]. Ez azt jelenti, hogy minden közbenső, a tesztvektorokkal kapcsolatos műveletnek a ciklusidőn belül, „on-the-fly" módon kell történnie. A tesztvektorok előállításának legegyszerűbb módja a klasszikus mikroprogramozott megoldás lehetne, ahol lehetőség van ismétlődő hurkok képzésére, adatok behívására stb. Sajnos, a mikroprogramozásból adódóan a dekódolás, címelmentés, programszámláló-átírás összességében igen sok lépést jelent, ami miatt a processzor működési sebességét nagyon meg kellene növelni. Mivel a teszterek felső frekvenciahatárát igyekeznek a gyártók minél magasabbra beállítani, ezért ez a tesztvektorokat előállító processzorral szemben rendkívül magas, szinte teljesíthetetlen követelményeket támaszt. Ennek feloldására a következő megoldások születtek:

Az igen sokszor ismétlődő tesztmintáknál. ahol az algoritmikus előállítás kikerülhetetlen (tipikusan ilyenek a memóriák vizsgáló-mintái), speciális, igen gyors működésű processzorokat alkalmaznak, amelyeknek lényege, hogy a végrehajtandó, nagy bit-hosszúságú szavak tartalmazzák az adatokra, ugratásra, hurokképzésre stb. vonatkozó összes adatot, és ezeket lényegében külön-külön működő kis célprocesszorok valósítják meg. Az algoritmikus jelgenerálást tehát tulajdonképpen egy speciális célra kialakított, viszonylag egyszerű elemekből felépített *multiprocesszoros* rendszer valósítja meg. Így állíthatók elő az ismert memóriatesztelő minták, mint pl. a sakktábla, marching, galopp, ping-pong stb.

A memóriáktól eltérő áramkörök esetében a fenti eljárás önmagában nem alkalmazható. Egy processzor jellegű vizsgálandó áramkörnél pl. egy adott utasításkészlet egyes elemeit, ill. meghatározott adatokat kell keverten a tesztelt minta bemeneteire adni. Ennek legegyszerűbb módja nyilvánvalóan az, hogy az egész jelmintát, miután konvencionális módon, tehát minden időkorlátozás nélkül előállítottuk, egy nagy sebességű tárolóba (VECTOR MEMORY) töltjük. Ennek tartalmát az áramkörök mérése során rendre kiolvassuk címtől címig, minden közbenső elágazás, ugratás vagy hurokképzés nélkül. A megoldás nyilvánvaló hátránya, hogy a kellő hosszúságú jelmintasorozatok előállításához igen nagy memóriakapacitásra van szükség (hiszen az ismétlődő rutinokat annyiszor kell letárolni, ahányszor futtatni kívánjuk őket).

A korszerű mérőautomaták a fenti két eljárás kombinált módszerét alkalmazzák [18]. Ezeknél lehetőség van

az ismétlődő részek adatokkal való szubrutinszerű hívására (gondoljunk pl. egy mikroprocesszor aritmetikai egységének tesztelésére, amikor a műveletet igen sokszor, változó operandusokkal végezzük el). Ugyanakkor azonban rendelkezésre áll egy igen nagy (és természetesen igen nagy sebességű) memóriakapacitás is a tesztelés főprogramjának tárolására. Ez utóbbi rendszerint egy-egy pinhez van rendelve, s így a memória szóhosszúságát az automata maximális pin-száma határozza meg.

A nagy mérési sebesség szigorú követelményeket támaszt a tesztelt áramkör kivezetéseire kapcsolódó *pin-elektronikával* szemben. A meghajtónak (driver) gyors felfutásúnak kell lennie, és a beprogramozott logikai szintek feszültségértékét nagy pontossággal kell megvalósítania. Ezen túlmenően, adott parancsra igen gyorsan át kell tudni váltania a harmadik állapotba, hogy a kivezetést mint kimenetet is tesztelhessük. Ugyanezen áramkörben helyezkedik el az ablak-komparátor, amelynek nagy időzítési pontossággal kell a jelet a feszültségszint szempontjából minősítenie („sztróbolni") és ezt logikai szintté konvertálnia. A pin-elektronikai áramköröknek fejlődésük során mindig a legkorszerűbb eszközöket és szerelési technológiát kell megvalósítaniuk, s ilymódon az elektronika egyik csúcstechnológiáját reprezentálják.

A nagy sebességű működés komoly követelményeket támaszt a mérendő eszközhöz való hozzáféréssel szemben is. Ezek részben mechanikai, részben elektromos problémák. A mérendő eszköz általában egy *típuskártyán* foglal helyet, amely a mérendő közvetlen közelében elhelyezendő elemeket (pl. szűréseket) is tartalmazza. A rajta futó vezetékek hullámvezetőként vannak kialakítva, hogy a reflexiókat minimalizálják. Az általuk behozott paraziták a maximális mérési frekvencián döntően befolyásolhatják a mérési eredményeket.

A fentiekből kitűnik, hogy az LSI/VLSI mérőautomaták többsége a funkcionális vizsgálat során az egyes jelutakban mérhető késleltetést közvetlenül nem méri, csupán komparálja a logikai szintet az előírt késleltetési időhöz tartozó strobe-jelnél. A strobe-jel programmal vezérelt időbeli végigpásztázásával természetesen lehetőség van a késleltetés konkrét értékének meghatározására is, ez azonban a mérést nagyon hosszúra nyújtaná, és ezért csak kivételes esetekben alkalmazzák.

A tesztelt integrált áramkörök jellege szerint a mérőautomatákat a következő csoportok szerint osztályozhatjuk:

- memória-áramköröket tesztelő berendezések,
- LSI/VLSI teszterek a különféle logikai áramkörök ellenőrzésére,
- kevert (mixed-signál) teszterek,
- ASIC teszterek,
- analóg teszterek,
- In-Circuit teszterek,
- egyéb, speciális teszterek (Burn-In, klímavizsgálat, ESD-vizsgálat).

Az utolsó három csoporttal a továbbiakban nem foglalkozunk, mivel műszaki megoldásaik alapproblémája némileg eltér a cikk témájától.

## 3. MEMÓRIA-ÁRAMKÖRÖKET TESZTELŐ BERENDEZÉSEK

Az alkatrészpiac jelentős részét a memória-áramkörök foglalják le, amelyek kapacitástartománya a néhány kbites speciális memóriáktól a 64 Mbites tárolókig terjed. Nyilvánvaló problémát az 1 Mbit fölötti kapacitással rendelkező áramkörök vizsgálata jelent. A szokásos memóriavizsgáló algoritmusok használata ugyanis egyre nagyobb időszükségletet jelent, ami bizonyos kapacitás fölött az ilyen vizsgálatokat lehetetlenné teszi. Tekintsük át röviden ezeket a vizsgálatokat.

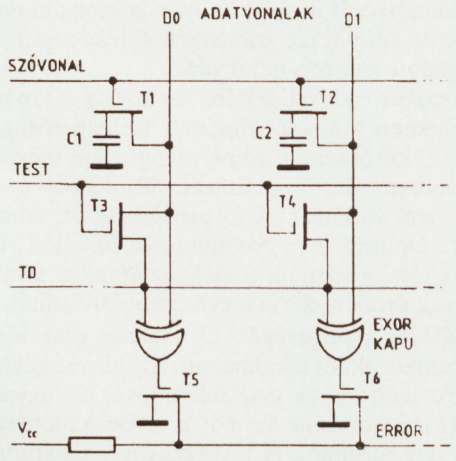
### 3.1. Vizsgáló algoritmusok

A legegyszerűbb memóriavizsgáló algoritmusok N-nel arányosak, ahol $N$ a memória bitkapacitása. E lineáris algoritmusok lényege, hogy a teljes mátrix minden celláját néhányszor írunk és azt visszaolvassuk. Ezen eljárás hibalefedő képessége kicsi, és ezért bonyolultabb vizsgálati módszerek terjedtek el. Az $N * *2$-vel arányos algoritmusok a mátrix bármely két cellájának egymásra hatását kimutatják, az $N * *(3/2)$ típusú eljárás pedig azon két cella közötti kölcsönhatást, amelyek azonos szóvonalon vagy adatvonalon vannak. A négyzetgyökös mintaszám a párhuzamos tesztelésnél lép előtérbe, erről a későbbiekben szólunk. Az 1. Táblázat a három leggyakoribb algoritmus időszükségletét tünteti fel különböző memóriakapacitások esetén, 20 MHz vizsgálati frekvencia, vagyis 50 ns ciklusidő mellett. Az egyes algoritmusoknál szokásos lépésszámok:

| | |
|---|---|
| Lineáris | $10 * N$ |
| 3/2-es | $4 * N * *(3/2)$ |
| Gyökös | $200 * N * *(1/2)$ |

*1. Táblázat*

| | 256Kbit | 1Mbit | 4Mbit | 16Mbit | 64Mbit |
|---|---|---|---|---|---|
| Lineáris | 0.12 sec | 0.50 sec | 2 sec | 8 sec | 32 sec |
| 3/2-es | 25 sec | 200 sec | 26 perc | 3,5 óra | 7 óra |
| Gyökös | 5 msec | 10 msec | 20 msec | 40 msec | 80 msec |



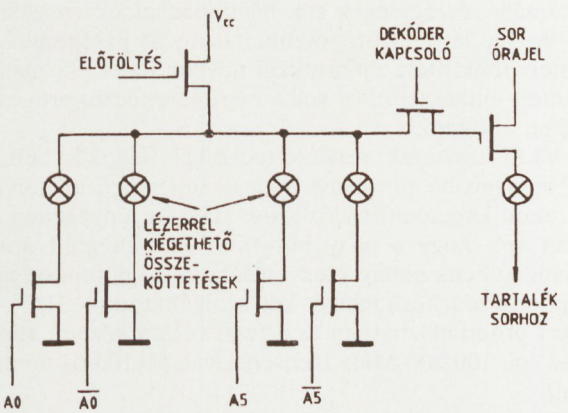

*1.ábra. A dinamikus MOS memóriák párhuzamos tesztelésének egy megvalósítási formája*

A táblázat alapján nyilvánvaló, hogy a korszerű nagykapacitású memóriáknál gyakorlatilag csak a négyzetgyökös algoritmusok alkalmazása jöhet szóba. Ezek az ún. *párhuzamos* tesztelések, amelyek alapgondolata az, hogy a mátrix egyes sorait, ill. oszlopait egyszerre kell leteszteltni [10]. Erre a memória belső felépítése egyébként lehetőséget is ad, hiszen a sorok mindig egyszerre aktiválódnak. A „négyzetgyökös" elnevezés tehát arra utal, hogy a sorok,

ill. oszlopok száma (legalábbis négyzetes mátrix esetén) az N bitszám négyzetgyöke.

A párhuzamos tesztelés egy megvalósítási formáját az 1. ábrán mutatjuk be. A dinamikus MOS memória mátrixának két elemét a T1 és T2 tranzisztorok, valamint a C1 és C2 tárolókapacitások reprezentálják, amelyeket a közös szóvonal aktivál. TD=0 tesztelő adat esetén, TEST=1 mérőjelnél, a szóvonal aktivizálására a sor minden cellájába „0" íródik. TEST=0 esetén a szóvonalat újra aktivizálva minden cella (ha jó) „0"-át ad ki, s így az EXOR kapuk kimenete is „0", ebből következik, hogy T5 és T6 is zárva van, az ERROR vonal pedig „1"-ben marad. Ha bármelyik cella hibás adatot ad ki, akkor a hozzá tartozó EXOR kapu kimenete „1"-be megy, és az általa vezérelt kapu az ERROR vonalat „0"-ba húzza le. Az így kialakított tesztelőáramkör minimális helyet foglal el a chipen, viszont a mérést rendkívüli módon meggyorsítja.

A tesztelés időszükséglete értelemszerűen csökken a 4-bit, ill. 8-bit szélességű memóriachipeknél, amelyek már önmagukban a párhuzamos tesztelés egy elemi formáját valósítják meg.




*2.ábra. A beiktatott tartaléksor dekóderének programozása az összekötések lézeres átvágásával*

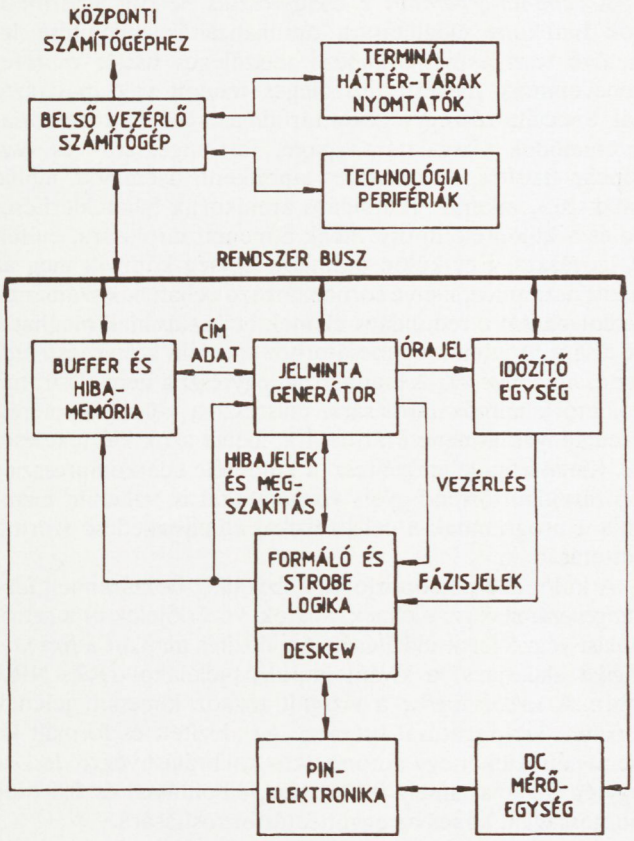
A memóriachipek gyártási kihozatalának növelésére a nagyobb kapacitású (64 Kbit feletti) memóriák *redundáns* elemekkel készülnek. A tartaléksorok, ill. -oszlopok beiktatása a hibás sorok, ill. oszlopok helyére a szeletmérés során történik, ma már szinte kizárólagosan lézeres átvágásokkal. Egy ilyen tartaléksor beiktatásának módját szemlélteti a 2. ábrán látható dekóder. A szokásos dekóderekkel ellentétben az áramkör az összes címbit ponáltját és negáltját is tartalmazza, amelyek közül a kiiktatandó címnek megfelelő kombinációt kell beállítani a jelzett helyek lézerrel való kiégetésével. A layout helyes kialakítása esetén a tartaléksor celláinak hozzáférési ideje közelítően megegyezik az eredeti sorok celláival.

A nagypontosságú lézeres berendezés egybe van építve a tűsmérő szerkezettel, s így a redundancia beiktatása on-line módon történik, azonnali visszaméréssel ellenőrizve. Az eljárás további méréstechnikai feladatok megoldását igényli [16], mint például a hibák valós idejű tárolása, feldolgozása, az optimális helyettesítési stratégia kialakítása és a lézeres berendezés vezérlése. Az itt adódó sebességproblémák megkerülésére jól alkalmazható a valós idejű, idő-multiplex adatgyűjtési, ill. tömörítési eljárás [21].

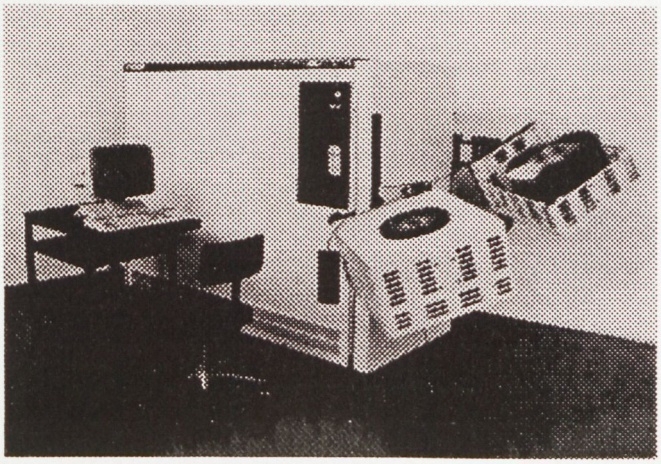
A memóriachipek tesztelésének egy további egyszerűsítését jelentik a *beépített öntesztttel* (Built-In Self Test, BIST) rendelkező áramkörök, amelyek révén a bonyolult mérőberendezés egy sor funkciója (jelminta-generálás, komparálás) magán a chipen valósul meg, természetesen az adott chip felépítésének és logikai függvényének megfelelően.

## 3.2. Az ICOMAT-125 típusú memóriamérő

A memóriamérő berendezések fejlesztésében és gyártásában aktívan részt vett a hazai ipar is a korábbi években. Ennek egy igen széles körben alkalmazott gépe volt az ICOMAT-125 típusú 20 MHz-es berendezés [19], amelynek blokkvázlatát a 3. ábra mutatja be, maga a berendezés pedig a fényképen látható.




*3. ábra. A hazai gyártású ICOMAT-125 típusú memóriamérő berendezés blokkvázlata*



*4. ábra. Az ICOMAT-125 típusú memóriamérő*

A berendezésből 4-8 darab csatlakoztatható a *központi számítógépre*, melynek feladata az off-line programfejlesztés, programok könyvtározása, hibavizsgáló és öndiagnosztizáló programok, mérési eredmények, statisztikák tárolása. Ehhez csatlakoznak a szokásos számítástechnikai perifériák (terminál, háttértárak, nyomtatók), valamint a szükséges technológiai perifériák (adagoló, klímaszekrény stb.). A központi számítógéppel egy *vezérlő számítógép* tart kapcsolatot, amely egyben ellátja a helyi vezérlőket tartalmazó hardveregységek irányítását, felügyeletét, kiszolgálását. A vezérlő számítógép a *rendszerbuszon* keresztül tart kapcsolatot a programozott egységekkel.

A *jelminta-generátort* a ciklusvesztés nélküli algoritmusok hatékony előállítására optimalizálták, felépítése lehetővé teszi a memóriamező tetszőleges háttér és referenciaminták melletti tetszőleges módon való pásztázását. Speciális részegységeket tartalmaz különféle memóriaüzemmódok vizsgálatára (page, fast-page, sor- és oszlopcím frissítés, automatikus laponkénti üzemmód, nibble mód stb.), valamint redundáns áramkörök hibafelderítésére és a különféle típusú hibák átmeneti tárolására, előfeldolgozására. Egy külön áramköri egység könnyíti meg az adott oszlophoz, illetve sorhoz tartozó cellahibák számának feldolgozását a redundáns elemek beiktatásának meghatározására. A jelminta-generátorhoz speciális szervezésű *buffer* és *hibamemória* is csatlakozik, egyrészt a nem algoritmizálható jelminták tárolására, másrészt a különféle mérési eredmények átmeneti tárolására, illetve azok kiértékelésére. Kialakítása lehetővé teszi a különféle adatkompressziós eljárásokkal történő gyors vizsgálatokat is, valamint biztosítja a programnak a cellák fizikai elhelyezkedése szerinti futtatását.

A különféle jelcsoportokhoz fizikailag hozzárendelt *időzítőgenerátor* végzi a címek, adatok, vezérlőjelek és a sztróbolást végző jelek időzítését. Az időzítés alapján a *formáló logika* alakítja ki a kívánt impulzus-jelalakot (RZ, NRZ stb.). A *strobe logika* a vizsgált eszköz kimeneti jelének időzített letapogatását ütemezi. Az időzített és formált kibemeneti jeleket egy automatikus kalibrálást végző *deskew* egység fogadja, amely 0,125 psec felbontással és 0,5 nsec pontossággal képes az együttfutás biztosítására.

A *pin-elektronika* lényegében interfészt képez a berendezés logikai rendszere és a vizsgált eszköz időfüggő feszültségállapotai között. Főbb részei a meghajtó, a komparátor és az aktív terhelés. Ugyancsak ez biztosítja a nagy impedanciás harmadik állapot létrehozását. A *DC-mérőegység* a szokásos áramkényszer/feszültségmérés, ill. feszültségkényszer/árammérés funkciókat szolgáltatja széles áramhatárok között. A berendezés 2 db. teljes pin-elektronikával ellátott mérőhelyet lát el, amelyen párhuzamosan 4 db. áramkör mérhető parametrikusan és 8 db. áramkör tesztelhető funkcionálisan. Alkalmazását speciális tűsmérő és adagoló vezérlők, valamint ipari kiszolgálást biztosító kezelőpult szolgálja.

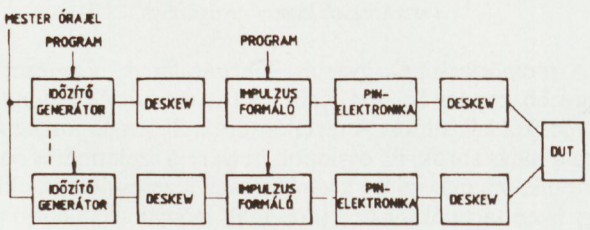
A berendezés használatát magas szintű mérésorientált programnyelv segíti. A programozás RT-11 operációs rendszer alatt PASCAL nyelv alapján, speciális eljárások definiálásával végzi a mérőprogram-összeállítást. A mérőprogram speciális monitorparancsokkal, illetve kezelőpult használatával működtethető. Széles körű nyomkövetés segíti a programfejlesztést, elsősorban az algoritmikus jelminta-generátor és a redundanciaanalizáló egység működését. A főprogram szervezi a mérő, hibatérkép, Schmoo-plot, hisztogram, adatgyűjtő stb. programok futását, az öntesztelést és az autokalibrációt. A főbb egységek (jelminta-generátor, időzítő, impulzusformáló stb.) működését szimulátorok jelenítik meg.

A berendezés hagyományos alkatrészbázissal, tehát TTL, CMOS, valamint 10K, ill. 100K sorozatú ECL áramkörökből, továbbá speciális hibrid áramkörökből épül fel, és néhány szolgáltatását tekintve a hasonló kategóriájú nyugati berendezéseket túlszárnyalja. A berendezés gyártása 1991 folyamán megszűnt.

## 4. LSI/VLSI TESZTEREK

A nem reguláris felépítésű logikai áramkörök esetén a hibabehatárolásra alkalmas tesztvektorok bonyolultsága rendszerint olyan nagy, hogy kézi módszerekkel történő előállításuk már szóba sem jöhet. Mivel ezeknél az áramkör tervezését is gépi módszerekkel végzik, így a gépi tervezés során a logikai szimuláció során kapott adatok lehetőséget adnak a tesztvektorok automatikus előállítására (Automatic Test Program Generation, ATPG, [8]). Ezáltal mód nyílik alacsonyabb szintű alapáramkörök, kapuk, funkcionális részegységek stb. hibamodelleinek vizsgálatára is. Az így létrehozott tesztmintasorozat hatékonyságát különféle tömörítési eljárásokkal növelni lehet [9], majd a tömörített mintasorozatot kell a mérőberendezés programtárolóiba áttölteni.

A VLSI teszterek rendszertechnikai felépítésében az egyik legnagyobb probléma a nagy sebességű adatátvitel és az ezzel kapcsolatos időzítések [11]. Itt lényegében arról van szó, hogy a nagy bonyolultságú integrált áramkör minden bemenetére szekvenciálisan, nagy sebességgel, igen pontos időzítésű jeleket kell szolgáltatnunk [3],[5], de mindezt programozhatóan és a teszt futása közben átváltható(an (pl. 100-200 MHz frekvenciával, 50-100 ps pontossággal).

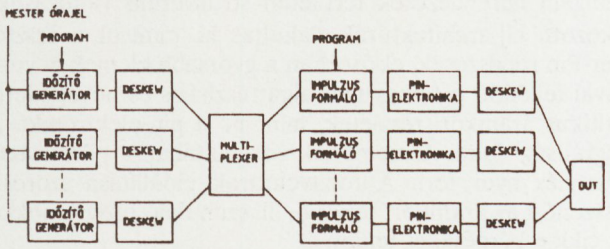



*5. ábra. Osztott erőforrású (Shared Resource) mérőrendszer időzítésének blokkvázlata*

A fenti feladat egyik ismert megoldása az ún. *osztott erőforrású* (Shared Resource, SR) rendszer, amelynek időzítési blokkvázlatát az 5. ábra mutatja be. A berendezés adott számú, programozható időzítő-generátorának mindegyike egy multiplexer áramkörön keresztül kapcsolódik a mérendő áramkör (DUT) pinjeihez rendelt egységekhez, nevezetesen az impulzusformálóhoz (format logika) és a kivezetéshez közvetlenül csatlakozó pin-elektronikához. A jelútban mindkét oldalon egy késleltetéskiegyenlítő (deskew) áramkör van elhelyezve. Láthatóan ennél a megoldásnál egy-egy időzítő-generátor többszörösen is kihasználható (mivel egyszerre több pin-re kapcsolható), ami az „erőforrások" jobb kihasználását teszi lehetővé. Mind az időzítő-generátoroknak, mind az impulzusformálónak természetesen programozhatónak és akár a teszt futása köz-

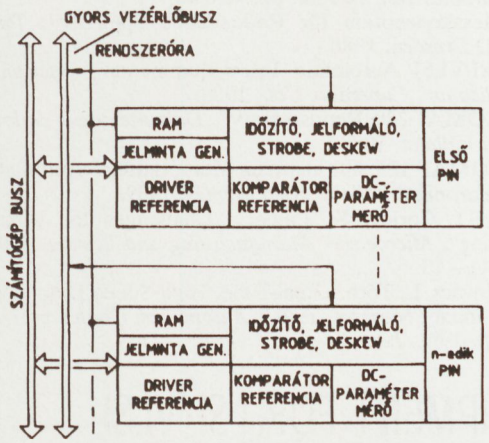
ben átválthatónak kell lennie. Az utóbbi, nevéből következően, a jel alakját (RZ, NRZ stb.) állítja be.

A pinek számának növekedésével a fenti SR-rendszer egyre kevésbé lesz kivitelezhető a bonyolult multiplexer miatt [4]. Gondoljunk arra az áramköri elrendezésre, amelynek pl. 16 db. időzítő-generátort kell programozhatóan összekapcsolnia pl. 128 db. impulzusformálóval, maximálisan néhány ns késleltetéssel.




*6. ábra. Teszter-Per-Pin felépítésű mérőrendszer időzítésének blokkvázlata*

A fenti probléma vezetett el a 6. ábrán látható újabb időzítési elrendezéshez, az ún. Teszter-Per-Pin (TPP) megoldáshoz [13]. Ennek lényege, hogy **minden** pinhez egy külön kiszolgáló elektronika (kvázi **egy „teszter"**) tartozik, és így semmiféle multiplexálásra **nincs szükség**. A DUT közelében lévő deskew-egységek a **mérőkártya**, a befogó, a csatlakozók stb. késleltetésének **kiegyenlítésére** szolgálnak.




*7. ábra. A pinekhez rendelt teszter blokkvázlata*

A modern teszterek többnyire ezt a struktúrát követik, s ezeknél a rendszert nagymértékben leegyszerűsíti a pinenként ismétlődő azonos áramköri részlet. Ennek vázlatos rajzát a 7. ábra mutatja be, amelyen, látható módon, az időzítést megvalósító áramköröket egy RAM, a jelmintagenerátor, a driver, ill. komparátor referenciáját előállító áramkör, valamint a DC-paramétermérő egészíti ki. Ez tehát lényegében már egy önálló teszter, csupán a digitális jelminta előállítása van leszűkítve egyetlen pinre. Ezeket a pinenkénti tesztereket a gyors vezérlőbuszon keresztül lehet feltölteni. Mivel ezen áramkörök az egész teszter legköltségesebb részeit képezik, ezért szokás a VLSI teszterek árát a tesztelhető pinek számára vetíteni (vagyis az ár=x1000 $/pin). Az ASIC teszternél a pinszám akár 512 is lehet.

A jelutakban levő áramkörök sebességének növelése végett az újabb teszterekben az ECL áramköröket GaAs-alapú logikák váltják fel. A nagy sebességű működésből fakadó disszipációs hő elvezetésére speciális hűtést (pl. vízhűtést) alkalmaznak.

## 5. KEVERT RENDSZEREK

Az analóg és digitális elemeket egyaránt tartalmazó áramkörök vizsgálata speciális problémát jelent, hiszen itt a szokványos logikai vizsgálatokon túlmenően különböző frekvenciájú és szintű szinuszos jelek, ill. ezek különböző kombinációját képező komplex jelek előállítására és mérésére is szükség van. Az ezekre alkalmas ún. *mixed-signal* teszthereknél a felhasznált rendszertechnikai módszerek sokban hasonlóak, mint a tisztán logikai funkciójú áramköröket mérő tesztereknél, viszont lényeges eltérés van az alkalmazott programozható meghajtó-, ill. érzékelőegységek terén. A szokványos digitális jelmintagenerátorok mellett a rendszerek tartalmaznak különböző frekvenciasávú szinuszos és függvénygenerátorokat, digitálisan programozható hullámforma-szintetizátorokat, digitális jelfeldolgozó processzorokat, szűrőket, valamint scrambler áramköröket. Az érzékelés megvalósítására az egyszerű sztróbolt ablak-komparátorokon kívül hullámanalizátorok, nagy sebességű és nagy felbontású mintavevők, descramblerek, torzításmérők, időmérők, RMS-konverterek stb. állnak rendelkezésre. A mérési programot ezek felhasználásával állítják össze a vizsgált áramkör sokszor rendkívül bonyolult specifikációjának megfelelően. A vizsgálandó integrált áramkörök skálája igen széles, amely magában foglalja az egyszerű A/D és D/A átalakítóktól kezdve a jellegzetes telefontechnikai kóder/dekóder áramkörökön keresztül az ISDN adó/vevő, valamint a digitális tv-készülékekben használt különféle építőelemekig az áramkörök óriási családját. Ezek tesztelése nyilvánvalóan típusonként más-más módszerrel történik [20], hogy a tesztelési idő és a hibafelderítés optimális legyen. Mivel a fejlődés e téren talán a legdinamikusabb, így a teszterek fejlődése is itt a legszembetűnőbb.

Ugyancsak ebbe a körbe tartoznak az ún. „smart-power" áramkörök is, amelyek egyre inkább birtokukba veszik az automatikát és a teljesítményelektronikát. Ezek tesztelése igen nagy feladatot ró a hagyományos mérőberendezésekre mind a nagy feszültségszintek, mind a nagy terhelőáramok következtében. Ezek tesztelése többnyire az analóg mérőautomatáknál szokásos „black-box" módszerrel történik, amelynél az extrém feszültség-, ill. áramértékeket a vizsgálandó eszköz és a mérőautomata közé helyezett speciális mérőáramkör szolgáltatja.

## 6. SZOFTVERKÖVETELMÉNYEK

Mivel egyre kevésbé különíthetők el az áramkör tervezési programok az áramköröket tesztelő, működésüket szimuláló programoktól, így ezek adott technológiai környezetben az áramkörtervezéssel közös feladatot alkotnak. A tesztelhetőségre való tervezés alapvető követelménnyé vált, kiegészítő áramköri struktúrák, blokkok speciális kivezetések, közbenső javítási eljárások segítségével realizálhatók. A technológia, áramkörtervezés és -mérés, valamint a mérőberendezések ismerete egyre szorosabb együttműködést igényel. Ez magával vonja a lehetőleg rokon vagy közeli nyelvek használatát. A mérőberendezést gyártók alapvető célja minden esetben az, hogy az alkalmazott szoftver rendszere legyen alkalmas az áramkörtervező rendszerek-

hez való kapcsolódásra, továbbá a félvezetőgyártás teljes automatizáltsága esetén a számítógépes gyártórendszerhez is [12].

Közös és egységes mérőnyelv a törekvések ellenére sem alakult ki, de a tesztergyártók többnyire valamelyik magas szintű programozási nyelvet (PASCAL, C) használják többfelhasználós, több taszkos rendszer alatt. A számítógépek hálózatba kapcsolhatóan működnek.

A működtető szoftvernek az alábbi szolgáltatásokkal kell rendelkeznie:

- csatlakozási felületet kell biztosítani a tervezőrendszerhez és teszterspecifikusan transzformálni kell a mérőprogramot;
- nyomkövetési funkciókat kell biztosítani;
- a különféle üzemmódok beállítása, módosítása;
- adatgyűjtés, hibafelvétel definiálása, tárolása, tömörítése, kiértékelése és megjelenítése;
- szimulációs programok általános használata;
- öntesztelő és hitelesítő programok működtetése stb.

## 7. ÖSSZEFOGLALÁS

Az LSI-VLSI áramkörök műszaki fejlődése a mérésükre szolgáló berendezések területén strukturális változásokat okozott. Új architektúrák alakultak ki, mint pl. a Teszter-Per-Pin rendszerek, elsősorban a gyorsabb elemek bevonásával fejlődött a felhasznált alkatrészbázis és növekedett a kritikus áramköri részletek, mint pl. a pin-elektronika integráltsági foka. A memóriák vizsgálatában a párhuzamos tesztelés nyer tért. A tesztvektorok előállítása szorosan összenőtt az áramkört tervező, ill. szimuláló programokkal. A cikk e kérdéseket tekinti át.

## IRODALOM


[1] J. A. Davis: „Multiplexed Timing Sources Yield Accurateíbreak VLSI Tests", *Electronics Test*, 1985. Dec., pp. 107–113.

[2] R. F. Herlein: „Optimizing the Timings Architecture of a Digital LSI Test System", *Proc. IEEE Int. Test. Conf.*, 1983, pp. 200–209.

[3] J. Healy, G. Ure: „A Method of Reducing ATE System Error Components and Guaranteeing Subnanosecond Measurement Accuracies", *Proc. IEEE Int. Test Conf.*, 1985, pp. 191–202.

[4] D. R. Emberson: „A tightly Coupled Multiprocessor for VLSI Testing", *Proc. IEEE Int. Test Conf.*, 1983, pp. 25–28. pp.

[5] L. Deer (Teradyne Inc.): „Automatic Calibration for a VLSI Test System", *Proc. IEEE Int. Test Conf.*, 1983, pp. 181–187.

[6] Y. Nakayama: „The 9600/32 Memory Test System, a Step Forward", *JEE*, 1987. Ápr., p. 48.

[7] S. Watanabe: „Integrated Test System for ASIC Tests at 200 Mhz Rate", *JEE*, 1987. Ápr., pp. 49–50.

[8] T. Kazamaki: „Milestones of New-Generation ATE", *IEEE Design and Test*, 1985. Dec., pp. 57–62.

[9] R. Allow: „Test Pattern Compaction in VLSI Testers", *Proc. IEEE Int. Test Conf.*, 1983, pp. 12–17.

[10] T. Sridhar: „A New Parallel Test Approach for Large Memories", *Proc. IEEE Int. Test Conf.*, 1985, pp. 462–470.

[11] J. Mulady: „High-Speed VLSI Testing", *Semiconductor International*, 1987. Jan., pp. 60–65.

[12] P. Burggraf: „CIM Plans, the Role of Test Area Networks", *Semiconductor International*, 1986. Jun., pp. 36–39.

[13] P. H. Singer: „VLSI Testing", *Semiconductor International*, 1987. Dec., pp. 50–55.

[14] HiLevel Techn.: „ASIC Prototype Tester", *Computer Design*, 1987. Dec., p. 124.

[15] L. Veeren: „Component Test, Bigger Problem, Better Tools", *Electronics Test, 1/1988.*, pp. 40–44.

[16] „Messkonception für Redundance Speicher", *Tanulmány, ZMD Dresden*, 1988.

[17] „LSI/VLSI Automatic Test Equipments", *Electronic Trend Publication, Cupertino, Cal.*, 1988.

[18] „ICOMAT-220 Rendszerterv", *Dokumentáció, Mikroelektronikai Vállalat*, 1988.

[19] „ICOMAT 125 Automatikus Memóriamérő Automata", *Mikroelektronikai Vállalat belső jelentés*, 1989.

[20] W. D. Corley, K. Lanier: „Challenges for Mixed-Signal Testing", *Microelectr. Manufacturing and Testing*, 1990. Aug., pp. 11–13.

[21] F. Kovács, L. Tóth: „Real-Time, High-Speed Data Logging for Redundant Memory Tests", *Autom. Test Conference, Anaheim, Calif.*, 1991. Jan.


# MEASUREMENTS AND TEST EQUIPMENT FOR LSI/VLSI INTEGRATED CIRCUITS


Á. SZENCZY

DEMAS LTD.



The paper deals with the automatic test equipment of LSI/VLSI integrated circuits including the memory and the so-called mixed-signal testers. The generation of test vectors and other functional units are discussed analysing the speed, complexity and applied technology. The paper describes the memory tester type ICOMAT-125 in details.

**Szenczi Árpád** a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán szerzett oklevelet 1969-ben. Ezt követően a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézetben helyezkedett el, ahol félvezető méréstechnikával kezdett foglalkozni. 1972 óta egyik vezető tervezője volt az ICOMAT mérőautomata családnak. E tárgyban több cikk társszerzője, valamint idevágó szabadalom kidolgozója. 1991-ben önállósodott, és létrehozta a DeMaS Kft. vállalkozást, amely különféle ipari elektronikai problémák megoldásával foglalkozik.

# INTEGRÁLT PIN-ELEKTRONIKA VLSI MÉRŐBERENDEZÉSEKHEZ*

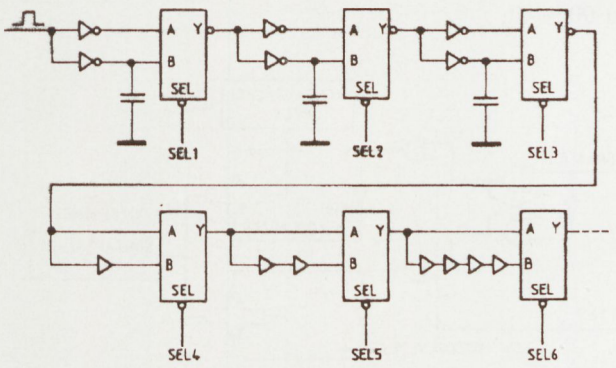
CHRIS BRANSON, DON MURRAY, STEVE SULLIVAN

TEKTRONIX, INC.,
P. O. B. 4600 BEAVERTON, OREGON 97075 USA

**A cikk egy olyan pin-elektronikai áramkört ismertet, amelyben a VLSI mérőberendezéseknél szükséges meghajtókat, komparátorokat, aktív terheléseket és a kivezetésenként szükséges időzítő-áramköröket két CMOS integrált áramkör valósítja meg. Az ilyen integrálási szint gyors, kis kapacitású pin-elektronika előállítását teszi lehetővé viszonylag alacsony költséggel. A CMOS technológia korlátainak kiküszöbölése újszerű tervezési és kalibrálási módszerekkel történt.**

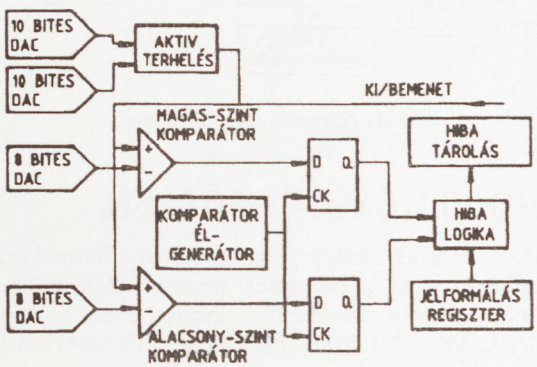
## 1. BEVEZETÉS

Több integrált áramköri technológia vizsgálata után a CMOS technológia mellett döntöttünk. A CMOS technológia ugyanis nagyfokú integrálási szint mellett kis fogyasztást teszi lehetővé, ugyanakkor a lehetséges legnagyobb kihozatalú gyártást biztosítja a pin-elektronikához szükséges analóg áramkörök számára. A standard-cellás eljárást választottuk, mivel a vizsgált kapumátrix családok nem nyújtották a tranzisztortípusok olyan választékát, amely az analóg áramkörök tervezéséhez szükséges lett volna. Megvizsgáltuk a felhasználói (full custom) áramkörök lehetőségét is, de itt a tervezési ciklust túl hosszúnak találtuk. Döntésünkben lényeges szerepet játszott a saját CMOS cellakönyvtárhoz való hozzáférési lehetőség, valamint az, hogy lehetőségünk volt a Tektronixon belül az igényeink szerinti standard cellák tervezésére.




*1. ábra. A meghajtó áramkör blokkvázlata*

A mérőberendezés pin-elektronika áramköreit két integrált áramkörrel valósítottuk meg: az egyik a meghajtó áramkör, míg a másik a komparátor/terhelés áramkör. Mindkettő elkészítésénél a standard, 1,5 mikronos digitális CMOS technológiát alkalmaztuk. Az 1. ábrán a meghajtó áramkör blokkvázlata látható, amely jelformálókat, élgenerátorokat, meghajtó kimeneti cellát és a megelőző meghajtásokat tároló léptetőregisztert tartalmazza (utóbbi a funkcionális mérés megelőző 24 ciklusának meghajtó adatbitjét tárolja). A meghajtó áramkör további vezérlő logikát is tartalmaz a chipen kívüli pin-elektronikai funkciók számára. A 2. ábra a komparátor/terhelés áramkör blokkvázlatát mutatja be. Ez az áramkör két komparátort, referencia D/A konvertereket, aktív terheléseket, komparátor élgenerátort, komparátor jelformáló egységet és hibalogikát tartalmaz. Az áramkörben ezenkívül az előzmények tárolása 24 bites hibatároló és komparátortároló léptetőregiszter is található.




*2. ábra. A komparátor/terhelés áramkör blokkvázlata*

## 2. ÉLGENERÁTOROK

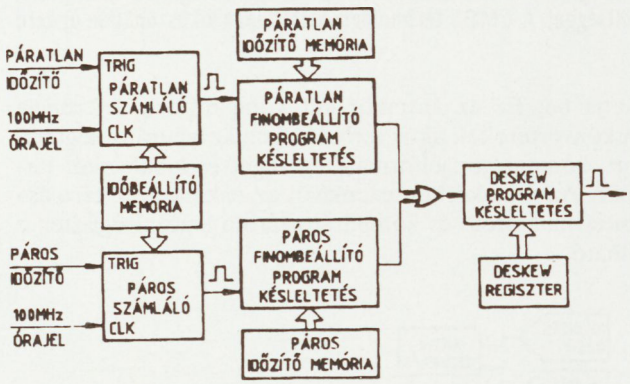
Öt független élgenerátor található a rendszerben, amelyek a következő műveleteket vezérlik: a meghajtó átmenete a logikai „1" állapotba, a meghajtó átmenete a „0" állapotba, a meghajtó átmenete a „tiltott" állapotba, a meghajtó átmenete a „tiltott" állapotból és a komparálás engedélyezése. A 3. ábra az egyes élgenerátorok áramköreit mutatja be: a három időzítő memóriát, a két 100 MHz-es számlálót, a két nagyfelbontású késleltetésszabályzót és egy nagy átfogású időzítő (deskew) áramkört.

A 100 MHz-es, 10 bites számlálók a 10 $\mu$s-os tartományban 10 ns-os élpozicionálási felbontást biztosítanak. A finombeállító névlegesen 40 ps-os felbontása lehetővé teszi az élek pozicionálását az órajel ciklusok közé is. A programozható együttfutási késleltetés olyan rögzített beállítási lehetőség, amely a fő funkciók közötti időeltolódás kompenzálását végzi. Az időzítő memóriák a funkcionális mérések végrehajtása közben négy különböző pozíció közötti átkapcsolást teszik lehetővé az élek elhelyezésére („on-the-fly" időzítés).

Az első tesztelési ciklusban a „PÁRATLAN IDŐZÍTŐ" jel hatására a „PÁRATLAN SZÁMLÁLÓ" egy olyan szá-

* A cikk megjelent: Proc. of Int. Test Conference 1988. Washington DC.,

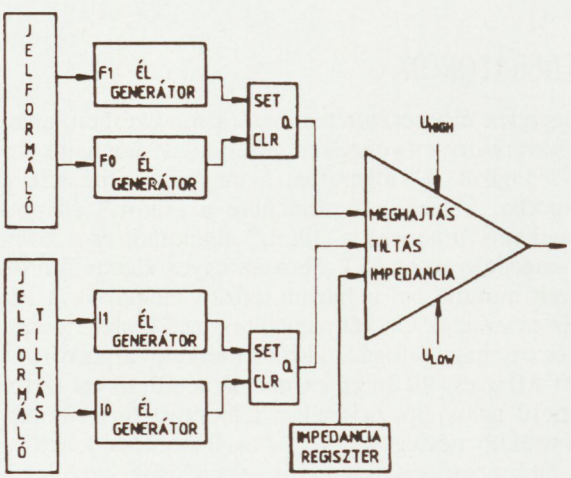
mot olvas ki az időzítő, ill. finom időbeállító memóriából, amely meghatározza, hogy az él mikor álljon elő. Amikor a számláló eléri a zérus értéket, egy impulzust küld a finombeállító késleltetőn keresztül, amely lehetővé teszi, hogy az éleket a 10 ns-os számláló ciklusok közé is elhelyezhessük 40 ps-os felbontással. Az impulzus ezután a durva együttfutási késleltetés áramkörbe kerül. A második tesztelési ciklusban a „PÁROS IDŐZÍTŐ" jel a „PÁROS SZÁMLÁLÓT" indítja, és a további ciklusokban az időzítő jelek páratlan és a páros között váltakoznak. Ez lehetővé teszi, hogy a számlálók a teszter aktuális ciklusának határán túl, a következő ciklusban számoljanak („ciklusáthidalás").




*3. ábra. Az élgenerátorok áramkörei*

## 3. SZABÁLYOZHATÓ KÉSLELTETŐ EGYSÉG

A 4. ábra az élgenerátor programozható finom késleltető áramkörét mutatja be, amely inverterekből, kondenzátorokból, késleltető elemekből és kétbemenetű multiplexerekből áll. Az első három fokozat az invertereknél kapacitív terhelést használ, hogy így elérje a 100 ps-osnál

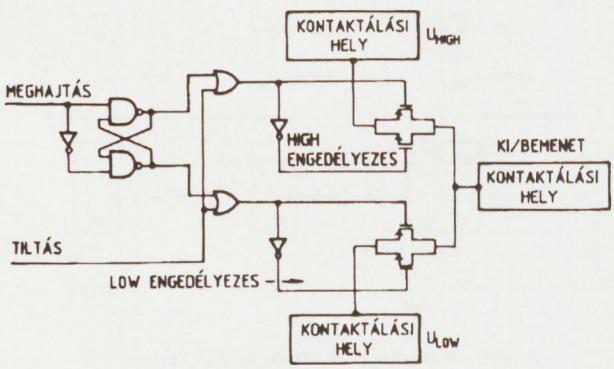



*4. ábra. A késleltetés programozható finombeállítója*

jobb minimális felbontást. Az utolsó öt késleltető fokozat neminvertáló kapcsolásból (buffer) épül fel. Bár az abszolút finombeállítási tartomány az áramkör-előállítási technológián belül jelentős mértékben változhat, a fokozatok közötti relatív késleltetések binárisan változnak. A kalibrációs program felméri az összes késleltetési útvonalat, és a 10 ns-os késleltetési tartománynak megfelelő késleltetéscsoportot választja ki. Ezeket az értékeket egy korrekciós táblázatban tároljuk, amely a kívánt késleltetéseket bináris kódokká képezi le, amelyek a finomkésleltető áramkörbe kerülnek. A páros és páratlan finombeállítók ugyanazon programozott késleltetési érték mellett különböző terjedési késleltetéssel rendelkezhetnek, ezért egy végső rendszer-együttfutási műveletet hajtunk végre, amelyben a megfelelő 10 ns-os „ablakot" választjuk ki az egyes finombeállító késleltetőkből a rendelkezésre álló mintegy 26 ns-os tartományból.

## 4. MEGHAJTÓ ÁRAMKÖR

Az 5. ábrán a Tektronix szabadalmazott integrált meghajtó és vezérlő logikájának egyszerűsített blokkvázlatát mutatjuk be. Az analóg meghajtó két CMOS áteresztő kapuból áll. Érvényes tiltó jel (TILTÁS = 1) esetén mindkét áteresztő kapu kikapcsolt állapotba, és így a meghajtó nagy impedanciájú állapotba kerül, azaz lekapcsolódik a mérőberendezés ki/bemeneti vonaláról. Ha a meghajtó nincs letiltva, a MEGHAJTÁS bemenetre adott logikai „1" érték a felső áteresztő kaput bekapcsolja, és ezzel a $U_{HIGH}$ magas feszültségszintet vezeti a mérőberendezés ki/bemeneti vonalára az áteresztő kapu névleges impedanciáján keresztül. Amikor a MEGHAJTÁS bemenet logikai „0" állapotban van, az alsó áteresztő bekapcsol, és így a $U_{LOW}$ szint kerül a ki/bemeneti vonalra. A meghajtó jel fel- és lefutási ideje 1,6 ns, amely közel független a feszültség amplitúdójától. A 75 ohmos rezisztív terhelésre kapcsolt CMOS meghajtóval elérhető minimális impulzusszélesség olyan, hogy ha a meghajtó impulzus az 50 %-os pontban 2 ns széles, akkor eléri a programozott magas szint 90 %-át.




*5. ábra. Az integrált meghajtó egyszerűsített blokkvázlata*

## 5. A MEGHAJTÓ ÁRAMKÖR TRANSZFER KAPUI

A meghajtó áteresztő kapui párhuzamosan kapcsolt P- és N-csatornás MOSFET tranzisztorokból épülnek fel, és így mindkét áteresztő kapu a meghajtó teljes feszültségtartományában (0. . . +5,5 V) működőképes. Az előállítási technológia miatt a csatornahosszban bekövetkező kis változás is jelentős változást okoz az áteresztő kapu impedanciájában. E változások kiküszöbölésére az egyes kapukat kis, párhuzamosan kapcsolt áteresztő kapukból építettük

fel. Programból vezérelhető módon az aktív tranzisztorok száma változtatható, és ez lehetővé teszi az áteresztő kapu impedanciájának beállítását. A P- és az N-csatornás tranzisztor szélességének egymáshoz való viszonyával beállítható a működési feszültség-tartományban az áteresztő kapu minimális ellenállás-változása, de a kapu ellenállása a programozott feszültségszinttől függően is változik. E változások kompenzálására egy szoftvertáblázatból vett érték állítja be a meghajtó impedanciát, ha a meghajtó szinteket a kalibrált értékektől (0 és 5,5 V) eltérőre programozzuk.

## 6. JELFORMÁK A MEGHAJTÓ ÁRAMKÖRBEN

A meghajtó a VLSI mérőberendezésekben szükséges szabványos jelformákat állítja elő: RZ, invertált RZ, NRZ, késleltetett NRZ, invertált NRZ, késleltetett és invertált NRZ. Egy további mód, az ún. Double Pulse Format, az I0 és I1 időzítő generátorokat használja, amelyek az F1 és F0 generátorok egy külön csoportja és szokásosan a meghajtó tiltását vezérlik (lásd 1. ábra). Ha a meghajtó tiltási funkcióját nem engedélyezzük, a Double Pulse Format lehetővé teszi, hogy a meghajtó maximálisan 100 MHz frekvenciájú órajel impulzusokat is előállítson. Ez a mérőberendezés kivezetésszámától függetlenül megvalósítható. A Surround-by-Complement formátum a Double Pulse üzemmódban állítható elő.

## 7. KOMPARÁTOROK

A komparátorok tervezésében a szabványos CMOS struktúrát alkalmaztuk. Az áramköröket a sebesség szempontjából optimalizáltuk, ezért minimális csatornahosszúságú (1,5 mikronos) eszközöket használtunk. Hasonló okokból az „1" szint komparátorának differenciális bemeneténél a feszültségtartományt 2,4...5,4 V-ra, míg a „0" szint komparátorának feszültségtartományát 0...2,5 V-ra korlátoztuk. Az olyan elemek méréseinél, ahol az „1" komparálási szint 2,4 V-nál kisebb vagy a „0" komparálási szint 2,5 V-nál nagyobb, kétlépcsős funkcionális méréssel állapítható meg a kimeneti feszültségszintek helyessége. A jellemző jelminta-generálási sebességnél ez a tény nem befolyásolja lényegesen a mérési időt (például 256.000 tesztvektor 50 MHz-es frekvenciával 5 ms-ot jelent).

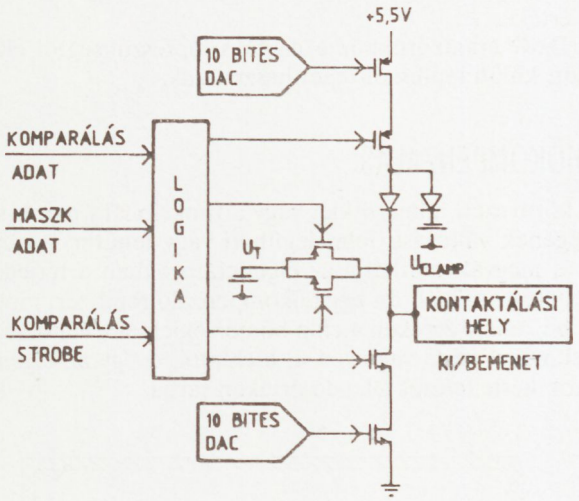
A minimális csatornahosszúságú eszközök alkalmazása a komparátor áramkörökben jelentős (néhányszor 10 mV-os) feszültséghibát és erősítéshibát okoz. Az erősítés és a feszültséghiba kiküszöbölésére egy teljes korrekciós keresőtáblát használunk, amely a kérdéses komparátor-feszültségeket bináris kóddá képezi le, amelyek a digitális analóg átalakítókba kerülnek.

Bár ezek a komparátorok 2 ns-os kimeneti impulzusokat is fogadnak a vizsgált áramkörből, de frekvenciamenetük lényegesen rosszabb, mint a bipoláris technológiával előállított hasonló áramköröké. A CMOS komparátorok kisebb sávszélessége nagyobb AC kalibrációs adatbázist igényel. Az egyes komparátoroknál egy AC időzítéskorrekciós táblázat tartozik mind a felfutó, mind a lefutó bemeneti jelformákhoz, amely a komparátorokon belüli aszimetrikus terjedési késleltetést kompenzálja. A CMOS komparátorok előnyei a következők:

- nem terhelik jelentősen a mérendő áramkör kimenetét (a bemeneti áramok a pA nagyságrendjébe esnek);
- az aktív terhelésekkel közös áramkörben helyezhetők el, vagyis nincs szükség külön áramkörre a kapacitív terhelés megvalósítására;
- teljesítményfelvételük 100 mV-nál kisebb.

## 8. AKTÍV TERHELÉS

A Tektronix szabadalmaztatott aktív terhelés áramköre (6. ábra) egy felhúzó, egy lehúzó áramforrásból és egy áteresztő kapuból áll, amely a harmadik állapot mérésére szolgál. A felhúzó és a lehúzó áramforrás két-két tranzisztorból áll: az egyik tranzisztort a 10 bites DAC-ból érkező adat alapján az áramérték beállítására használjuk, míg a másik tranzisztorral az áramforrást tilthatjuk le.




*6. ábra. Az aktív terhelés áramköre*

A klasszikus dióda-hidas referenciafeszültség-kapcsolás helyett a következő elvet követtük: a terhelő áramforrások és az áteresztő kapu ellenállása a következő tesztelési ciklus komparálási és maszkolási adatai alapján be-, illetve kikapcsolhatók. Amint az aktuális ciklusban megtörtént a komparálás, a terhelés megfelelő állásba kapcsolható, hogy a következő ciklusra a megfelelő terhelést biztosítsuk.

Ha a vizsgált áramkör tápfeszültsége kisebb a komparátorban alkalmazott 5,5 V-os tápfeszültségnél, és a vizsgált áramkör kimeneti szintje magas, amikor a komparátor felhúzó aktív terhelése engedélyezett, a vizsgált áramkör védődiódáira nyitóirányú előfeszítés kerülhet. E lehetőség kiküszöbölésére két diódát és egy referencia feszültségforrást ($U_{CLAMP}$) építettünk be a felhúzó terhelő áramkörbe. Ha a ki/bemeneti pont feszültsége meghaladja az állítható $V_{CLAMP}$ feszültséget, a terhelő áram nem a ki/bemeneti pont, hanem az $U_{CLAMP}$ referencia feszültségforrás felé fog folyni. Az $U_{CLAMP}$ forrás szokásos beállítási értéke a mérendő áramkör tápfeszültsége.

Mivel az aktív terhelés integrált kivitelű, kapacitása kicsi, és az egyes állapotok közötti átkapcsolás nagyon gyors. Az áramforrások kimeneti impedanciája (dV/dI) azonban kisebb, mint a szokásos áramforrásoké. Ennek kompenzálására az áramforrásokat a felhasználó által megadható feszültségszinten kalibráljuk, amely így pontos aktív terhelést szolgáltat a nagy tömegű go/no-go vizsgálatokhoz. A még nagyobb pontosságot igénylő mérésekhez a mérőberendezés speciális paramétermérő egységeit használhatjuk.

## 9. DIGITÁLIS-ANALÓG ÁTALAKÍTÓK

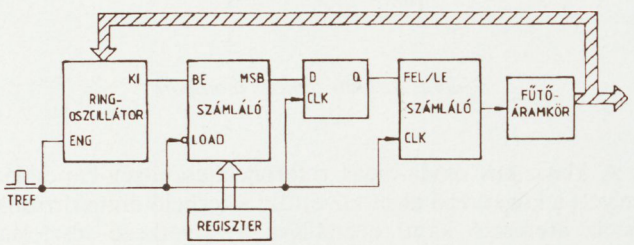
A komparátor/terhelés áramkör négy digitális/analóg átalakítót (DAC) tartalmaz: két 8 bites DAC tartozik az „1" és a „0" komparálási szinthez, és két 10 bites DAC állítja be a felhúzó és a lehúzó aktív terhelés áramértékét. A DAC áramkörökben az egyszerű R-2R létrastruktúrát alkalmaztuk, amely a megfelelő CMOS tranzisztor bemenetét vezérli. Mivel minden komparálási szint és terhelőáram pontos értékét korrekciós táblázat segítségével állítjuk be, nem lényeges, hogy a DAC monoton vagy hogy az erősítési hiba kicsi legyen. A digitális/analóg átalakítókkal szembeni követelmények a következők:

- fogják át a kívánt feszültségtartományt;
- a programozható feszültségben a lépcsők nagysága ne legyen nagyobb, mint a legkisebb helyiértékű bit értéke.

A DAC áramkörökhöz a digitális tápfeszültségtől elválasztott külön tápfeszültséget használunk.

## 10. HŐKOMPENZÁLÁS

A környezeti hőmérséklet vagy a funkcionális mérés sebességének változása felmelegítheti vagy lehűtheti a chipet, és megváltoztathatja az élgenerátorokban a terjedési késleltetést. A 7. ábrán egy hőkompenzáló rendszert mutatunk be, amely érzékeli a chip hőmérsékletének változását, teljesítményt ad le vagy von el a chiptől, és így az élgenerátorok késleltetését állandó értéken tartja.




*7. ábra. A hőkompenzáló rendszer vázlata*

A hőkompenzáló rendszer egy gyűrűs oszcillátorból, egy bináris számlálóból és a hozzá tartozó regiszterből, a számláló legnagyobb helyiértékű kimenetének (MSB) tárolására egy billenőkörből, egy fel/le számlálóból, valamint egy fűtőelemből áll. Az áramkör két passzív alkotórésze a termikusan vezető chip (és a fémvezetőkeret), amely a fűtőelem által előállított hőt szállítja a chip körül, amely lehetővé teszi a chip hőmérsékletének növelését a környezeti hőmérséklethez képest.

A gyűrűs oszcillátort az áramkörön belüli késleltetés mérésére használjuk. Az oszcillátor engedélyezését egy pontos referenciajel (TREF) végzi. A TREF olyan ismétlődő impulzus, amelynek „1" szintje elegendően hosszú ahhoz, hogy a gyűrűs oszcillátor sok impulzust állítson elő. A számláló a gyűrűs oszcillátor által egy TREF periódusban előállított impulzusok számát hasonlítja össze a regiszterben tárolt kalibrált értékkel. A TREF impulzus kezdetekor ebből a számlálóba egy olyan értéket töltünk a regiszterből, amely a rendszer havonta kalibrált értékének felel meg. A gyűrűs oszcillátor minden egyes impulzusa a számláló értékét eggyel csökkenti, és a TREF impulzus végén a számlálóban maradt szám a kalibrált (kívánt) impulzusszám és a tényleges impulzusszám közötti különbséget adja. Ezt az információt a fel/le számláló előre vagy hátra léptetésre használjuk. Ez a számláló a fűtőáramkört vezérli. A fűtőáramkör MOS tranzisztorokból áll, amelyek a táp- és a földvezetékeken csatlakoznak egymáshoz. A tranzisztorok méretei (csatornaszélesség) bináris lépésekben változnak, és így a fel/le számlálóban lévő szám lineárisan vezérli a fűtőáramkörön átfolyó áram mennyiségét. A fűtőáramkörben előállított teljesítmény fűti vagy hűti a chipet, amely így egy visszacsatolást jelent, és ez közvetlenül befolyásolja a gyűrűs oszcillátor terjedési késleltetését.

Tegyük fel, hogy a terjedési késleltetés a kalibrációs idő miatt az áramkörben csökkent, a számláló negatív számig számolt, mielőtt a referenciaimpulzus vége megérkezett volna. Amikor a TREF lefutó éle megérkezik, egy logikai „1" érték kerül a billenőkörbe. A következő referenciaimpulzus kezdetekor ezt az adatot használjuk a fel/le számláló eggyel előre léptetésére, ezzel kissé növelve a chip hőmérsékletét. Ez növeli a gyűrűs oszcillátor terjedési késleltetését, így csökken a TREF perióduson belül a számláló által számlált impulzusszám, azaz a számláló nem számol 0-nál tovább a TREF periódusban.

Ha nagyszámú referenciaimpulzus érkezik, mielőtt a fűtőelemnél szükséges hőmérsékletnövekedés végighaladhatna a chipen a gyűrűs oszcillátorig, a fűtőregiszter értéke az egyensúlyi értéken túl többször növekedhet (vagy csökkenhet). Ilyenkor a fűtőregiszterben lévő értékek vagy igen nagy, vagy igen kis értékek között oszcillálhatnak. Az áramkör stabilitása a TREF impulzusok frekvenciájának beállításával biztosítható, és így az oszcilláció elfogadható szintre csökkenthető. A lassú (1 MHz-es) funkcionális mérés nem melegíti fel jelentősen a meghajtó áramköri chipet, és ezt időzítési referenciaként használhatjuk. Az időzítés eltolódása a 100 MHz-es kompenzálatlan meghajtónál kb. 1,6 ns. Az időzítés eltolódása a 100 MHz-es kompenzált meghajtónál 200 ps-nál kisebb, azaz közel egy nagyságrendű javulást értünk el az időzítés pontosságában.

## 11. TERVEZÉSI ELJÁRÁS

Saját, standard cellatervezési eszközeinket és cellakönyvtárunkat használtuk. A meghajtó, a terhelés, a digital-analóg átalakítók és a késleltetés finombeállító elemei, amelyekből standard, ill. ki/bemeneti cellákat alakítottunk ki, saját tervezésűek. Az összes standard, ill. ki/bemeneti cellát kézi módszerrel helyeztük el, hogy biztosítsuk az áramkör 100 MHz-es működését, és hogy a késleltetések kézben tarthatóbbak legyenek. A cellák elhelyezése után egy program automatikusan elhelyezte az összeköttetéseket, amelyhez kétrétegű fémezést használtunk. A végső tervben néhányszor módosítani kellett az elrendezést. Mielőtt a terveket próbagyártásba adtuk volna, a maszk adatbázisból kigyűjtöttük az összeköttetési listákat, és funkcionálisan, tranzisztor szinten újra szimuláltuk az áramköröket. Az első prototípusok gyors elkészítésében nagy szerepet játszott, hogy helyben végezhettük a tervezést, a szimulálást, a standard és a ki/bemeneti cellák elhelyezését.

## 12. KÖVETKEZTETÉSEK

A meghajtó nagy teljesítményű, pontos időzítésű és alakhű jelalakokat képes előállítani a vizsgált áramkör beme-

netén. Egy nagyobb AC kalibrációs adatbázis segítségével javítjuk a CMOS komparátorok rosszabb frekvenciamenetét. Az integrált aktív terhelőáramkör kiválóan megfelel a gyors, nagytömegű go/no-go mérésekhez, a valóságos terhelési környezetet megfelelően utánozza. A hőkompenzált élgenerátorok a VLSI mérőberendezésekben szükséges nanoszekundum alatti időzítési pontosságot biztosítanak. Megmutattuk, hogy az analóg funkciók pontossága új tervezési eljárásokkal és kalibrációs módszerrel sikeresen kiküszöbölhető. A cikkben leírt integrált pinelektronika lehetővé teszi olyan VLSI mérőberendezés előállítását, amelyben a mérendő áramkör kivezetéseinél 1280 élgenerátor, 512 komparátor, 1024 DAC, 256 meghajtó és 256 terhelő áramkör helyezhető el. Bár ezek az áramkörök 100 MHz-en működnek, hűtésük áramoltatott levegővel könnyen megoldható. Mivel a csatornánként szükséges alkatrészek mindössze két CMOS áramkörben helyezkednek el, a gyártási költségek mérsékeltek. A mérőberendezés pin-elektronikájának és időzítő funkcióinak integrálása azzal a számottevő előnnyel jár, hogy az AC és a DC kalibrálás gyakorlatilag teljesen automatikus. A mérőfejen belül nincs kézzel állítható alkatrész. Meggyőződésünk, hogy nagy lehetőség rejlik a VLSI mérőberendezések funkcióinak akár még magasabb fokú integrálásában, amely tovább csökkentheti a mérőrendszerek költségeit, és növelheti a mérőrendszer megbízhatóságát.

## MEGJEGYZÉS

A cikkben leírt áramkörök egyes részletei szabadalmi bejelentés alatt állnak.

## IRODALOM


[1] M. Dahl, "Closed-Loop Error Correction: A Unique Approach to Test System Calibration", *Proceedings of the 1987 International Test conference*, pp. 772–778.

[2] Steven Sullivan and Chris Branson, "Adjustable Impedance Driver Network", *U.S. Patent No. 4*, 707, 620, November 1987

[3] Chris Branson and Steven Sullivan, "Active Load Network", *U.S. Patent No. 4*, 712, 058, December 1987


# INTEGRATED PIN-ELECTRONICS FOR A VLSI TEST SYSTEMS


C. BRANSON, D. MURRAY and S. SULLIVAN

TETRONIX, INC., SEMICONDUCTOR TEST SYSTEMS DIVISON



Drivers, comparators, active loads, and per-pin timing circuitry for a VLSI test system are placed in two CMOS integrated circuits. This level of integration allows fast, low capacitance pin electronics to be manufactured at relatively low cost. Novel design and calibration techniques are used to overcome limitations of CMOS technology.

# BEÉPÍTETT BOUNDARY-SCAN TESZT ÁRAMKÖR ÉS ALKALMAZÁSA*

LOUIS Y. UNGAR

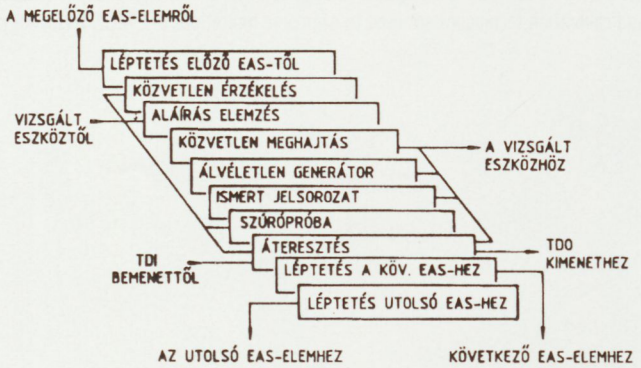
A.T.E. SOLUTIONS, INC.
323 PERSING DRIVE PLAYA DEL REY
CALIFORNIA 90293, USA

**A cikk a BITES (Built-In Test Exerciser and Sensor) beépített tesztáramkör működését mutatja be a JTAG/IEEE 1149.1 számú szabvány alapján. Megvizsgálja, hogy a BITES áramkör hogyan használható áramköri lapok esetén boundary-scan funkciókra, beleértve alkalmazásukat boundary-scan cellaként, teszthozzáférési vonalként (Test Access Port, TAP), valamint vezérlőként. Ennek során részletesen foglalkozik a többfunkciós, sokoldalúan felhasználható teszt végrehajtó/érzékelő (Exerciser and Sensors, EAS) elemek működésével. Ezt követően a cikk a BITES áramkörnek a felhasználóorientált integrált áramkörökbe (Application Specific Integrated Circuit, ASIC) való beépítési lehetőséget tekinti át és végül összefoglalja a módszer előnyeit.**

## 1. A BOUNDARY-SCAN TESZTELÉSI ELJÁRÁS ÉS A SZABVÁNYOK

A boundary-scan a tesztelés egy különleges módja, amely a közelmúltban nagyfokú népszerűséget ért el, különösen a szabványosítás igénye folytán. A szabványosítás a JTAG (Joint TestAction Group) és az IEEE társaságok által JTAG/IEEE 1149.1 szám alatt megtörtént.

A boundary-scan cellák az ellenőrzési útvonalak mentén, az integrált áramkörök kivezetéseinél helyezkednek el (1. ábra). A cellák, amelyek a kivezetések állapotát tárolják, láncba kötve léptetőregiszterként az adatok továbbítására képesek.




*1. ábra. Boundary-scan cellák elhelyezkedése az integrált áramkör ki-, ill. bemenetein*

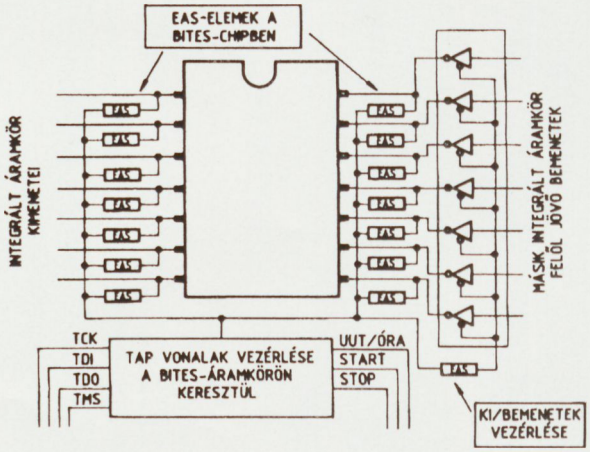
A BS-cellák vezérléséhez négy vonal szükséges. A TDI (Test Data In) vonalon érkezik valamely külső forrásból a tesztadat, amely az első cellába íródik be. A TDO (Test Data Out) a láncban utolsó tesztadatot továbbítja egy külső berendezésre. A TCK (Test Clock) az ellenőrzési útvonal által használt órajel, míg a TMS (Test Mode Select) vonal a működési módot jelöli ki. A fenti négy vonal alkotja az ún. TAP (Test Access Port) vonalakat. Végül a TRST (Test Reset) jel, amely az 1. ábrán nincs feltüntetve, az áramkört alaphelyzetbe állítja.

A boundary-scan módszer alkalmas a BS-cellákkal felszerelt integrált áramkörök elkülönítésére, megfigyelésére és vezérlésére. Nem képes azonban az áramköri lapok funkcióinak ellenőrzésére az üzemi sebesség mellett, és emiatt használata csak a katasztrofális hibák behatárolására szorítkozik.

## 2. A BITES ÁRAMKÖR MINT EGYCHIPES BEÉPÍTETT TESZTER

A közelmúltban egy új eszköz, a beépített tesztáramkör (Built-In Test Exerciser and Sensor, BITES) bevezetésére került sor [5]. Az alapkiépítésű BITES áramkör egy 84 kivezetéses chip, amely 64 meghajtó/érzékelő kivezetéssel rendelkezik. Elsődleges célja az önálló tesztelés és a működési sebesség melletti hibabehatárolás. A BITES áramkör tehát egy olyan egychipes teszter, amely vagy egy áramköri lapra, vagy egy ASIC áramkörbe építhető be. Vezetését külsőleg (például személyi számítógéppel, telefon modemen keresztül) vagy belsőleg (például az áramköri lapon elhelyezett mikroprocesszorral) biztosíthatjuk. Az adatforgalom a szabványos 4 vonalas sínen (TDI, TDO, TCK és TMS) valósul meg.

### *2.1. A tesztvégrehajtó/érzékelő áramkörök működése*




*2. ábra. A BITES áramkörön belüli EAS elemek funkciói*

* A cikk megjelent: Proc. of ATE & Instrumentation Conf. 1991, Anaheim, California, pp. 32–47.

A BITES áramkör lényegét a 64 meghajtó/érzékelő többfunkciós működése jellemzi, amelyeket a vizsgált egység (Unit Under Test, UUT) kiválasztott csomópontjaira adott gerjesztések előállítására és az onnan érkező válaszok értékesítésére használunk. Átkonfigurálásukkal számos üzemmód választható ki a vizsgált egység meghajtására és a válaszok kiértékelésére, elnevezésük ezért tesztvégrehajtók/érzékelők (Exercisers And Sensors, EAS). Az EAS elemek funkcióikat 64 bit szélességű regisztereken belül hajtják végre. A 2. ábra az EAS elemek működésének tíz üzemmódját mutatja be, amelyek bármelyike a vezérlő számítógépről tetszőleges időpontban kiválasztható.

## 2.2. Tesztérzékelő áramkörök

A tesztérzékelő áramkör négy funkciója a közvetlen érzékelés, az aláírás-elemzés, a szúrópróba és az áteresztő funkció. A tápfeszültség bekapcsolásakor, ha másképp nem definiáljuk, minden EAS elem az alapbeállítás szerinti aláírás-elemzés funkciót hajtja végre. A vizsgált egység „mester" órajeléhez szinkronizált EAS elem tömöríti a vizsgált egység azon bitsorozatait, amelyeket egy ciklus alatt érzékel. A hibás választ adó EAS elemek lekérdezésével, ill. szükség szerinti átkonfigurálásával a hiba oka megállapítható.

Mind a közvetlen érzékelés, mind a szúrópróba funkcióban az EAS elemek a vizsgált egység 16 bites adatait érzékelik. A művelet vagy a vizsgált egység „mester" órajeléhez (Unit Clock, UCK), vagy a vezérlő számítógép lassúbb órajeléhez (TCK) szinkronizálható. A két funkció közötti különbség a 17. bitnél jelentkezik. Szúrópróbánál az aktuális adat, valamint a megelőző 15 órajelciklusból származó adat mentődik el. Közvetlen érzékelésnél az új adatok fogadása a 16. órajelciklus után leáll. A 16. bit utáni érzékeléshez ezért az EAS elemet előbb törölni kell. Ez úgy történik, hogy az EAS elem adatát a TDO vonal segítségével beolvassuk a vezérlő számítógépbe, vagy tartalmát a következő EAS elembe továbbítjuk.

Az áteresztő funkcióban a kiválasztott bemenet (a vizsgált egység csomópontja vagy a BITES áramkör TDI vonala) adata változtatás nélkül a TDO vonalára továbbítódik.

## 2.3. Tesztvégrehajtó áramkörök

Az EAS elem a következő négy funkció valamelyikével bocsát jeleket a vizsgált egység csomópontjára: közvetlen meghajtás, álvéletlen jelgenerátor (Pseudo Random Signal Generator, PRSG), ismert jelsorozat és áteresztő funkció.

A PRSG nagyszámú vizsgálati minta előállítására alkalmas. Eichelberger és Lindbloom [3] például 95%-nál jobb hibafelderítést ért el mindössze tízezer álvéletlen vizsgálati mintával egy 1000 logikai kaput tartalmazó áramkörön.

Az álvéletlen minták hatékonyságának növelésére néhány csomópontot először kezdeti értékre kell állítani. Ezeket a feltételeket a közvetlen meghajtó üzemmód segítségével valósíthatjuk meg. Egy EAS elemből 16-bit adat érhető el. Új adatok vagy az előző EAS elemből, vagy a TDI vonalról olvashatók be. Az EAS elem tartalmának ismételt kiolvasása egy 16 bites jelsorozatot eredményez, amely így függvénygenerátorként működik. A bitek számát a vezérlő számítógépről definiálhatjuk.

Az áteresztő funkcióval a TDI vonal adatait juttathatjuk közvetlenül a vizsgált egység csomópontjára.

## 2.4. Adatáttöltés

Minden EAS elem saját tartalmát a következő EAS elem 16 bites regiszterébe töltheti, ilymódon bővítve a tárolási kapacitást. Mivel ez az áttöltés felülírhatja a következő EAS elem információit, ezt a műveletet csak akkor használjuk, ha hibakeresést hajtunk végre. Az áttöltés számos egymás utáni EAS elemnél egyidejűleg megvalósítható, amelynek során csak a legmagasabb számú EAS elem veszti el tartalmát. Egy EAS elem tartalma nemcsak a következő, hanem az utolsó, vagyis a 64. EAS elembe is betölthető, és így a közbenső EAS elemek tartalma változatlan marad. A 64. elem tartalma csak az első EAS elembe tölthető át.

## 2.5. Tervezés a BITES áramkör alkalmazásával

A tesztelés megtervezésekor a vizsgált áramkört particionáljuk, amelyekhez aztán a tesztvégrehajtó/érzékelő áramkörök csatlakoznak. Ezen partíciók elhelyezkedésének feltétele, hogy a vizsgált egységben a BITES áramkör minden partíciónál képes legyen hibabehatárolásra. Általában nem szükséges, hogy minden partíció perifériáján egy EAS elemet helyezzünk el [4], viszont egy EAS elem kapcsolódhat egy olyan ponthoz is, amely egyébként nem csatlakozik más partícióhoz.

A tervezőnek azt is el kell döntenie, hogy a vizsgálati sorozaton belül egy adott EAS elemet meghajtóként, érzékelőként vagy mindkét funkcióban kíván használni. A visszairányú vezérlés elkerülése érdekében háromállapotú kimeneteleket kell használni, illetve ahol ez lehetséges, az EAS elemeket az integrált áramkörök háromállapotú kivezetésein kell elhelyezni. Valamennyi EAS elem kimenete háromállapotú.

A BITES áramkörre három további jel kapcsolódik: a vizsgálandó egység órajele (CLK) és két vezérlőjel a vizsgálandó egységről (START és STOP). Ezek a jelek a BITES áramkör számára dinamikus (vagyis az üzemi sebességen végzett) funkcionális ellenőrzések megvalósítását teszik lehetővé. A tervezőnek ezeket a jeleket úgy kell használnia, hogy a szinkron START és a szinkron STOP jel között egy teljes funkcionális ciklus jöjjön létre.

## 2.6. Hibabehatárolás az EAS elemek segítségével

Alapbeállításban az összes EAS elem aláírás-elemzés üzemmódban működik. Minden hibás aláírást tartalmazó EAS elem hibás jeleknek kellett keresztülmennie, így többnyire már ebből is megállapítható a hiba oka. Ha mégsem, úgy néhány EAS elemet átkonfigurálhatunk közvetlen meghajtóvá, közvetlen érzékelővé, álvéletlen jelgenerátorrá vagy egyéb üzemmódba. Így minden partíció függetlenül vizsgálható.

Minden EAS elem a műveleteket vagy a vizsgált egység órajeléhez, vagy a vezérlő számítógép órajeléhez szinkronizálva hajtja végre. Az előbbi valós idejű működést eredményez. A lassúbb TCK órajellel a szinkron jelek vizsgálhatók.

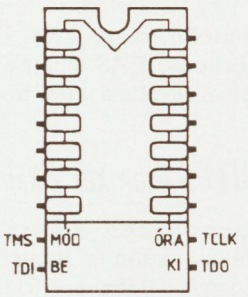
# 3. BOUNDARY-SCAN FUNKCIÓK MEGVALÓSÍTÁSA AZ ÁRAMKÖRI LAPON ELHELYEZETT BITES ÁRAMKÖR SEGÍTSÉGÉVEL

A 3. ábra azt mutatja be, hogy a szabvány előírásai

hogyan teljesíthetők a BITES áramkörrel. A példán az integrált áramkör összes bemenetelét annak jobb oldalán, míg összes kimenetelét a bal oldalon tüntettük fel.

### 3.1. Az EAS elemek alkalmazása regiszterként

A 3. ábrán látható integrált áramkörnél az áramköri kivezetések külső oldalán helyezkednek el az EAS elemek.




*3. ábra. A BITES áramkör használata a JTAG/IEEE 1149.1 szabvány szerint*

Ezek az 1. ábrán látható boundary-scan cellák (BSC) helyettesítéseként foghatók fel, de az áramkörön kívül elhelyezve és olyan jellemzőkkel, amelyek a szokásos BS-celláknál nem állnak rendelkezésre.

Az EAS elemek 16 bites regiszterek, így az egybites BS-cellával szemben egy boundary-scan regiszternek tekinthetők. Ez számos további előnnyel jár, beleértve egy tetszőleges ki/bemenet utolsó 16 állapotának előhívási lehetőségét. Ilymódon egy EAS elem 16 tesztvektorral is dolgozhat. Az EAS elemek ugyanígy 16 bites szavakat továbbíthatnak a szomszédos EAS elemekhez. Ez lényeges további előny a BS-cellával szemben, amelynél a teljes útvonal „végigjárása" után férhetünk csak hozzá a TDO vonalhoz, hogy az EAS elemek tartalma a vezérlő számítógépbe tölthető legyen.

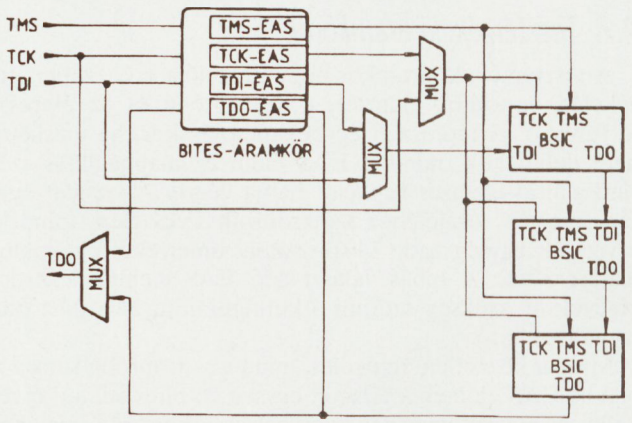
A vizsgált egység órajelét használva, a teszt az egység működési sebességével játszódik le. Ha EAS elemeket használunk az integrált áramkör ki/bemeneteleinek vezérlésére, háromállapotú kimeneteket kell alkalmaznunk, hogy a vonalon a más áramkörökből származó vezérlések hatását kiküszöböljük. Ilyenkor egy vezérlő WAS elem használható a háromállapotú kimenetek kijelölésére. Az EAS elemekkel így körülvett integrált áramkörön a beépített öntesztnek (BIST) megfelelő teljes vizsgálat végrehajtható.

### 3.2. A BITES áramkör használata a TAP vonalak előállítására

A BITES áramkörnél a TCK, TDI és TDO vonalak azonos módon viselkednek, mint a boundary-scan funkciókkal ellátott integrált áramkörök (BSIC áramkörök) megfelelő vonalai. Mivel azonban a BITES áramkör jóval több funkciót lát el, mint a boundary-scan cellák, ezért a TMS jel vezérlése kissé eltérő.

A BITES áramkör sokféle módon használható a BSIC áramkörök TAP vonalainak előállítására. A 4. ábra három BSIC áramkör soros bekötését mutatja be. Ebben az esetben az összes BSIC áramkör egyetlen, közös TMS vonalat használ, amelyet ezen az ábrán egy EAS elem hoz létre (TMS–EAS). A BSIC áramkörök vezérlése független TMS vonallal is történhet, de ennek különböznie kell a BITES áramkör által használt TMS vonaltól. Egy EAS elem által létrehozott TMS vonal a BSIC áramkör számára egy helyi vezérlőegységet biztosít.

A TCK jel a vezérlő számítógép órajele, amelyre a BITES áramkör egy EAS elem elemet jelölhet ki (TCK–EAS). Ez nem túl előnyös, mivel az EAS elem a TCK jelnél lassúbb órajelet állít elő. A BITES áramkör azonban a multiplexeren keresztül használhatja a vizsgált egységből származó gyorsabb órajelet is bemenetként az EAS elemhez. Ebben az esetben a BSIC áramkör vizsgálata felgyorsul.




*4. ábra. A BITES áramkör használata TAP vonalak előállítására*

A TDI vonal adatai, amelyet egy tesztvektor generátor (pl. automatikus mérőrendszer, ATE) állít elő, a TCK órajel sebességével tölthetők be. Ha a célra egy EAS elemet használunk (TDI–EAS), akkor számos meghajtó funkciót valósíthatunk meg. A közvetlen meghajtó funkció 16 tesztvektort szolgáltat, míg a jelsorozat funkcióval ezeket a mintákat ismételhetjük. Az álvéletlen jelgenerátor funkció még nagyobb számú tesztvektor előállítására használható.

### 3.3. A BITES áramkör mint TAP-vezérlő

A BITES áramkör segítségével a TAP vonalakra megfelelő vezérlőjelet adva mind a tesztelés módjára vonatkozó utasítások, mind a tesztelési adatok beállíthatók. Az adatbevitel lényegében a TMS vonalon keresztül, az órajel ütemében sorosan történik. A legfontosabb üzemmódok az alapállapotba hozás, a tesztfuttatás, az utasításregiszterek feltöltése és az adatregiszter feltöltése, ill. kiolvasása.

## 4. A BITES ÁRAMKÖR BEÉPÍTÉSE FELHASZNÁLÓORIENTÁLT INTEGRÁLT ÁRAMKÖRÖKBE

Felhasználóorientált (ASIC) áramköröknél a BITES áramkört legkézenfekvőbb módon úgy alkalmazzuk, hogy az EAS elemeket boundary-scan regiszterként használva a particionált ASIC áramkör belső határán helyezzük el.

Az EAS elemek az egyszerű BS-cellával szemben jóval több kapuval rendelkeznek, és emellett jóval több lehetőséget is nyújtanak. A TAP vonalak vezérlését a BITES áramkör parancsprocesszorával valósíthatjuk meg, amely rendelkezik a négy TAP összeköttetéssel (TMS, TCK, TDI és TDO). Három további, a vizsgált egységről származó vonal használható még (START, STOP és UUT/CLK), ame-

lyek segítségével valós idejű funkcionális vizsgálat valósítható meg. Ezeket a jeleket az ASIC áramkörön belülről is származtathatjuk, és ebben az esetben nincs szükség járulékos ki/bemenetelekre.

### 4.1. Hibadetektálás és hibabehatárolás az ASIC áramkörökben

Az ASIC áramkör kiegészítése EAS elemekkel és a BITES áramkör parancsprocesszorával számos funkció végrehajtását teszi lehetővé. Az ASIC áramkör tervezése során megvalósíthatjuk azt, hogy a BITES áramkör egy speciális teszt üzemmódban működjék. Ebben az üzemmódban teljeskörű beépített önteszt (BIST) valósítható meg az ASIC áramkörön.

A szokásos integrált áramkörök esetében nincs szükség a hibabehatárolásra, mivel a hibás eszköz cseréje minden bizonnyal megoldja a problémát. Az ASIC áramkörök esetében a tervezés igazolása lényeges vizsgálati lépés. Az ASIC belsejében elhelyezett EAS elemekkel a hibabehatárolás megoldható. A BITES áramkör dinamikus jellemzői lehetővé teszik a tervezési hibák keresését a működési sebesség mellett.

### 4.2. Az áramköri lap vizsgálatának egyszerűsítése BITES áramkört tartalmazó ASIC áramkör használatával

Az ASIC áramkörön belül BITES áramkör az eddigieken túlmenően felhasználható az áramköri lapok vizsgálatára is. Az ASIC áramkör kimeneti vagy kétirányú kivezetéseinél elhelyezkedő EAS elemeket az áramköri lap TAP vonalainak vezérlésére alkalmazhatjuk, és velük beállíthatjuk a vizsgálathoz szükséges állapotokat. Erre az ad lehetőséget, hogy a BITES áramkör működése függetleníthető az ASIC áramkörétől, és ezért olyan vizsgálati lépéseket is előállíthatunk, amelyek figyelmen kívül hagyják az ASIC áramköreit.

Vizsgálati célból, a 3. ábrán látható kapcsolásnak a jobb oldalán lévő valamennyi bemenetét tegyük rövidzárba a bal oldalon lévő, megfelelő (szomszédos) kimenettel. Így lényegében kiemeltük az ASIC áramkört a lapról, és azt egy olyan foglalattal helyettesítettük, amelynek megfelelő kivezetései között rövidzár van. A foglalat virtuális ki/bemenetként szerepel, amelynek állapota a TDO vonalon keresztül közvetlenül a vezérlő számítógépbe olvasható be. Ezt az eljárást számos ASIC áramkörre megismételjük, s így az áramköri lap bonyolultsága csökkenthető, és ezzel a vizsgálati lépések száma is csökken.

## 5. KÖLTSÉGEK BITES ÁRAMKÖRÖK HASZNÁLATA ESETÉN

A *tervezési költségek* a BITES áramkör tervezését, az azt tartalmazó ASIC áramkör, illetve az áramköri lap járulékos tervezési költségeit foglalják magukban. A szabványos BITES áramkör beépítése egy ASIC áramkörbe további járulékos költséget jelent. Ugyancsak további költség a TAP regiszterek vagy a BS-cellák tervezése.

Az *önköltséget* a BITES áramkör alkalmazása esetén az áramköri lap járulékos alkatrészei, ill. az ASIC áramkör járulékos kapui jelentik. Egy szabványos, EAS elemekkel megvalósított 64 csatornás BITES áramkör chipje megközelítőleg 26000 kapuból áll, az egyes EAS elemekhez mintegy 250 kapu szükséges. Az ASIC alkalmazásában kevesebb csatornát tartalmazó változat is megfelelő. Például 32 darab EAS elem elegendő egy ASIC tesztelésére, míg három vagy négy csatorna szükséges a BITES áramkör TAP-vezérlőként való működéséhez.

Az áramköri lapon a BITES áramkör egy 84 kivezetéses tok elhelyezkedéséhez szükséges helyet igényel. Bizonyos alkalmazásokban, ahol az áramköri lap állandó ellenőrzése nem szükséges, a BITES áramkör elhagyható mindaddig, míg egy hibát nem észlelünk. De ennél a megoldásnál is követelmény a BITES áramköröknek a külső teszthez való hozzáférhetősége.

A kapusűrűség növekedésével célszerűvé válik a teljes BITES áramkör alkalmazása az ASIC áramkörben, de jelenleg csak a chip egy részét ajánlatos használni. A teljes áramkör (vagy még inkább ennek bővített, 128 csatornás formája) az áramkör lap szintű tesztelésében használható ki.

## 6. A BITES ÁRAMKÖR ALKALMAZÁSÁNAK ELŐNYEI

A BITES áramkör boundary-scan módszerként való alkalmazásának legfontosabb előnye, hogy a működési sebesség melletti funkcionális ellenőrzések is végrehajthatók, beleértve a hibadetektálást és hibabehatárolást is. Ez érinti a tervezőt, a mérési szakembereket és a javító mérnököt is.

A BITES áramkör a többfunkciós EAS elemekkel a tesztprogram kifejlesztési költségét csökkenti. Az EAS elemek hardver rugalmassága azonnal végrehajtható, összetett vizsgálatok megvalósítását teszi lehetővé. A BITES áramkör alkalmazása csökkenti az igényt egy komplex automatikus tesztelő nagyberendezés (ATE) iránt, vagy akár teljesen helyettesítheti is azt [5].

A *tervező* számára számos módon jelentkezik előny a BITES áramkör alkalmazásakor. Az EAS elemek jeleihez való csatlakoztatás megvalósítható anélkül, hogy az EAS elemeket a jel útvonalában kellene elhelyezni, ezáltal csökken a BS-cellák által okozott terjedési késleltetés. Az EAS elemeknek a stratégiai pontokban történő elhelyezésével az ASIC áramkör vagy az áramköri lap tervének igazolása, illetve a hibakeresés egyszerűbbé válik. Ezeket a vizsgálati pontokat dinamikusan is használhatjuk, így a hibák egyidejű behatárolása is lehetségessé válik.

A *tesztelő* szakember számára a BS-cellák kényelmetlenek, mivel a lehetséges vizsgálatok itt statikusak. A funkcionális méréseket, amelyek végső soron az áramkör helyes működését igazolják, külső tesztelő berendezések segítségével kell futtatni. A tesztvektorok betöltése és a válaszok összegyűjtése viszont terjedelmes és időigényes művelet.

A BITES áramkör funkcióinak alkalmazása egy ASIC áramkörben szintén többet nyújt a szabványban előírtnál. Az egybites BS-cella helyett a 16 bites EAS elemek használatából származó előnyök mellett a BITES áramkör az ASIC belső jeleinek ellenőrzését is biztosítja. Egyedi vizsgálati üzemmódok létrehozásával a tesztelés bonyolultsága lényegesen csökkenthető. Az EAS elemek a TAP vonalak vezérlésére is használhatók, és így az áramköri lap vizsgálata is megoldható az ASIC áramkörön belül.

A BITES áramkör alkalmazásából származó előnyök nagyon ígéretesek. A tervező mérnök számára áramköreik ellenőrzése és a hibakeresés egyszerűbb és pontosabb. A tesztelő szakemberek egy jóval átfogóbb és kevésbé költséges tesztprogram fejlesztésével ismerkedhetnek meg,

és sokféle tesztelési stratégia közül választhatnak anélkül, hogy ATE berendezéseket kellene igénybe venniük. A szervizes szakemberek távmérési és hibabehatárolási módszereket is alkalmazhatnak, így a végrehajtott vizsgálatok csökkennek vagy akár teljesen el is maradnak.

## IRODALOM


[1] Institute of Electrical and Electronics Engineers, *Test Access Port and Boundary-scan Architecture*, IEEE Standard 1149.1–1990.

[2] Hewlett–Packard Corp., *Designer's Guide to Signature Analysis*, Application Note 222, April 1977.

[3] Eichelberger, E. B. and Lindbloom, E., "Random-Pattern Coverage Enhancement and Diagnostics for LSSD Logic Self-Test", *IBM J. Res. Dev.*, Vol.27, No.3, May 1983, pp.265–272.

[4] Ungar, L. Y., *The Complete ATE Book*, Vol.1/2, A.T.E. Solutions, Inc., 1984.

[5] Ungar, L. Y., "Built-In Test to Replace Automatic Test Equipment", *Proc. Test Engineering Conf.*, 1990, pp.11–26.


# BOUNDARY-SCAN APPLICATION OF A SINGLE-CHIP BUILT-IN TESTER


L. Y. UNGAR

A. T. E. SOLUTIONS, INC.



The paper interoduces a new universal technique for implementing Built-In Test at the board level, called Built-In Test Exerciser and Sensor TM or BITES TM. BITES is a single-chip tester that contains 64 sophisticated driver/sensor channels, called exercisers and sensors, or EASs TM. EASs perform a number of test functions, including pseudo-random signal generation and signature analysis syncronized to the unit under test clock, resulting in the detection and fault isolation of dynamic faults.

**Louis Y. Ungar** Magyarországon született, de iskoláit már az Egyesült Államokban végezte. A Los Angeles-i UCLA egyetemen szerzett MS fokozatot, majd az űrrepüléssel kapcsolatos elektronikai problémákkal, tervezéssel és teszteléssel foglalkozott egy nagyobb fejlesztőcsoport vezetőjeként. 1981-ben önállósította magát, és megalapította az A.T.E. Solutions, Inc. vállalatot, amely mint konzultációs mérnöki iroda elsősorban logikai áramkörök öntesztjének kérdésével foglalkozik. Rendszeresen tart előadásokat és szervez tanfolyamokat a tesztelés korszerű módszereinek elterjesztésére. Több könyve, ill. cikke jelent meg, az American Society of Test Engineering elnökségének tagja.

# A KUTATÁS-FEJLESZTÉS ÁLLAMI TÁMOGATÁSA AZ EURÓPAI PIACGAZDASÁGBAN

## 1. BEVEZETÉS

A magyar gazdaság a kollapszus utáni első életjeleit adja. Ezek az életjelenségek azonban nem elegendőek a K + F szféra újraélesztéséhez. A terület beavatkozásra szorul. A gyógymód nem hagyhatja figyelmen kívül azt a környezetet, amelyben a hazai kutatás-fejlesztést újra kell szervezni. Ehhez kíván az alábbi írás néhány tapasztalatot közreadni, gondolat-magvakat (f)elvetni.

A magyar gazdaság átalakítása égetően szükségessé teszi egy olyan állami kutatás-fejlesztés politika kialakítását és működtetését, amely illeszkedik a piacgazdaság körülményeihez, nem zavarja a szabadversenyt, mégis meghagyja az állam legális beavatkozásának lehetőségét minden olyan helyzetben és területen, ahol ezt a közérdek megkívánja. Ennek az állami K + F politikának úgy kellene kialakulnia, hogy jogszabályai tekintetbe veszik az Európai Közösség jogrendjét és gyakorlatát. Ez az írás egy NSZK tanulmányút tapasztalatait foglalja össze. A szerzőnek alkalma volt tanulmányozni a teljes K + F állami folyamatot, a Szövetségi Kutatási és Technológiai Minisztériumtól, néhány ipari vállalkozáson át, a felsőoktatás K + F kapcsolatrendszeréig, illetve a piaci versenyt ellenőrző Szövetségi Kartellhivatalig. A tapasztalatokat nem útijelentésszerűen, hanem koncepcionálisan foglaljuk össze úgy, hogy ez hozzájárulhasson egy hazai középtávú elképzelés kialakításához. Nem titkolt és nem másodlagos célja az írásnak, hogy az érdekelt szakemberek és vezetőik (menedzsereik?) elképzeléseit szeretné orientálni a vállalkozói, eredményorientált szemlélet irányába. Ha Magyarország a régió átalakulásának éllovasa akar maradni, az ország és gazdasága nagyságrendjéhez igazodó K + F politikát kell kialakítania. Ennek eredményeként folyamatos technológiai megújulás remélhető a gazdaság mindazon területein, amelyek profitábilisak. E célokhoz kell igazítani a tudomány, az oktatás, az ipari fejlesztés szervezeti kereteit és tevékenységét.

A negyven éve működő NSZK kutatásfejlesztési gazdasági modell szolgai lemásolása életveszélyes és jelenleg lehetetlen számunkra. Működési filozófiája azonban több, mint megszívlelendő.

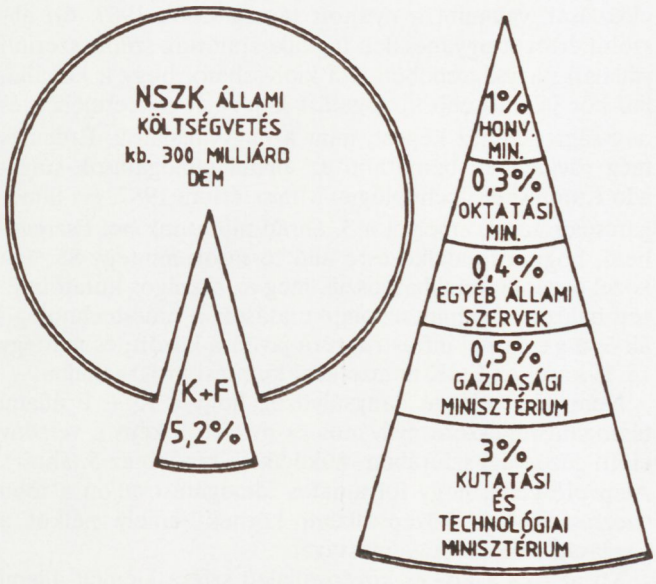
## 2. ÁLTALÁNOS ÁTTEKINTÉS

A szabad versenyen alapuló piacgazdaságban a cégek szuverén joga a kutatás és fejlesztés, és ebbe a szférába az állam csak ott és akkor avatkozik be, ha azt *a közérdek* indokolja, nevezetesen:

- átfogó nemzetgazdasági érdekek,
- politikai meggondolások,
- ahol a gazdasági szféra valamilyen oknál fogva nem végez hosszútávú K + F tevékenységet,
- megelőző jellegű közérdekű K + F (pl. környezetvédelem),
- K + F kockázat csökkentése, illetőleg átvállalása elsősorban kis- és középvállalatok támogatásával, ugyanis ezeknek a vállalatoknak a gazdasági növekedésben és a foglalkoztatottságban meghatározó szerepük van,
- az információáramlás elősegítése a K + F eredmények publikálásában,
- K + F tőkekihelyezés elsősorban a kis- és középvállalati szférába.

Az Európai Gazdasági Közösség meghatározó vezető államaiban a vállalkozási szféra olyan felépítésű, hogy néhányszor tíz multinacionális szupervállalat és kb. néhány 100-ra tehető nagyvállalat mellett több tízezer azon kis- és középvállalatok száma, amelyek egymással és a mammut-, valamint a nagyvállalatok beszállítóiként működnek együtt. Amíg a mammut- és a nagyvállalatok zöme közel teljes körű kutatási-fejlesztési háttérrel rendelkezik, addig a kis- és középvállalati kör sem teljes körű finanszírozási, sem technikai lehetőségekkel nem rendelkezik közvetlenül.

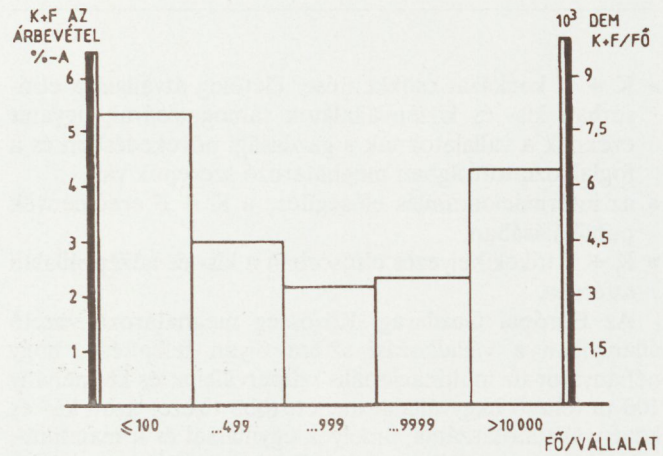
A Német Szövetségi Köztársaságban több, mint 30000 vállalat működik, és ezeknek alig 1 %-át teszik számszerűleg a nagy- és mammutvállalatok. Természetes, hogy a nemzeti jövedelemből való részesedés más arányokat mutat, de ennek elemzése nem e tanulmány témakörébe tartozik.




*1. ábra. Az NSZK költségvetése az ábrán bemutatott felosztású K + F költségvetési kerettel, átlag 35 %-os finanszírozási aránnyal összesen közel 40 milliárd DEM-et mozgósít évente célorientált kutatásra*

A Német Szövetségi Köztársaság költségvetésének 5 %-át fordítja kutatás-fejlesztésre. Az 1987. évi forrásokat

az 1. ábrán mutatjuk be. Látható, hogy a rendelkezésre álló összeg közel 60 %-át a kormányzat a Szövetségi Kutatási és Technológiai Minisztériumon keresztül juttatja a vállalkozókhoz, 20 % fölött a Hadügyi Minisztérium, további mintegy 20 %-nyi rész az Oktatási és Tudományos Minisztérium, a Gazdasági Minisztérium, valamint egyéb minisztériumok hozzájárulásából származik.



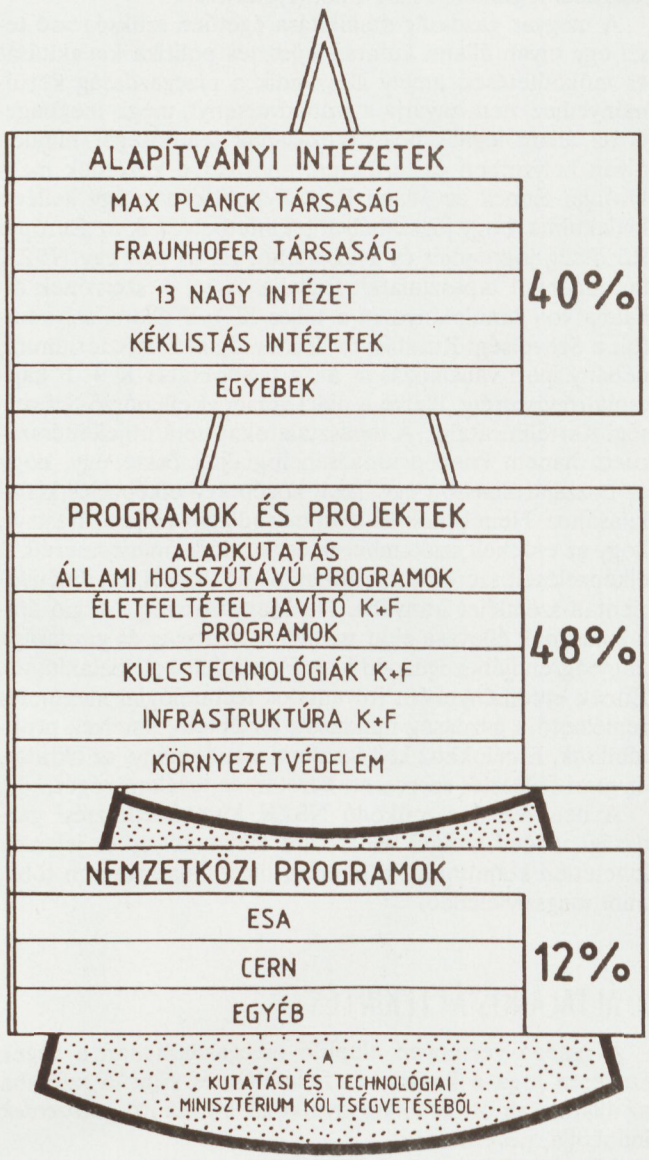

*2. ábra. Németországban az állami K + F politika eredményeként az 500 főnél nem nagyobb, kis- és középvállalatok fajlagos fejlesztési ráfordítása eléri vagy meghaladja a nagyvállalatokét*

A Német Szövetségi Kormány az 1950-es évek közepe óta támogatásaival elsősorban a kis- és középvállalati kört célozza meg, amely gyorsaságánál és rugalmasságánál fogva számos területen tud létrehozni csúcstechnológiákat, amelyekkel az egész gazdaság versenypozícióit javíthatja a nemzetközi piacon. Igen érdekes megfigyelni a 2. ábrán a támogatások árbevétel, illetőleg foglalkoztatottak szerinti eloszlását, valamint a nyújtott támogatások 1987. évi abszolút értékét ugyancsak a foglalkoztatottak száma szerinti vállalati nagyságrendben, Jól kiolvasható, hogy a kisvállalati kör jelentősebb támogatást kap saját tőkeerejéhez és nagyságrendjéhez képest, mint a nagyvállalatok. Érdemes még rövidebben bemutatni az állami támogatások súlyát adó Kutatási és Technológiai Minisztérium 1987. évi támogatáselosztását, amelyet a 3. ábrán mutatunk be. Észrevehető, hogy a rendelkezésre álló források mintegy 85 %-a közel egyenlő arányban oszlik meg az országos kutatóintézeti hálózat, valamint az alapkutatások, a csúcstechnológiák és a gazdasági infrastruktúra javítása között, és mintegy 15 % kerül az EGK nemzetközi kutatási programjaiba.

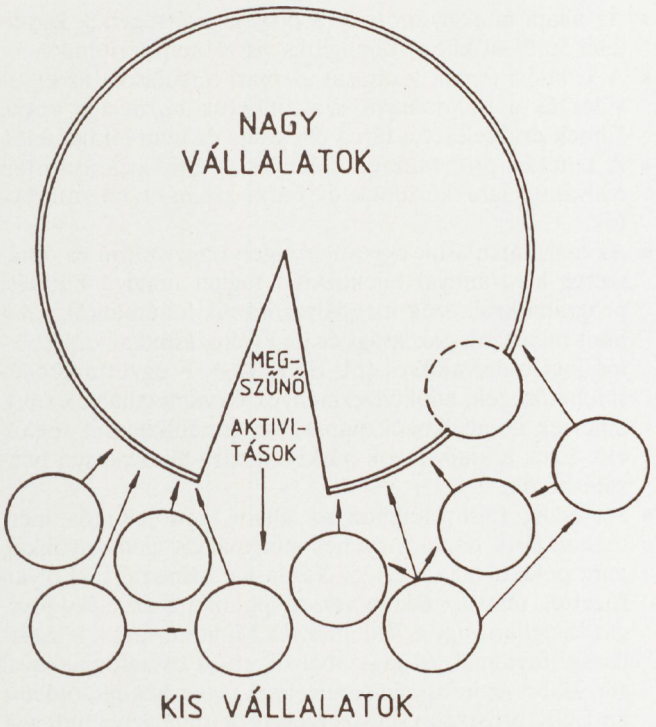
Nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy a K + F állami támogatásrendszere nyilvános és nyitott, főként a verseny előtti gazdasági szférában működik (l. később az 5. ábrát). Alapvető célja, hogy folyamatos támogatást adjon a több tízezres kis- és középvállalati körnek, amely nélkül a gazdaság elveszíti rugalmasságát.

Mi az oka a kis- és középvállalati szféra kiemelt állami támogatásának? Számos beidegződés azt sugallja, hogy egy nemzetgazdaság meghatározói a nagyvállalatok. Meghatározó jellegük az általuk előállított termékvolumen, K + F és technológiai potenciáljuk révén adott, de *működőképességük* lényeges feltétele sokezer beszállítójuk prosperitása. Igaz, hogy e körből a „nagyhalak" időről időre sok „kishalat" felvásárolnak, „megesznek". Az így átszerveződő nagyvállalat belső tevékenységének racionalizálásával viszont „kapun kívülre tesz", felhagy olyan aktivitásokkal, amelyek nagyvállalati keretek között nem rentábilisak (4. ábra). Egy körfolyamat alakul ki a munkamegosztás állandó átszerveződésével, amely feltételez egy igen nagy számú kis- és középvállalati szférát. A nemzetgazdaság érdeke, hogy ez az „entrópia" állandó maradjon. Éppen ezért a kisvállalati kör életképes részét támogatni kell versenyképessége fenntartásában. A támogatás nem önzetlen: a gazdaság prosperitásával, az adóbevételek növekedésével ez megtérül az államnak.

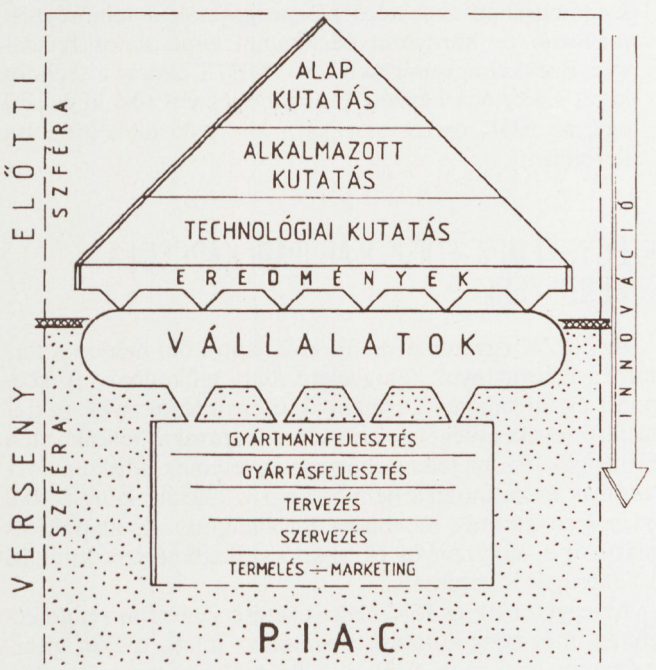
Utaltunk már arra, hogy ez a támogatás a versenyszféra előtti K + F tevékenységet célozza meg. Mi ennek az értelme? A kartell (szabadverseny) törvény értelmében azonos termékeket előállító cégek nem működhetnek együtt a piacon, nem alakíthatnak kartellt, és a piaci árak diktálásával nem juthatnak jogtalan előnyökhöz. A nemzetgazdaság viszont érdekelt abban, hogy az egyébként versenyben lévő




*3. ábra. A Szövetségi Kutatási és Technológiai Minisztérium a költségvetési keretéből az ábra szerinti arányokban finanszírozza a három legfontosabb aktivitást*




*4. ábra. Németország több, mint harmincezer kis- és középvállalata a nagyipar beszállítója és számos szolgáltatás végzője. Évente ezeknek mintegy 10—15 %-a megy tönkre vagy olvad be nagyobb vállalatba*




*5. ábra. Az ábra megkísérli érzékeltetni, hogy az innovációs folyamat szempontjából hol kezdődik a versenyszféra*

vállalatok egyesítsék erőiket olyan alap- és alkalmazott kutatások területén, amelyek a technikai, technológiai megújulást szolgálják. Az így elért eredmények a vállalatok birtokába jutva szolgálják a vállalati gyártmány- és gyártásfejlesztést. Egy ilyen projektben részt vevő vállalatok elsődleges haszna az időnyereség és az extraprofit a konkurenciához képest (5. ábra).

## 3. AZ ÁLLAMI IRÁNYÍTÁS SZERVEZETE ÉS RENDJE

A Német Szövetségi Köztársaságban minisztériumi szintű az a szervezet, amelyen keresztül a kormányzat a vállalkozói szféra felé a kutatási-fejlesztési stratégiáját közvetíti. A minisztérium elnevezése már eleve nagyon komoly állami szándékot deklarál, nevezetesen a kutatás mellett a technológia állandó megújítását tekinti a gazdaság motorjának. Ez a felismerés Magyarországon évtizedek óta várat magára, és úgy tűnik, hogy teljeskörűségével még ma is nagyon komoly gondok vannak nálunk.

A Szövetségi Kutatási és Technológiai Minisztérium alapvető feladatai 23 pontban foglalhatók össze:

- magas szinten tartani, illetőleg növelni a központi kutatási forrásokat,
- a kutatás-fejlesztés finanszírozásával növeli a gazdasági dinamikát,
- kutatási-fejlesztési feladatokkal növeli a főiskolák pozícióit,
- kutató-fejlesztő szakember-utánpótlás biztosítása és e szakemberállomány növelése,
- a női kutatók arányának javítása,
- az alaptudományok művelésének és dinamikájának a K + F-hez hasonló szinten való biztosítása,
- a tartományok K + F-forrásainak szövetségi szintű dinamikával történő bevonása a K + F területre,
- az állami feladatokra történő koncentrálás szövetségi szinten,
- K + F egyesülések és főiskolák kiemelt támogatása,
- a szövetségi köztársaság nemzetközi csúcspozícióinak biztosítása K + F területen,
- a K + F kiadások hasznosulásának szorgalmazása,
- meghatározott koncepciók szerinti K + F támogatás a gazdaságban,
- célorientált, közvetett támogatások,
- a K + F eredmények propagálása,
- K + F egyesülések támogatása,
- bekapcsolódás az EUREKA-ba,
- a kis- és középvállalati K + F támogatása,
- új kutatási programok kezdeményezése,
- nemzetközi — EK — programokhoz kapcsolódás,
- K + F tanulmányok közzététele,
- középtávú K + F irányok meghatározása: alapanyagkutatás, biotechnika, elektronika stb.,
- környezetvédelmi kutatások fokozása,
- a közép- és kelet-európai változások, ill. új lehetőségek kihasználása.

A Kutatási és Technológiai Minisztérium támogatási rendszere — mint említettük — nyilvános. Ez azt is jelenti, hogy a létrejövő eredmények is nyilvánosságra kerülnek a projektek lezárása után, féléves és éves jelentésekben. Ezek szabadon hozzáférhetők.

A kutatási projektek forrásainak 60—65 %-át a vállalatok, 35—40 %-át az állam biztosítja. Az állami források nagyobb része a szövetségi kormánytól — a Technológiai Minisztériumon keresztül —, a kisebb rész a tartományi kormánytól származik.

## 4. KÖZVETÍTŐ SZERVEZETEK A TÁRCÁK ÉS A VÁLLALKOZÓK KÖZÖTT

Az előzőekben szó esett az állami K + F politika egyik azon súlyponti területéről, amely az NSZK kis- és közép-

vállalatainak kíván állami támogatással olyan lehetőséget adni, amely versenyképességük és fennmaradásuk erősítését célozza azáltal, hogy támogatást nyújt olyan egyedi vagy közösségi kutatási feladatok megszervezésével és finanszírozásával, amelyekre a szóban forgó vállalati kör egyes vállalatai önmagukban nem lennének képesek. Miután ezek a vállalatok jelentős beszállítók a nagyipari szférában, létük és fennmaradásuk óriási jelentőséggel bír az egész gazdaság szempontjából. A Német Szövetségi Kormány már az 50-es években felismerte e vállalati szféra jelentőségét, és ösztönzést adott olyan *egyesülés* létrehozására, amely egyfelől a célorientált fejlesztő társulások szerveződését támogatja, s egyben *összekötő* szerepet tölt be az állami kutatáspolitika és a kutatás eredményeit hasznosító szféra között; másfelől *segíti a tudományos és felsőoktatási szféra bekapcsolását* e programba.

Magát az egyesülést nem a kormányzat hozta létre, csupán támogatta azt a vállalati kört, amely célorientált kutatási társulatokat hozott létre, és ezek a kutatási társaságok alapítottak meg egy kislétszámú egyesülést K + F érdekképviseletük és a szükséges információáramlás biztosítására.

Az egyesülés államigazgatási kapcsolatrendszere és fontosabb programjai a következők:

- a kis- és középvállalatok bekapcsolása az EGK programjaiba,
- a CRAFT nevű program EGK szinten szervezett fejlesztőközösségek létrehozása,
- ez a programszegmens a kis- és középvállalatok gazdasági—tudományos kapcsolatrendszerét hivatott elősegíteni,
- K + F költségekhez való hozzájárulás és a kis- és középvállalatok növekedésének támogatása,
- szerződéses K + F munkák segítése,
- olyan alágazati átfogó témák keresése, amelyre fejlesztési egyesülések (vállalati csoportok eseti társasága) hozhatók létre,
- fejlesztő egyesülések és közösségi fejlesztések képviselete a szövetségi minisztériumoknál:
  — a kutatási és technológiai
  — a gazdasági
  — az oktatási és tudományos minisztériumoknál, valamint
  — az Európai Gazdasági Közösség csúcsszerveinél.

Maga az egyesülés nonprofit és önfenntartó, a tagtársulatok finanszírozzák. Ez a finanszírozás az egyesülés szempontjából teljesítményorientált, tehát ösztönzi az apparátust egyfelől minél több állami támogatás megszerzésére, másfelől olyan közös érdekű kutatási témák felkutatására, amelyre a vállalkozók is hajlandók áldozni. Éppen ezért a tudományos kapcsolatok igen nagy szerepet játszanak tevékenységükben. Ez nemcsak azt jelenti, hogy a már elhatározott témák lebonyolításában működnek közre akár ipari, akár főiskolai vagy állami kutatókapacitások, hanem az egyesülés operatív tanácsában állandó helyük van a fent említett intézmények neves képviselőinek, akik saját, főállásban végzett kutatásaik eredményeit felajánlhatják technológiai megvalósításra. Az ipari társulások és az egyesülés további bizottságai az elvégzett kutatási projektek eredményeit értékelik. E bizottságokban jelentős szerepük van a ,ár fent említett tudományos szféra szakembereinek. Az egész rendszer gyakorlati működésének néhány igen lényeges eleme még:

- Az állam által nyújtott és a projekt költségének legfeljebb 50 %-át kitevő támogatás vissza nem térítendő.
- A kutatási témák lezárását az ipari társulások, az egyesülés és a tudományos szakemberek bizottsága végzi. Ennek értékelését a tárca elfogadja és nem bírálja felül.
- A kutatási projektek eredményei a téma lezárása után nyilvánosságra kerülnek és bárki számára hozzáférhetők.
- Az ipari társulások egyesülése igen nagy számú és rendszeres kiadvánnyal tájékoztatja tagjait mind a kutatási programokról, azok megpályázásának feltételeiről, valamint mindazon gazdasági és jogi változásokkal kapcsolatos jogi tudnivalókról (pl. EGK K + F együttműködési lehetőségek, adókedvezmények és vámszabályok stb.), amelyek a vállalkozók naprakész gondolkodását segítik elő. Ezek a kiadványok bárki számára díjmentesen hozzáférhetők.
- Az eddig felsoroltakhoz az állam igen jelentős mértékben járul hozzá ingyenes információs kiadványokkal, mint például a Szövetségi Gazdasági Minisztérium olyan füzettel, mint az állami versenypolitika a szociális piacgazdaságban vagy a Tudományos Minisztérium a közgazdasági fogalmak és jogszabályok rövid összefoglalójával stb. Ebbe az információs tevékenységbe bekapcsolódott az EGK brüsszeli csúcsszervezete is mindazon tudnivalók közzétételével, amelyek elősegítik a Közösség vállalatainak együttműködését.
- A tudomány és a technika összes területén folyó alap-, alkalmazott és technológiai kutatási programja mellett ma a nyugat-európai államok szinte minden programszegmensében visszatérő részprogramok a minőségbiztosítással és környezetvédelemmel kapcsolatos feladatok. Ezekkel egyenértékű a COMETT, amely a technológus szakemberképzést és továbbképzést tűzi ki céljául egy, az EGK összes országára kiterjedő akcióprogram keretében.

## 5. EGYETEMEK–FŐISKOLÁK IPARI KAPCSOLATRENDSZERE

Az NSZK egyetemei és főiskolái autonóm módon a tartományi kormányok felügyelete alatt működnek. A központi és tartományi kormányok ezen intézmények (oktatási) fő tevékenységéhez szükséges forrásokat teljeskörűen biztosítják. Ez azt jelenti, hogy az egyetemek, főiskolák oktatóinak és kutatóinak nem kell egzisztenciális kényszerből bármilyen kutatási megbízást felvállalniuk. Az alapellátás másfelől a tudományos és oktató szakszemélyzet kutatási szabadságát is garantálja.

Az egyetemek és főiskolák vezetése szabadon rendelkezik az intézmény kutatási eredményei felett, ezeket intézményesen szabadon értékesíti. Például Hessen tartomány a főiskolái és egyetemei részére létrehozott egy olyan számítógépes adatbankot, amely egyfelől segít a tudományos eredmények értékesítésében, másfelől bármely főiskolán elérhetővé teszi más egyetemek és főiskolák kutatási eredményeit, illetőleg a művelt szakterület alapinformációit az érdeklődők számára. A hesseni tartományi Kulturális és Oktatási Minisztérium nemcsak erkölcsileg, hanem anyagilag is támogatja az egyetemek és főiskolák K + F eredményeinek ipari hasznosulását. Az ipari és gazdasági kamarákkal, valamint az ipari egyesüléssel és fejlesztő társulásaival rendezvényeket, egyetemi nyitott kapuk napjait rende-

zi, és elsősorban kis- és középvállalatokat igyekszik közel hozni a szóban forgó tudományos szférához. Mindezeken túlmenően a egyetemi oktatók és a tudományos munkatársak személyes ipari kapcsolataikon keresztül is hozzájuthatnak K + F feladatokhoz, és az egyetem vezetésének engedélyével mellékfoglalkozású munkakapcsolatokat is létesíthetnek.

Igen lényeges a létrejövő találmányokkal kapcsolatos szabályzás. Anélkül, hogy ennek az igen bonyolult területnek a jogi részletkérdéseibe belemennénk, érdemes e szabályzás alapfilozófiáját ismertetni:

A Német Szövetségi Köztársaságban egy adott munkahelyen létrejövő találmányok automatikusan a munkáltatókat illetik. A munkáltató mint a létrejövő szabadalom tulajdonosa viszont köteles minden esetben a munkavállaló találmányát bejelenteni, és a szabadalom hasznosulása esetén a feltalálót (a munkavállalót) külön megegyezés szerint a szabadalom hasznából díjazni. Az első látásra igazságtalannak tűnik, hogy a munkaadó válik automatikusan egy találmány, illetőleg szabadalom tulajdonosává. A kérdés közeli vizsgálatakor ez azért tűnik ésszerűnek és méltányosnak, mert a szabadalom NSZK-beli bejelentési költségei elérhetik a több tízezer márkát, jelentősebb szabadalmak, több országra vagy az egész világra esedékes oltalmi díjai pedig a több százezer márka nagyságrendjét. A munkavállalók döntő többsége sem a szükséges anyagi forrásokkal, sem a szükséges szakismeretekkel és elengedhetetlen kapcsolatrendszerrel nem rendelkezik akár a gyors bejelentés, akár a szabadalom, találmány hasznosítását illetően. Ugyanakkor a munkáltatónak érdeke, hogy a szabadalmazás költségei ne csak megtérüljenek, hanem eredményt is hozzanak, és ez esetben a munkavállaló feltaláló viszont részesülhet annak anyagi hasznából.

Mint arról már szóltunk, az egyetemek intézményesen is szervezik saját kutatási-fejlesztési tevékenységüket, és ilyen szerződéses munkák, állami projektek megvalósítása esetén a tudományos és oktató személyzet a fentebb elmondottakhoz hasonlóan mint munkavállaló részesedik tevékenységének anyagi hasznából.

A hazai gyakorlattal ellentétben, az NSZK egyetemek és főiskolák jelentős propaganda és marketing tevékenységet fejtenek ki kutatási eredményük, illetőleg kutató kapacitásaik értékesítésére. Nemcsak látványos kiadványok, illetve a már fent említett rendezvények, hanem a nemzetközi szakvásárokon való részvételük is hozhat üzleteket.

Az elmondottakon túlmenően a főiskolák és az ipar kapcsolatára is elmondható, hogy a hazaival ellentétben az sokkal intenzívebb és személyesebb jellegű, ami azt jelenti, hogy sokkal nagyobb az ipari kutató szakemberek aránya a felsőoktatásban, mint nálunk, másfelől az ipari szakemberutánpótlás igen jelentős területe a végzős diplomakészítő hallgatók fogadása az üzemekben, illetőleg élő ipari problémák diplomafeladatként történő kiadása.

## 6. KUTATÓINTÉZETEK

A nagyvállalatok saját kutatóintézetei mellett az NSZK-ban igen kiterjedt, többszintű kutatóintézeti hálózat működik. Ezek nagy része állami támogatással működik alapítványi társasági formában. Ipari kapcsolatrendszerük az egyetemekéhez hasonlóan működik, és K + F magánjogi szerződésekkel végeznek kutató tevékenységet, ami éves bevételeik 35—50 %-át teszi ki.

Figyelemre méltó, hogy ezek az intézmények (alapítványi társaságok) nem vállalati, vállalkozási, hanem *nonprofit* formában működnek. Alapítójuk az állam vagy alapítványi résztvevő. Az alapítványok autonómok, és ennek gazdasági határa a bevételek és a kiadások egyensúlya. Igen lényeges tehát, hogy ezek az intézmények nem esnek a vállalkozási (vállalati) törvény hatálya alá és nem fizetnek nyereségadót.

Működéseik anyagi forrásai

- az alapítvány hozadékából (a tagok járuléka, kamatok),
- a vállalati megbízások bevételeiből,
- az állami/tartományi K + F megbízások bevételeiből

tevődnek össze. A két legnagyobb, a MAX PLANCK TÁRSASÁG (alapkutatás) és a FRAUNHOFER TÁRSASÁG (alkalmazott, műszaki K + F) kutatóintézetek hálózatából áll. Egyes részintézetek a társaság belső költségvetése szerint működnek: az esetleges profitot a társaság elvonja. Ugyanígy a társaság fedezheti a rövidtávú veszteségeket is.

A társaságokat a tagok közgyűlése által választott operatív testület (pl. szenátus) irányítja és határozza meg

- a kutatáspolitika fő irányait,
- a szervezeti és működési rendet,
- a középtávú pénzügyi tervet stb.

Ezenkívül ez a testület felügyeli az intézetek éves tevékenységét és számol el a taggyűlésnek. A két legnagyobb társaság éves költségvetése — egyenként — meghaladja az 500 millió DEM-et.

## 7. ÖSSZEFOGLALÁS

1. Az állam a piacgazdaság esetleges befolyásolásánál abból indul ki, hogy a gazdaság vállalkozói önállóak, cselekvéseiket, döntéseiket saját érdekeik határozzák meg. Az állam nem számíthat arra, hogy a vállalatok nemzetgazdasági összefüggésekben gondolkodjanak, és üzleti tevékenységük során a nemzetgazdasági következményeket mérlegeljék döntéseiknél.

2. Az állam gazdaságpolitikai stratégiai célkitűzése az ország gazdasága versenyképességének megőrzése, illetve versenypozícióinak javítása.

3. Az állam K + F, tudományos és oktatási politikájában az előbbiek, és a technológiai gyakorlat kapcsolatainak erősítését kívánja elérni. Állami feladat a közpénzekből finanszírozott K + F eredmények nyilvánosságát biztosítani. Ebben a körben elsősorban a kis- és középvállalatok versenyképességének javítása a központi feladat. Alapítványi kutatóintézeteinek (pl. Fraunhofer Társaság) egyik fontos feladata e vállalati kör K + F témáinak megoldása vagy közreműködés a megoldás szervezésében.

4. Az egymással versenyző vállalatok a kutatás-fejlesztésben gyakran együttműködnek saját versenypozícióik javítása érdekében. Az állam K + F projektek kiírásával pályázati keretek között többnyire vissza nem térítendő támogatást nyújt.

5. Az állam csak a legszükségesebb szabályzással él, engedi hatni a piac és a szabad verseny vállalkozásait. A szabályzás a bizalmi elvre épül: a kiszámíthatóságra, az adott szó értékére, a korrektség gyakorlatára.

## 8. KÖVETKEZTETÉSEK

A magyar gazdaság válságán belül a hazai K + F szféra szintén eljutott az összeomlásig. A visszatekintés helyett

azt célszerű végiggondolni, hogy az új gazdasági rend nem fogja tudni kezelni az elavult K + F szervezeteket. Valószínű, hogy a profitorientált, vállalati rendhez hasonlóan működő kutatóintézetek túl drágák lesznek a nem kevés megújulási nehézségekkel küzdő iparnak, amely termelési nagyságrendjét tekintve még hosszú évekig jóval kisebb lesz az egykori szocialista iparnál. Arra is számítani kell, hogy a K + F igények minőségileg mások lesznek: nem valószínű, hogy utánfejlesztésből meg lehet majd élni.

Komoly esélye lesz tehát annak, hogy a kormányzat átgondolja egy, az EG-hez hasonló, azzal kompatibilis K + F jogi szabályozás lehetőségét. A jogszabályi keretek megteremtése és parlamenti jóváhagyásánál nagyságrenddel nagyobb gond e szféra gazdasági és szervezeti átalakítása, átmeneti finanszírozása, a korábbi szervezet ésszerű leépítése.

A kutatás-fejlesztés minden állam és gazdaság stratégiai területe. E cikkben vázolt NSZK példa nem egyedülálló különlegesség. Kivétel nélkül, minden fejlett ipari állam sajátos jogszabályi kereteket biztosít a K + F számára, és adópolitikájának lényeges eleme e terület kíméletes adóztatása.

Végül néhány gondolat házunk tájáról, a magyar elektronikai kutatás-fejlesztés kilátásairól. Biztosra vehető, hogy a hazai elektronikai ipar saját erejéből nem fog tudni megújulni. A külföldi tőke még néhány évig a viszonylag alacsony bérszínvonalunk előnyeit igyekszik majd kihasználni bérmunkák és másodbeszerzési gyártókapacitások kiépítésével. Ebből következik, hogy a szakemberek jelentős része adaptációs (technológiai) területen tud majd tevékenykedni. Szeretnénk óvni a T. Olvasót e mérnöki munka levagy alábecsülésétől. Teljes körű mérnöki szakismeretet, tárgyalási szintű idegennyelvtudást, szervezőkészséget vár a munkaadó vagy a partner a siker érdekében. Bizonyos, hogy a szakmai elit egy része külföldön fogja boldogulását keresni és megtalálni. Valószínű, hogy a „mit kutassunk" helyett a „hogyan, milyen szervezeti és gazdasági feltételek között tudunk attraktív, versenyképes árajánlatokat tenni a potenciális megbízónak" lesz egy új, intézeti menedzsment vezetési filozófiája.

Az elektronikai szakma Magyarországon immár lassan fél évszázada képtelen egységes, érdemben működő lobbyba tömörülni. Az elmúlt három évben összezsugorodott szakma továbbélésének egyik sarkalatos pontja, képes lesz-e önmaga korlátain átlépni. Előttünk egy *óriási lehetőség, a világkiállítás*, a maga infrastrukturális, szolgáltatási, beruházási lehetőségeivel, ami nemcsak a következő négy évre, hanem évtizedes távlatban is kihívás a magyar szakemberek számára. Nem tűnik talán túlzásnak, ha ebben az összefüggésben külön is *felértékelődik a magyar oktatás, felsőoktatás* szerepe a szakemberek felkészítésében: a humán infrastruktúra megteremtésével.

A magyar elektronikai kutatás-fejlesztés számára a jövőt nagy valószínűséggel egy közös szakmai alapítványi intézet létrehozása jelentheti, amely csak összefogással valósítható meg. Jó lenne ezt komolyan remélni és megélni.

GÖBLÖS JÁNOS
REMIX

# VERSENYEZTETÉS (TENDEREZÉS) A TÁVKÖZLÉS TERÜLETÉN

A piaci viszonyok kialakulásának és kialakításának egyik fontos eleme a verseny. Ezzel kapcsolatban a távközlés területén alapvetően két formában beszélhetünk a versenyről: egyik a távközlési szolgáltatók versenye a koncessziókért, az előfizetőkért, ami a kínálati piac kialakulásához vezet, a második az egyes szolgáltatók, üzemeltetők beszerzéseivel, partnerválasztásával kapcsolatos. Az elsőként említett területen eddig nem volt lehetőség versenyre, csak az új távközlési törvény teszi lehetővé a szolgáltatók versenyét. A második esetben már kialakult a Magyar Postánál, ill. a MATÁV-nál a szállítók, vállalkozók versenyeztetése, ami a nagyléptékű hálózatfejlesztési program, a privatizáció megvalósítása során még jelentősebb szerepet játszik a vállalat, ill. újabban részvénytársaság tevékenységeiben.

A magyar távközlés fejlesztéséhez sok tényező szükséges. Ezek közül — a belső erőforrásokon kívül — igen jelentősek, sőt meghatározóak a külső beszerzések, kapcsolatok, melyekbe beletartoznak az áruvásárlások, vállalkozások, sőt a tanácsadói tevékenységek is. Ezek egy része import, ill. nemzetközi kapcsolat formájában valósul meg, a többi pedig hazai beszerzésként, együttműködésként. A beruházóknak, vevőknek természetes törekvése, hogy minél hatékonyabb fejlesztést tudjanak megvalósítani. Ez a távközlés területén is érvényes. Óriási léptékű bővítést, korszerűsítést kell végrehajtani, a források és eszközök koncentrációja, hatékony felhasználása egyre fontosabb.

A beszerzések (áruvásárlások, szellemi szolgáltatások) legcélszerűbb formája általában a versenyeztetés, ami sokféle lehetőséget jelent és nem korlátozható a tenderezésként ismert versenyeztetési változatra.

Az új távközlési törvény elfogadásáig gyakorlatilag csak a MATÁV folytat olyan hálózatfejlesztési tevékenységet, melyhez alapvetően versenyeztetés útján szerez be nagyobb mennyiségben berendezéseket, rendszereket.

A beszerzéseket többféleképpen csoportosíthatjuk.

A feladat jellege szerint:
- komplett rendszerek (pl. fővállalkozási formában),
- áruvásárlás:
  - beruházási javak,
  - anyagbeszerzés,
- építési, szerelési munkák,
- tanulmány készítések, konzultáns munkák.

A kereskedelmi ügylet jellege szerint:
- belföldi beszerzés,
- import.

A pénzügyi forrás szerint:
- nemzetközi fejlesztési hitelkonstrukciók (Világbank, EIB, EBRD),
- egyéb hitelek,
- saját források,
- egyéb pénzügyi konstrukciók (pl. lízing)

Természetesen további megkülönböztetéseket lehet tenni az egyes versenyeztetési formák tekintetében (nyilvános, zártkörű versenytárgyalás, ajánlati felhívás, közvetlen megrendelés, prekvalifikáció, stb.).

A versenyeztetést jogszabályok, rendeletek szabályozzák. Ezek közül alapvető az 1987. évi 19. sz. törvényerejű rendelet a versenytárgyalásról. A MATÁV vezérigazgatói utasításban szabályozta a versenytárgyalások lebonyolítását, mely rögzíti a hazai és nemzetközi vállalati versenyeztetés szabályait, melynek segítségével a MATÁV biztosítja a műszakilag, gazdaságilag, kereskedelmileg megalapozott szerződések létrejöttét és a verseny tisztaságának védelmét.

A vezérigazgatói utasítás a MATÁV szervezeti egységei részére kötelező érvényű, a MATÁV által alapított vállalkozók esetében pedig ajánlásként szerepel.

Ezen kívül a nagyobb beruházásokat lebonyolító és a különböző versenyeztetési formákat alkalmazó szervezeti egységek (pl. a TÁVBER Iroda és a Budapesti Távbeszélő Igazgatóság) saját területükre vonatkozóan további részletes szabályozást készítettek. A többi területi igazgatóság (a Budapest-vidéki-, Debreceni-, Miskolci-, Pécsi-, Soproni-, Szegedi Távközlési Igazgatóság) is kialakította a versenyeztetéshez szükséges feltételeket és megoldási, szervezeti formákat.

A MATÁV az egyes tevékenységi körök korszerűsítésére projekteket hozott létre a beruházási, pénzügyi, üzemeltetési, területen. Ezek közül az egyik az ún. termékforgalmazási projekt foglalkozik a beruházási és üzemeltetési célú berendezések, rendszerek, egységek, anyagok beszerzésével, ezek funkcionális és szervezeti kérdéseivel, import és belföldi vásárlás formájában, továbbá a beszerzett termékek elosztási, raktározási, nyilvántartási, stb. vonatkozásaival. A projektet koordináló vezetőkön, irányító bizottságon kívül megbízott tanácsadó céget is bekapcsoltunk a munkába, hogy minél tárgyilagosabban és szakszerűbben lehessen kialakítani a beszerzési és anyaggazdálkodási tevékenységet, beleértve a szervezeti, munkakapcsolati kérdéseket is.

A MATÁV szempontjából igen jelentős a nemzetközi fejlesztési hitelkonstrukciók szerepe, azért először ezeket tekintjük át.

A Világbank (WB) első távközlési hitelcsomagja 70 millió USD összegű volt, ennek kitöltése már megtörtént. A második hitelcsomag 150 millió USD összegre vonatkozik, ennek felhasználása folyamatban van.

Az EIB (Európai Beruházási Bank) 100 millió USD értékű hitelt biztosított a MATÁV részére, melynek felhasználása szintén megkezdődött. Az EBRD-vel (Európai Fejlesztési és Újjáépítési Bankkal) idén márciusban írta alá a MATÁV a kölcsönszerződést 185 millió DEM értékben. Ezen hitelből finanszírozandó beszerzések előkészítése már

1992-ben megkezdődött, jelenleg az első tenderkiírás előkészítése folyik.

A három nemzetközi pénzintézet kedvező pénzügyi feltételekkel ad hitelt és a kölcsön felhasználását meghatározott fejlesztési témákhoz kapcsolja. A finanszírozási igény alapját mindhárom esetben a MATÁV hároméves programja, illetve az ebből eredő beszerzési, fejlesztési tevékenységek képezik.

Mindhárom bank részletesen tájékozódott a hitelszerződés megkötése előtt a MATÁV fejlesztési terveiről, pénzügyi helyzetéről és menetközben is figyelemmel kísérik a fejlesztések előrehaladását, a hitelek felhasználását. Természetesen előfordul, hogy az eredeti finanszírozási tervekhez képest kisebb átcsoportosításokra kerül sor, esetleg egyes új témák is bekerülnek a hitelprogramba, hiszen éppen a tendereztetésből adódóan sok esetben a korábbi adatok alapján tervezetthez képest kevesebb forrás felhasználására van szükség, a verseny biztosítja az alacsonyabb árakat. Az így „felszabadult összegek" más projektre csoportosíthatók át.

A Világbank hitelből megvalósítandó, illetve folyamatban lévő beszerzések a következők:

- szatelit földi állomás (Intelsat „A" típus):
  1991. augusztusban kötöttünk szerződést a tender nyertesével a japán NEC céggel;
- digitális mikrohullámú összeköttetés a földi állomáshoz:
  ezt a tendert is japán cég, mégpedig a Fujitsu nyerte, a szerződéskötés az előbbivel azonos időben történt;
- optika kábelek digitális gerinchálózat kiépítéséhez:
  a neves európai és tengerentúli ajánlattevők közül a Pirelli Cables (a korábban STC néven ismert) kábelgyárral kötöttünk szerződést mintegy 2200 km optikai kábel szállítására, amelynek egy részét már 1991 nyarán teljesíti a cég, majd folyamatosan érkeznek a további szállítmányok;
- optikai multiplex és vonali berendezések az országos digitális gerinchálózathoz:
  a nyertes ITALTEL céggel írtuk alá a szerződést, miszerint a szállítások ősszel kezdődnek és a jövő év közepéig tartanak, s a kábelekkel együtt biztosítják a központok közötti nagykapacitású, digitális átviteli utakat 2/34 és 34/140 Mbit/s sebességű multiplex, valamint optikai vonali berendezésekkel;
- chip kártyás telefon készülékek (12 ezer db):
  a Budapesten és vidéken felszerelendő korszerű nyilvános telefonkészülékek szállítására vonatkozóan a francia MONÉTEL céggel kötöttünk szerződést;
- beltéri pénzbedobós készülékek (4 ezer db):
  a szállodákban, trafikokban és hasonló helyeken felszerelendő készülékek nagyobb részét Budapesten, kisebb részét vidéken telepíti a MATÁV, a cikk írása idején folynak a szerződéskötési tárgyalások.

További tenderek előkészítése van folyamatban:

- OSS (üzemeltetést támogató rendszer),
- mérőműszerek,
- Eutelsat földi állomás,
- felügyeleti és mérőrendszerek,
- tudakozó rendszer,
- VSAT rendszer.

Az EIB hitel keretében esedékes fontosabb, aktuális beruházások:

- országos digitális mikrohullámú rendszer kiépítése különböző frekvenciasávú rendszerekkel, fővállalkozás formájában (az optikai kábeles rendszerek és a mikrohullámú összeköttetések együtt biztosítják a nagykapacitású országos digitális gerinchálózatot, a tenderben néhány budapesti mikrohullámú szakasz is szerepel, ezt a részt az EBRD finanszírozza),
- távközlési berendezések telepítésére szolgáló üzemi épületek építése: Győr, Debrecen, Nyíregyháza,
- komplex primer körzetek kiépítése (pl. Nagykanizsa),
- a világbanki forrásból beszerzett optikai kábelek telepítése vállalkozási formában.

Ezek közül a győri műszaki épület tenderen nyertes GYÁÉV-vel a szerződéskötés megtörtént és a kivitelezés folyik. A többi tender kiadás alatt, illetve előkészítési fázisban van.

Az EBRD hitel a következő létesítmények, hálózatok fejlesztésére szolgál:

- rural hálózat kiépítésére, melynek során több mint ezer településen lehetővé válik a manuális központok cseréje korszerű, nemzetközi távhívásra is alkalmas új berendezésekre,
- a budapesti átkérő hálózat (a telefonközpontok közötti átviteli utak) megvalósítására, mely lehetővé teszi az új digitális telefon központok közötti korszerű, digitális nagykapacitású átvitelt,
- a budapesti Erzsébet központ létesítésére beleértve az új távbeszélő központ elhelyezésére szolgáló üzemi épületet és a helyi hálózat bővítését is.

  Az Erzsébet központra vonatkozó tenderek előkészítését a British Telconsult tanácsadó cég közreműködésével végezzük.

A beszerzéseket előkészítő tenderek — bár a feladat jellegétől függően eltérnek egymástól — alapvetően a következő „menetrend" szerint bonyolódnak le.

- Előkészítés:
  A hároméves fejlesztési programból kiindulva a fejlesztő mérnökök összeállítják az adott beruházás műszaki követelményeit. A véglegesített műszaki előírások és igények alapján elkészül a tender kereskedelmi része is, majd a teljes anyagot belső (MATÁV) és külső szakemberekből álló zsűri hagyja jóvá. A WB, EIB, EBRD finanszírozású tendereknél a teljes tender anyagot meg kell küldeni az illetékes banknak jóváhagyásra, ez után lehet meghirdetni a versenytárgyalást. A hirdetés egyrészt megjelenik a bankok hivatalos kiadványában, másrészt néhány magyar napilapban (esetleg külföldi lapokban is).
- A meghirdetett tender anyag — a projekt nagyságától függő áron — megvásárolható a külkereskedelmi tevékenységet a MATÁV számára végző külkereskedelmi vállalatnál vagy a MATÁV Rt.-nél.
- Az ajánlatkészítési határidő a megjelenéstől számított két–három hónap. Az ajánlattevők számára a tender jellegétől függően a következő lehetőségeket biztosítjuk:
  - kérdéseket lehet feltenni a tender dokumentációval kapcsolatban,
  - a kérdésekre vagy közvetlenül (de minden potenciális ajánlattevőnek) írásban vagy az ún. prebid konferencián válaszolunk,
  - a szükség esetén — pl. telepítést is tartalmazó tendereknél — a helyszíni szemle lehetőségét is biztosítjuk az ajánlattevők számára.
- Az ajánlatokat meghatározott időre kérjük beadni és a beérkezett ajánlatokat az ajánlattevők képviselőjének jelenlétében bontjuk ki. A kibontott ajánlatok legfontosabb jellemzőit (ajánlattevő cég, az ajánlati összeg, pa-

ritás, stb.) ismertetjük. Itt fontos megjegyezni azt, hogy az ismertetett árak alapján nem mindig a legolcsóbb ár jelenti a nyertes ajánlatot, hiszen egyrészt a műszaki tartalomtól függ, hogy egyáltalán megfelelő-e az ajánlat, másrészt nem minden ajánlattevő adja meg pontosan a kiírásnak megfelelő mennyiségi összetételt, így később — a kiértékelés során — az azonos műszaki tartalomra vonatkozó árakat kell összehasonlítani.

- Az ajánlatok kiértékelését szakmai (műszaki, kereskedelmi) szakértői csoportok végzik. A kiértékelés ugyan egységes elveken történik, de a tender jellegéből következően más és más formában, ezen kívül figyelembe kell venni a finanszírozó nemzetközi bankok előírásait is.

  Az értékelési elveket a kiértékelés megkezdése előtt rögzítjük. Általában a fontosabb értékelési szempontok a tender kiírásában is szerepelnek, de a részletes értékelési rendszert csak a kiértékelésben résztvevő szakemberek kapják meg vezetői jóváhagyás után.

  A különböző szakmai (pl. műszaki, funkcionális, kereskedelmi) szakértői bizottságok véleményét a főbizottság összegezi és alakítja ki az értékelés végeredményét. Ennek jóváhagyása a Vállalatvezetés hatásköre. Az értékelési munkában résztvehetnek külső (bel- és külföldi) szakértők is, akik javaslatot adnak. Javaslataikat az illetékes bizottságok figyelembe veszik, de a döntést a Vállalat hozza a szakmai megítélés alapján, az értékelési szempontok szerint. Az értékelésben résztvevők kötelessége az ajánlatok és a kiértékelés bizalmas kezelése.
- A vállalati értékelési eredményt — a WB, EIB, EBRD hitelkonstrukció esetében — az illetékes bankoknak jóváhagyásra megküldjük. A bank jóváhagyása után közöljük az eredményt az ajánlattevőkkel.
- A tender nyertesével kerül sor a szerződéskötésre.
- Amennyiben a tender nyertese nem hajlandó, vagy nem képes a kiírásnak és ajánlatának megfelelő szerződés megkötésére, akkor a szerződést a tender értékelés során kialakult sorrend alapján a második helyezettel kell megkötni. Erre egyébként még nem volt példa a MATÁV jelenlegi tenderezési gyakorlatában.

Az említett nemzetközi banki hitelkonstrukciókon kívül érdemes megemlíteni néhány egyéb tendert is.

- A kapcsolástechnikai rendszerválasztó tender (ún. „telefon tender") meghatározta a két szállítót, akik évente versenyeznek a 2/3—1/3 kapacitásmegosztásért olyan formában, hogy aki olcsóbban ajánlja meg az adott éves mennyiséget, az nyeri a versenyt és kapja a nagyobb megrendelési hányadot, a másik cégnek pedig el kell fogadnia a nyertes árszintjét (alapfeltétel, hogy csak a tendernyerésnél kialakult árszintnél olcsóbb áron lehet ajánlani).

  1991-ben az Ericsson, 1992-ben pedig a Siemens nyerte az árversenyt.
- 1991-ben versenytárgyalást írtunk ki a MATÁV gépjármű parkjának korszerűsítésére. A 13 különböző kategóriájú, mintegy 1200 db gépjármű beszerzésére vonatkozó tendert az Autóker/Fiat nyerte.
- A konzultáns munkákra vonatkozóan két tendert érdemes kiemelni. Az egyik az üzleti és szolgáltatásfejlesztési konzultáns tender, melyet prekvalifikáció útján kiválasztott 6 pályázó közül az Arthur D. Little amerikai tanácsadó cég nyert. Az 1992. márciusában aláírt szerződés alapján a munkát megkezdte.

  Igen nagy jelentőségű a MATÁV privatizációjának pénzügyi tanácsadói tevékenységére kiírt tender, mely szintén prekvalifikációval indult még 1991-ben, azonban a privatizációra vonatkozó döntése elhúzódása miatt csak idén került sor a tényleges tender kiadására. A 8 kiválasztott cég közül hatan adtak be ajánlatot. A kiértékelés folyik.

  Ezzel párhuzamosan az ÁVÜ is meghirdettette az állami privatizációs tanácsadó kiválasztására a versenyfelhívást.

  A döntés és a tanácsadó cégek megbízása az ÁVÜ és a MATÁV között egyeztetés alapján egyidőben esedékes.

A MATÁV versenyeztetési tevékenységének fenti felsorolása nem ad teljes képet erről a területről, hiszen pl. a TÁVBER, a Távközlési Anyagellátó Központ és a területi igazgatóságok belföldi tenderei, valamint a hazai és import beszerzései is jelentősen hozzájárulnak e széleskörű tevékenységhez. Ezen kívül részben vagy teljesen a MATÁV által alapított társaságok, továbbá a távközlés területén működő számos szervezet folytat versenyeztetés alapján beszerzési tevékenységet, azonban a MATÁV fejlesztési programjának megvalósításához kapcsolódó tenderezés a meghatározó volumenű, így a versenyeztetés szempontjából is figyelmet érdemlő.

GYŐRI ANDRÁS
MATÁV

# AZ EURÓPAI TÁVKÖZLÉS-POLITIKA FEJLŐDÉSÉNEK ÁTFOGÓ BEMUTATÁSA

A Közös Piac távközlési tevékenysége 1984-ben kezdődött, amikor ajánlásokat adott ki a távközlési szolgáltatások európai harmonizációjáról, a közös európai szabványok kialakításáról és a berendezések beszerzéseinél a versenyeztetés alkalmazásáról. Már az 1984. november 12-i két tanácsi ajánlásban megtalálhatók mindazok az elvárások, amelyek elindították azt a mintegy 10 éves folyamatot, amelynek során az igen zárt, politikai és gazdasági értelemben egyaránt monopolizált távközlési ágazatban a piaci jellemzők fokozatosan megjelennek, majd túlsúlyra jutnak.

A nehéz, konfliktusokkal terhes folyamat vezénylésének az alapelve az, hogy mindig a legkisebb ellenállás irányában kell elmozdulni, a legkisebb kockázatú, leginkább sikert ígérő területtel kell foglalkozni. Ez a stratégia jól bevált, és ma már azt kell mondani, hogy a reformok visszafordíthatatlanok.

E folyamatok legfontosabb elemeit és állomásait az alábbiakban foglaljuk össze.

## 1. A ZÖLD KÖNYV

Már több mint 4 év telt el a bizottságnak a távközlésről szóló, 1987-ben megjelent Zöld Könyve óta, amely azt javasolta, hogy határozott lépésváltás történjék az európai piacon a verseny irányában. Ennek lényege az volt, hogy az európai egységes piac kiépítését célzó program keretében el kell indítani a liberalizációs politikát az egyes európai országokon belül, majd Európa-szerte átfogó távközlési reformot kell végrehajtani.

Ez a Zöld Könyv volt az a dokumentum, amely az erre épülő egyéb európai jogi dokumentumokkal együtt a reformok alapjává vált, s amely mind a mai napig a fejlődés irányvonalának stabilitását megadja.

Az európai távközlés-politika kereteit adó Zöld Könyvben lefektetett legfontosabb távközlés-politikai *cél* a közösségen belül az erős távközlési infrastruktúra, a hatékony szolgáltatások és a versenyképes gyártás kifejlesztése volt. E célt az alábbi *szabályozási eszközök és alapelvek* segítségével kívánjuk elérni.

- A végberendezések piacának fokozatos, de teljes mértékű megnyitása a verseny előtt.
- Szabad hozzáférés bármely szolgáltatás-hozzáférési ponthoz a hálózatok és a szolgáltatások tekintetében.
- Az állami szabályozási és az üzemeltetési funkciók teljes szétválasztása.
- A társadalomra gyakorolt hatások tekintetében beható konzultációs folyamatok kialakítása az érintett felekkel a sima átmenet, a hálózatok optimális kihasználása, a szolgáltatások fejlesztése és új munkahelyek teremtése érdekében.
- A közösség egysége érdekében a perifériás térségek elszigetelésének oldása és gazdasági fejlesztése az új távközlési szolgáltatások által nyújtott lehetőségek felhasználásával.
- A nemzetközi szervezetekben (pl. CEPT, ITU, GATT) egységes közösségi álláspontok kialakítása.

A Zöld Könyv *konkrét javaslatai* a következők:

- az európai és a nemzeti szabványosítási munka gyors megerősítése és fejlesztése, az Európai Távközlési Szabványosítási Intézet (European Telecommunications Standards Institute, ETSI) létrehozása,
- a szolgáltatók és a felhasználók számára szükséges Nyílt Hálózati Hozzáférés (Open Network Provision, ONP) feltételeinek definiálása,
- új szolgáltatások és az információs piac kifejlesztésének ösztönzése,
- egységes közösségi álláspont kialakítása az űrtávközlés tekintetében,
- a közösségbe nem tartozó országokkal kapcsolatosan egységes álláspont kialakítása,
- az új távközlési technikák és szolgáltatások által előidézett társadalmi hatások tanulmányozása és összehasonlító elemzése az egyes országokban.

## 2. A VÉGBERENDEZÉSEK

Az első terület, amit a közösség a piac számára megnyitott, a végberendezések (pl. telefonkészülékek) piaca volt. A bizottság 1988-ban egy direktívát bocsátott ki a közösségi versenyszabályok alkalmazásában. Ez azt jelentette, hogy az előfizetők a náluk lévő végberendezéseket akárhonnan beszerezhették, nemcsak a postától. További lényeges esemény volt az Európai Bíróság egy e témában 1991-ben hozott döntése, amely fontos iránymutatást jelentett a direktíva további alkalmazásában.

1991-ben a közösség Távközlési Tanácsában megegyezés született a következő lényeges lépésről: az európai szintű típusjóváhagyásról. Ez azt fogja jelenteni, hogy ha egy berendezést valamely országban az európai szabványoknak megfelelően engedélyeznek, akkor ez a közösségen belül bárhol forgalomba hozható. Ilyeténképpen ez az intézkedés a szükséges kiegészítője annak, amely liberalizálta a végberendezések (előfizetők általi) beszerzését. Ezzel az európai szintű végberendezés-piac hatékony működéséhez szükséges feltételek teljes mértékben megteremtődtek.

Az európai szintű típusjóváhagyáshoz szükséges eljárásokat a tagországokban 1992 novemberéig kell kialakítani.

## 3. A SZOLGÁLTATÁSOK PIACÁNAK LIBERALIZÁCIÓJA

A bizottság és a Miniszterek Tanácsa megegyezésre jutott abban, hogy versenyt vezetnek be a távközlési

szolgáltatások piacán is. Ennek eredménye egy direktíva volt 1990-ben, amely három szolgáltatási kategóriát állapít meg.

- Versenyt kell bevezetni az egész közösségben minden értéknövelt szolgáltatás tekintetében.
- Liberalizálni kell az adatátviteli szolgáltatásokat oly módon, hogy 1993. január 1-jétől kezdve lehetővé kell tenni az áramkörök újraértékesítését (viszonteladását), jóllehet, a nem kielégítő nyilvános adatátviteli hálózattal rendelkező országok ezt a határidőt 1996-ig kitolhatják.
- Nemzeti hatáskörben marad az, hogy az egyszerű közcélú telefonszolgáltatás és a hálózati infrastruktúra (vagyis a fizikai értelemben vett hálózat) terén versenyt vezetnek be. Ezt az álláspontot azonban 1992-ben felülvizsgálják, s már most valószínűsíteni kell e terület kötelező liberalizálását is.

## 4. NYÍLT HÁLÓZATI HOZZÁFÉRÉS

A verseny bevezetésével, több szereplő megjelenésével a távközlési ágazaton belül kulcskérdés azoknak a műszaki és kereskedelmi feltételeknek az egységes szabályozása, amelyek lehetővé teszik az új szereplők egyenlő esélyeit a versenyben.

Idetartozik az a kérdéskör is, hogy a páneurópai hatékony verseny kialakulásának érdekében ki kell dolgozni azokat az alapelveket, amelyeknek alapján az egymással versenyző szolgáltatók hozzáférhetnek a hálózatokhoz és a szolgáltatásokhoz.

E problematika kezelésére alakították ki a Nyílt Hálózati Hozzáférés fogalmát, amely nem más, mint egy szabályozási folyamat. Az erről szóló tanácsi direktíva 1990-ben jelent meg a szolgáltatások versenyéről szóló direktívával együtt. Ennek értelmében az ONP egy olyan jogalkotási folyamat, amely a hálózati infrastruktúrához való hozzáférés feltételeit nyitja meg fokozatosan a használók, vagyis az új szolgáltatók és a fogyasztók számára.

Ahogyan az az ONP direktívában elő van írva, további direktívák fognak ebből származni aszerint, hogy milyen jellegű hozzáférés felszabadítása várható. Minden esetben hármas megközelítésre van szükség: a műszaki, a szolgáltatási és a tarifális feltételek meghatározására.

A *bérelt áramkörök* rendelkezésre állása jelenleg a magán szolgáltatók legfontosabb működési feltétele. Ezek liberalizálására vonatkozóan a Távközlési Tanács közös álláspontja már megszületett. A direktíva várhatóan 1992 elején fog megjelenni és 1992 végén hatályba lépni. Ez a direktíva jelentős mértékben javítani fogja a bérelt áramkörök rendelkezésre állását. Világosan meghatározza majd a fogyasztók jogait, előírja a technológiai fejlődéshez igazodó áramkörök minimális számát, valamint érdekegyeztetési eljárásokat kezdeményez a felhasználók és a távközlési szervezetek között felmerülő viták esetére.

Az *egyszerű közcélú telefonszolgáltatásokra* vonatkozó bizottsági javaslat hasonló pályát fog befutni. Az elemzést is tartalmazó javaslat nyilvános érdekegyeztetési szakasza lezárult, és kedvező vélemények érkeztek. A direktívára vonatkozó javaslat valószínűleg 1992 elején elkészül.

Az ONP előírások vannak kevésbé előrehaladott állapotban az Integrált Szolgáltatású Digitális Hálózatokra (ISDN) és a széles sávú hálózatokra is.

A hálózati infrastruktúra monopolhelyzetének 1992. évi felülvizsgálatát, valószínű megszüntetését az összekapcsolhatóság (interconnection), ezen belül az ONP problematikája globálissá válhat, mivel a jövőben már bárkinek joga van közvetlenül összekapcsolódni bárkivel. Ez a távolabbi jövőben további problémák felmerülését fogja jelenteni, amelyek megoldása azonban ma még nem belátható.

## 5. BESZERZÉSPOLITIKA

A távközlési ágazat liberalizációjának egy másik igen fontos eleme, hogy a távközlési szolgáltatók honnan és milyen módon szerzik be a hálózatokhoz szükséges eszközöket. 1990-ben Tanácsi Direktíva született a vízügy, a közlekedés, a távközlés és az energia szektorban működő szervezetek beszerzéseire vonatkozóan. Ennek az a lényege, hogy 1993. január 1-jétől kezdve a távközlési megrendeléseket egy bizonyos, nem túl magas értékhatár fölött nyilvános versenytárgyalások keretében lehet kiadni.

Könnyítést jelent a gyengébben fejlett országok számára, hogy esetükben ez a direktíva késleltetve lép hatályba.

## 6. SZOLGÁLTATÓI ENGEDÉLYEK KÖLCSÖNÖS ELISMERÉSE

Nyilvánvaló, hogy Európa-szerte az egységes piac általában és a távközlés tekintetében, továbbá az áruknak és a szolgáltatásoknak az Egységokmányban lefektetett szabad mozgása csak akkor lehet teljes körű, ha az egyik országban kibocsátott távközlési szolgáltatói engedélyek a közösség más országaiban is érvényesek. Ez tekinthető a folyamatban lévő távközlési reformok végkifejletének.

A szolgáltatási engedélyek kölcsönös elismeréséről szóló, pragmatikus megközelítésre vonatkozó első javaslat már elkészült, s ennek gyors hatása várható. Ez is az ONP bizottság hatáskörébe tartozik.

A javaslat értelmében a megoldás nem egy szupereurópai engedély létesítése, hanem az, hogy a tagországokban kiadott szolgáltatói engedélyeket kérelemre érvényesítik a közösség más országaiban is. Ez nagyon felgyorsítja majd a határokat is átszelő szolgáltatások terén a versenyt.

A direktívatervezet rendelkezéseket tartalmaz arról is, hogy a már meglévő hálózati üzemeltetők engedélyét vissza lehet vonni, ami fel fogja gyorsítani a versenytársak hálózatainak összekapcsolását.

Mindez egyes jóslások szerint addig is elvezethet, hogy Európában 3–5 hálózati infrastruktúra üzemeltető marad.

## 7. AZ ÁLLAMI SZABÁLYOZÁS EGYSÉGESÍTÉSE

Az 1992. év egyik legfontosabb feladata az lesz, hogy kialakítsák a tagországok állami szabályozási rendjének szorosabb koordinációját. Miközben az eddig végrehajtott távközlési reformok megteremtették az európai szintű távközlési piac előfeltételeit, el kell kerülni azt a veszélyt, hogy a monopóliumok által felszabdalt Európát a szabályozó hatóságok által felszabdalt Európa váltsa fel a jószándékú szabályozói döntések elégtelen koordinációja következtében. Félő az is, hogy az egyes tagországok nem azonos ütemben haladnak előre a reformokkal, feltartóztatva ezzel az egész folyamatot.

Jelenleg megvitatás alatt áll az a javaslat, miszerint létre kell hozni a Közösségi Távközlési Bizottságot (Community Telecommunications Committee) szabályzói jogkörrel. Ez a testület a nemzeti szabályzó szervezeteket tartalmazná,

és elősegítené a közösségi jogszabályok érvényesítését a tagországok szintjén.

## 8. AZ ŰRTÁVKÖZLÉS

A globális és európai szintű távközlés kialakításában az űrtávközlési technológia igen fontos lehetőség. Manapság legfontosabb előnye a gyors alkalmazhatósága. Egyedülálló lehetőséget teremt az eddig ellátatlan területek, így Közép-Európa ellátására is.

Az Európai Közösség Zöld Könyve az űrtávközlés liberalizációjáról 1990-ben jelent meg. Az 1991. év a nyilvános megvitatással telt el, majd a Távközlési Tanács 1991 novemberében elfogadta. Az űrtávközlési Zöld Könyv olyan kedvező fogadtatásra talált, hogy több országban a reformokat már ma is ennek a még el nem fogadott dokumentumnak, illetve ki nem dolgozott direktívának a szellemében indították meg.

A tanács határozata értelmében az űrtávközléssel kapcsolatos politika céljai a következők:

- az űrtávközlési földi állomások harmonizációja és liberalizációja, beleértve a kizárólagos és speciális jogok eltörlését,
- európai méretű űrtávközlési szolgáltatások lehetővé tétele,
- a tagországokban az űrtávközlési szabályozó és üzemeltető funkciók szétválasztása külön szervezetbe,
- az űrszegmenshez való hozzáférés könnyítése és kereskedelmi alapokra helyezése.

A direktíva 1992-ben várható.

## 9. MOBIL TÁVKÖZLÉS

A mobil távközlés egyre fontosabbá válik. Egyes jóslások szerint 10—15 év múlva elképzelhető, hogy a telefonok fele mobil lesz.

Az eddig eltelt időszakban a közösség azzal foglalkozott, hogy frekvenciákat biztosítson az ETSI által szabványosított páneurópai szolgáltatások számára. Direktíváikkal az alábbi szolgáltatások számára nyitottak utat (és frekvenciát): GSM, DECT (Digital European Cordless Telecommunications, digitális európai vezeték nélküli távközlés), ERMES (európai személyhívó).

Folyamatban van hasonlóképpen a DSRR (Digital Range Radio, digitális rövidtávú rádió), TFTS (Terrestrial Flight Telephone System, földfelszíni repülőgépi telefonrendszer), DRIVE (Car Guidance System, autóirányító rendszer). A még távolabbi tervek között szerepel a mobil digitális, nagy távolságú rádiórendszer és a rádiós LAN-ok.

## 10. FREKVENCIAELOSZTÁS

Az európai távközlési piac átalakulásával és a technológiák fejlődésével a frekvenciagazdálkodásnak a közösségen belül új korszakba kell lépnie. E korlátos erőforrás hatékony elosztása egyre izgalmasabb kérdés akkor, amikor a frekvenciák hagyományos, nagy felhasználói (műsorszórás, hadsereg, posták) mellett megjelentek az új szolgáltatók a mobil és az űrtávközlés területén.

Az új helyzetben számos európai országban kezdődtek viták a már használatban lévő frekvenciák hatékony felhasználásának biztosításáról. E viták közös eleme, hogy a frekvenciafelhasználásban nagyobb teret kapnak a piaci kritériumok és a hatékonyabb felhasználást biztosító mechanizmusok, különösen az új technológiák által érintett sávokban.

E vitáknak a kimenetele a tagországok szintjén még nem dőlt el. Annyi azonban már látszik, hogy a megoldás kulcsa az érintett szereplők (szolgáltatók, gyártók, felhasználók és szabályozók) együttműködésének fokozásában rejlik, amit 1990-ben egy tanácsi határozat is megfogalmazott.

Európai szinten már létrehozták a frekvenciagazdálkodás megfelelő szervezeteit.

## 11. SZÁMOZÁS

A számozás (vagyis a hívószámok rendszere) szintén egy igen fontos, de szűkös erőforrás. A hívószámok kötik össze nemcsak az előfizetőket, hanem irányítják a hívásokat a hálózaton keresztül, továbbá fontos gazdasági és versenyhatásaik is vannak.

A jelenlegi számozási terv a Nemzetközi Távközlési Egyesület keretében alakult ki és mintegy 75 éves. A szereplők megsokasodásával sürgetővé vált felülvizsgálatuk. 1992-ben a közösség foglalkozni fog ezzel a kérdéssel. A teljes felülvizsgálat 1995 körül várható.

Az eddigi eredmény egy direktíva volt 1991-ben, amely szerint 1992. december 31-ig a tagállamokban a vészhelyzet esetén hívandó szám egységesen 112 lesz. A határidő kitolódhat azokban az országokban, ahol az új hívószám bevezetése nagy problémát jelent.

## 12. ADATVÉDELEM

Itt a személyiségi jogok védelméről van szó, ami a közösség egyik fontos programja. A távközlés mint speciális információhordozó, a személyiségi jogok védelmének érdekében speciális szabályozást igényel. Ez tartalmában érinti pl. a telefonkönyvet, a tételes számlázást, a hívásátirányítást.

1990-ben az Európai Parlament kérésére a Távközlési Bizottság beterjesztett egy direktívatervezetet, amelyet számos kritika ért elsősorban a szolgáltatók részéről, akik az üzemeltetés folyamatosságát és hatékonyságát féltik a biztonsági intézkedésektől.

E téren még további viták várhatók, és egyelőre nem látható, hogy mikor születik meg a kompromisszum.

## 13. TARIFÁZÁS

Az alkalmazott tarifák az egyre szabadabb piacon egyre fontosabb szerephez jutnak. A közösség versenybizottsága (DG IV) jelenleg a nemzetközi tarifákat vizsgálja felül, amelyek kartell-gyanúsak. A tarifaképzés szabályozása, noha igen lényeges kérdés, még egy darabig váratni fog magára. Annyi azonban bizonyosra vehető, hogy a költségarányos árak irányában elmozdulás következik majd be.

## 14. NAGYFELBONTÁSÚ TELEVÍZIÓ (HDTV)

A nagyfelbontású TV európai szabványosítása folyamatban van. 1994-ben várható e tekintetben direktíva, majd ezután következhet a stratégia kidolgozása.

HELLER KRISZTINA
MATÁV

## SCHRACK A BUDAPESTI IFABO-N

A SCHRACK TELECOM az 1992. évi budapesti IFABO-n való szereplését úgy értékelte, hogy az a cég elvárásait mennyiségileg és minőségileg egyaránt lényegesen felülmúlta. A megnyilvánuló nagy érdeklődést a SCHRACK standot felkereső vezető magyar gazdasági szakemberek, továbbá az ország valamennyi megyéjéből érkező ügyfelek és leendő partnerek nagy száma is minősítette.

Sajnos, mint az életben oly gyakran, a kívánságok nagyobbak, mint a pénzügyi lehetőségek: az ügyfelek igényei meghaladták a rendelkezésre álló pénzeszközöket. Többen e problémát minőségi kompromisszumokkal igyekeznek áthidalni, mely köztudottan nem a hosszútávú, s a bizalmon alapuló kapcsolat építését segíti.

A szakkiállítás ideje alatt a SCHRACK három fontos szerződést kötött. Az egyik egy 500 mellékvonalas, a másik kettő egyenként 400 mellékvonalas alközpontnak egy-egy magánhálózati alkalmazására vonatkozik.

A SCHRACK kiállításon az ügyfelek érdeklődése három fő termékcsoportra irányult:

- **ISDN** — A SCHRACK digitális alközpontjai önmagukban és egymással összekapcsolva ISDN funkciókra felkészítettek. A SCHRACK az osztrák posta ISDN próbaüzemében aktívan közreműködik.
- **DECT–Pre–DECT** — A SCHRACK mint a svéd ERICSON konszern magyarországi képviselője, működés közben mutatta be a DCT 900 mobil alközponti telefonrendszert, amellyel a svéd cég a világ élvonalába tartozik.
- **MD 10000** — Az MD 10000 alközpont méltán állt az érdeklődés középpontjában számos olyan ügyfélnél, akik régi alközpontjaikat új, digitális technikával tervezik felváltani. Ezen igényeknek a SCHRACK az ERICSONnal közösen fejlesztett MD 10000 típusú alközponttal messzemenően eleget tud tenni. ∎

## EUROPA TELECOM '92

A Nemzetközi Távközlési Egyesület (ITU) Budapesten rendezi meg az Europa Telecom '92 kiállítást és fórumot 1992. október 12. és 17. között.

A távközlési kiállítás és fórum rendezvények, amelyeket világméretekben négy évenként tartanak Genfben, egyre nagyobb jelentőséggel bírnak a távközlés felhasználói, üzemeltetői és eszköz-előállítói számára egyaránt. A világ valamennyi országa távközlési vezetőinek és szakembereinek világtalálkozóját elsőízben 1971-ben tartották. A legutóbbit — a hatodikat — már Genf kiállítási célra épült hatalmas épületkomplexumában rendezték, de így is szűknek bizonyult mind a kiállítási tér, mind pedig az 50–100 km-es körzetben található szállodakapacitás.

A Hatodik Világ Távközlési Kiállítás és Fórum 1991. október 7.–15. között hatalmas siker volt, sok ezer látogatója között több száz, a távközlési szférában érdekelt szolgáltatói és ipari vezető is részt vett a Fórumnak a távközléstechnika beruházáspolitikai, technikai, üzemeltetési, jogi stb. kérdéseivel foglalkozó előadásain, illetve tekintette meg a világkiállítást.

A Nemzetközi Távközlési Egyesület felismerte azt az erőt és sokirányú lehetőséget, melyet ezek a rendezvények képviselnek. Így az ITU 1989. évi Meghatalmazotti Értekezlete e tevékenység kiszélesítésére ajánlásokat dolgozott ki.

Ennek indoklásában az ITU hangsúlyozta: a távközlési kiállítások és a kapcsolódó fórumok jelentősen hozzájárulnak ahhoz, hogy az ITU tagjai tájékozódhassanak a távközlési technika legújabb eredményeiről, továbbá népszerűsítik a távközlési tudomány és technológia lehetőségeit, ami különösen a fejlődő országok részére lehet nagyon fontos.

A különböző kontinenseken szervezett regionális távközlési kiállítások és fórumok közelebb viszik a távközlésben rejlő potenciális előnyöket egy-egy világrész népeihez és alkalmasak arra, hogy ráirányítsák a figyelmet az egyes régiók sajátos problémáira, jelezve azok lehetséges megoldásait. Különösen jó alkalmat szolgáltatnak rendezvények a fejlődő és fejlett országok közötti gazdasági szakadék áthidalásának elősegítésére, a fejlődő országok részére nélkülözhetetlen technológiai- és információátadás megkönnyítésére.

A Meghatalmazotti Értekezlet ajánlotta továbbá, hogy az ilyen kiállítások bevételének egy részét az ITU a fejlődő országok műszaki együttműködési tevékenységei támogatására használja fel.

Az ajánlás alapján az első körzeti kiállítást és fórumot az afrikai Zimbabweben rendezték, a másodikra ez év májusában a mexikói Acapulcoban kerül sor, míg a harmadik, európai rendezvényt tartják Budapesten, 1992. október közepén. Már ismert, hogy 1993-ban az ázsiai régió kiállítását és előadásait Singapore-ban rendezik meg, és tervezik 1994-ben az afrikai TELECOM-ot is. A következő világkiállításnak és fórumnak ugyancsak Genf ad otthont 1996-ban.

Az európai körzeten belül azért esett a választás Kelet-Európára és azon belül Magyarországra, mivel az itt folyó események élénk érdeklődést váltottak és váltanak ki nemcsak az európai távközlési berendezést gyártók, szállítók, befektetők, üzemeltetők, felhasználók stb. sorában, hanem számítani lehet — többek között — az amerikai, japán, dél-koreai és több más tengerentúli kiállítóra és jelentős látogatóra, valamint a most gyorsított ütemű fejlesztést végrehajtó távközlési igazgatóságok és szolgáltató vállalatok érdeklődésére is.

Siklós Csaba közlekedési, hírközlési és vízügyi miniszter úr 1990. októberben engedélyezte, hogy a Matáv tárgyaljon az ITU-val az Europa Telecom '92 megrendezéséről. A tárgyalásokon szerződéstervezetet dolgoztak ki, amely rögzíti a két fél (ITU és Matáv) teendőit. Eszerint a genfi és budapesti titkárság közösen végzi az előkészítést, a két fél egyetértésben választja ki a kiállítás és fórum alvállalkozóit, az utazási és szállítási szervezőt. A fórum programját egyeztetéssel közösen állítják össze. Jelentős segítség, hogy a magyar, illetve a közép- és kelet-európai országok résztvevői kedvezményt kapnak mind a kiállítási, mind a fórum részvételi díjból. A Matáv vállalta a kiállítással összefüggő távközlési igények kielégítését és az aktív közreműködést mind az előkészítésben, mind a lebonyolításban.

Az 1992 első negyedében aláírt szerződés ad keretet a rendezvény előkészítési és lebonyolítási részleteit is tartalmazó realizációs/kivitelezési megállapodások megkötéséhez.

A magyar távközlés részéről igen nagy az érdeklődés, feltehetően sok kiállító és fórum résztvevő fog jelentkezni. Az előzetes tervek szerint 14–16 ezer négyzetméter kiállítási terület áll majd rendelkezésre. A fórum két egymást követő részből tevődik majd össze, a fejlesztéspolitikai részt október 12–14., a műszaki részt október 15–17. között tartják. Az előadási program csak a későbbiek során fog konkretizálódni. ∎

# 1991. ÉVI PUSKÁS TIVADAR DÍJASOK

A Híradástechnikai Tudományos Egyesület Díjbizottsága az Egyesület öt tagjának ítélte oda — több évtizedes kiemelkedő szakmai és közösségi munkájuk elismeréseként — az 1991. évi Puskás Tivadar Díjat. A HTE 1992. márciusi Közgyűlésén a következők vették át az Egyesület legmagasabb kitüntetését:

**Balogh Albert,** a MEV ny. főosztályvezető helyettese, c. egyetemi docens, a műszaki tudományok kandidátusa

**Falus László,** a BHG FI főosztályvezetője

**Göblös János,** a REMIX ny. műszaki igazgatója

**Kádár Ágoston,** ny. postaforgalmi tudományos munkatárs

**Mátrai Géza,** az Interbip Invest Rt. termelési igazgatója

# 1991. ÉVI POLLÁK–VIRÁG DÍJASOK

A Híradástechnikai Tudományos Egyesület Díjbizottságának értékelése alapján a HÍRADÁSTECHNIKA szakfolyóirat 1991. évi számaiban megjelent alábbi cikkek szerzői részesültek a HTE 1992. márciusi Közgyűlésén az 1991. évi Pollák–Virág Díj elismerésben:

**Hanzó Lajos:**

az "On speech coding in a Nutshell" és a "Sokszintű kvadratúra modulációs mobil beszédátviteli rendszerek" című cikkekért (91/3. és 91/8. számok)

**Tarnay Kálmán:**

"A MOS struktúra inverziós rétegének fizikája" című cikkért (91/4. szám)

**Bozsóki István, Farkas Botond, Gödör Éva, Mihály Sándor** és **Seller Rudolf:**

az "Active microwave remote sensing" című cikkért (91/5. szám)

**Péceli Gábor:**

a "Digitális rezonátoros szűrők és transzformációk kapcsolatrendszere" című cikkért (91/6. szám)

# AMBRÓZY ANDRÁS EMLÉKALAPÍVÁNY

Az Ambrózy András Emlékalapítvány pályázatot hirdet a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Kar hallgatói részére.

A pályázat célja, hogy a Budapesti Műszaki Egyetem villamosmérnök hallgatóinak világszemléletét tágítsa és emberi fejlődésüket serkentse zenei műveltségük elmélyítésével.

Pályázhatnak azok a kiváló (legalább 4.0 tanulmányi átlagú) diákok, akik zeneelméleti, zenetörténeti, aktív zenei vagy más zenével kapcsolatos teljesítményt mutatnak fel.

A pályázatnak az alábbiakat kell tartalmaznia:

- A pályázó neve, címe és nyári címe, rövid életrajza, amely tartalmazza a pályázó szakmai (pl. TDK, Végzős Konferencia, tanulmányi versenyek stb.) és zenei tevékenységét.
- Tanulmányai valamennyi félévének eredménye.
- Zenei (számítógépes zeneelméleti, zeneelméleti, hangszerkészítői, zenetörténeti, előadóművészi stb.) teljesítmény dokumentált leírása.
- Legalább egy-egy professzori szintű ajánló javaslat a Budapesti Műszaki Egyetemről, illetve a zene területéről.

A pályázatokat a Budapesti Műszaki Egyetem villamoskari dékáni hivatalában kell benyújtani **Ambrózy András Emlékalapítvány** megjelöléssel 1992. június 30-ig.

Díjak

1 db első díj: 20.000 forint
1 db második díj: 10.000 forint

A pályázatokat a Kuratórium bírálja el. Fenntartja magának a díjak átcsoportosításának és megosztásának jogát. Az eredményt 1992. szeptemberében hirdeti ki.

A díjakat a Kuratórium ünnepi ülésén adjuk át. Magas színvonalú művészi teljesítmény díjazásának esetében a díjazott részére rangos fellépési lehetőséget biztosítunk.

A pályázatot a jövőben évente kiírják.

**Az Alapítvány Kuratóriuma**

# ELEKTRONIKA ÉS ALKATRÉSZ

## Szeminárium és kiállítás

## Balatonfüred

1992. Október 19–21.

Szokásos évenkénti rendezvényünk idei témaválasztásával a gazdasági élet széles körét kívánjuk mozgósítani. A tematika kialakításánál egyaránt gondoltunk az elektronikai iparban, a mezőgazdaságban, a vegyi és gyógyszeriparban, valamint a szolgáltatásban és a kereskedelmi szférában tevékenykedő elektronikai szakemberekre.

Főbb témáink:

- az ipar átalakulása vállalati szemmel;
- szereléstechnikai és elektromechanikus elemek;
- út a gépkocsi iparba;
- távközlés–ipar–szolgáltatás kapcsolata;
- információ továbbítás kábelen;
- a teljesítmény elektronika lehetőségei;
- érzékelők szerepe az elektronizálásban;
- a mezőgazdaság és feldolgozó ipar igényei;
- vegyi és gyógyszeripar kapcsolata az elektronikával;
- minőségbiztosítás, minőségtanúsítás.

Előadással való jelentkezés határideje:

**1992. augusztus 31.**

(Az előadások elfogadásáról értesítést küldünk.)

Kiállítók és hallgatók jelentkezési ideje:

**1992. szeptember 20.**

Részletes felvilágosítás és jelentkezési lap kérhető a HTE Titkárságon Nagy Olivérnétől.

## TÁJÉKOZTATÓ SZERZŐK RÉSZÉRE

A folyóirat egyes számai az elektronika egy-egy fontos témaköréről adnak átfogó képet. A tematikus cikkeken kívül a folyóiratnak a következő állandó rovatai vannak:

– EGYEDI CIKKEK: a kitűzött témakörön kívüli cikkek számára.

– TERMÉKEK–SZOLGÁLTATÁSOK: eszközökről, berendezésekről, szoftvertermékekről és szolgáltatásokról közöl információt.

– GAZDASÁG–KUTATÁS–OKTATÁS: gazdasági összefüggésekről, kutatási lehetőségekről, szakemberképzésről ad tájékoztatást.

– HÍREK–ESEMÉNYEK: elektronikai vállalatokról, fontosabb rendezvényekről számol be.

– NÉZETEK–VÉLEMÉNYEK: az olvasók észrevételeit, megjegyzéseit közli.

A cikkeket két példányban kell beküldeni a lap felelős szerkesztőjének címére (lásd a belső borítón). A cikkek max. terjedelme 30, kettes sortávolságú gépelt oldal (minden ábrát 1 oldalnak számolva), a cikk elején 100–200 szavas magyar és angol nyelvű kivonattal. A szerzők rövid életrajzát és kontrasztos fényképét mellékelni kell. A TERMÉKEK–SZOLGÁLTATÁSOK és a GAZDASÁG–KUTATÁS–OKTATÁS rovatok cikkei legfeljebb 16, kettes sortávolságú oldal terjedelműek lehetnek.

Az ábrák tussal, fehér papírra készített eredeti példányát kell mellékelni. Az ábrákon nagybetűs feliratokat kell alkalmazni olyan méretben, hogy azok az ábrák egy vagy két hasábos kicsinyítése esetén is jól olvashatók legyenek. Az ábrafeliratokat külön lapon kell mellékelni. Lehetőség szerint kerülni kell a fényképek használatát.

A TERMÉKEK–SZOLGÁLTATÁSOK rovatban megjelent cikkekért a szerző vállalatától nyomtatott oldalanként 8000,– Ft költségtérítést kérünk.

A Kontrax Telekom Részvénytársaság
a távközlésben
az igények teljeskörű kielégítésére törekszik.

## Mi szükséges a jó minőségű távközlési szolgáltatáshoz ?

Korszerű, digitális átvitelre alkalmas telefonhálózat,
modern, a legkorszerűbb technikán alapuló
telefonközpontok , alközpontok,
a digitális technikát használni képes berendezések,
készülékek a vonal végén,
az Önök asztalán, az Önök kezében.

## Ma már a Kontrax Telekom, partnereivel együtt képes a legösszetettebb igények kielégítésére is.

A távközlési szolgáltatások megszervezése,
tervezése, a beruházások lebonyolítása terén is
a minőséget kínálja, azt a minőséget,
amit üzletfelei megszokhattak
a Kontrax Telekom által forgalmazott
alközpontoknál, készülékeknél.

Számíthat ránk. Keressen minket!

*Hogy a "Holnap hívása" lehetőséggé váljon !*

KONTRAX
TELEKOM

1143 Budapest, Egressy út 20.Tel.: 251-48-88, 251-75-55 Fax: 252-57-68

# Vállalkozók!
# Vállalatok!

Ajánljuk elektronikus
telefonközpontjainkat
8 –
32 –
64 –
128 – vonalkapacitásig
(6000 vonalig bővíthető)

RAKTÁRRÓL
SZÁLLÍTJUK!

KEDVEZŐ
ÁRON!

BHG Híradástechnikai Vállalat
Budapest XI., Fehérvári út 70.
Tel.: 1669-543
Fax: 1667-433

BHG®
BUDAPEST