

Berendezésorientált áramkörök vizsgálatának mérőautomatikus megoldásai

TAKÁCSNÉ MAROS DÓRA
KKVMF



ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk egy olyan mérőautomata berendezést ismertet, mely alkalmas max. 40 lábú digitális integrált áramkör funkcionális vizsgálatára. A cikk tartalmazza a mérések elvi megoldását, a berendezések felépítését, valamint a különböző célra készült mérőprogramok működését.

1. Bevezetés

A berendezésorientált áramkörök (BOÁK) manapság egyre inkább tért hódítanak az elektronika minden területén. Mivel ezek az áramkörök speciális funkciókat látnak el és kis darabszámmal készülnek (néhány száz — néhány ezer), a katalógus áramkörökhöz képest előállításuk költségek (tervezés, gyártás) meglehetősen magasak. Így mind a gyártónak, mind a felhasználónak kölcsönös érdeke, hogy a felhasználásra kerülő kész integrált áramkörök funkcionális működésüket és áramköri paramétereiket tekintve maximálisan megfeleljenek a kívánalmaknak.

A fentiekből következik, hogy ezen áramkörök mérőautomatás tesztelése mindinkább szükségessé válik.

A nem katalógus áramkörök közül a közeljövőben várhatóan a gate-array áramkörök fognak leggyorsabban terjedni hazánkban is.

A cikkben egy olyan gate-array áramkört tesztelő automatát mutatunk be amely CAMAC-rendszerre [2] épül és alkalmas max. 40 lábú tokozott és tokozatlan (szeleten lévő chip) áramkörök funkcionális működésének vizsgálatára.

A Kandó Főiskola Híradásipari Intézetében több éve folyik kutató-fejlesztő munka különböző mérőautomaták kifejlesztésére. Közülük megemlítjük az ún. HIBRID-NYÁK vizsgáló automatát [3, 4], mely nyomtatott áramkörök analóg és digitális vizsgálatát végzi és egyik változata a Híradásipari mérések és technológiák című tantárgy laboratóriumi mérései között is szerepel. Főiskolánk és a Központi Fizikai Kutató Intézet több éve folyó együttműködésének újabb gyümölcse a fent említett CAMAC gate-array mérőautomata rendszer.

2. Követelmények, specifikációk

A mérőautomata kialakításánál a következő szempontokat vettük figyelembe:

— A hardware kiépítés moduláris és meglévő, jól bevált elemeket használ fel. Ezért a központi

TAKÁCSNÉ MAROS
DÓRA

Tanulmányait 1981-ben fejezte be a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki szakán. Ezután két évig a MOM Kutató Laboratóriumában dolgo-

zott fejlesztő mérnökként. 1983-tól a Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskola tanársegédje. A Híradásipari Intézetben az oktatói munkán kívül számítástechnikával és mérés technikával foglalkozik.

egység CAMAC modulokból épül fel, mely biztosítja a rendszer bővíthetőségét és így a későbbiekben megkönnyíti a továbbfejlesztést. Az esetleges hardware kiegészítések is szorosan illeszkednek a rendszerbe.

— A mérőautomata központi egységéhez kapcsolódó perifériák szocialista relációban kapható berendezések, ezek a következők:

- VT 52120 display terminál
- DZM sornyomtató
- dual floppy driver (MOM)
- szeletek méréséhez szovjet gyártmányú EM manipulátor asztal

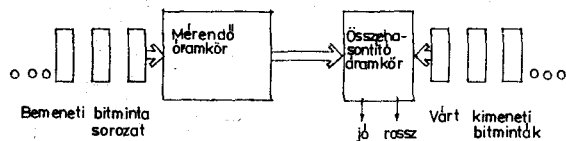
— A mérőautomatához tartozó software megvalósításánál a könnyű kezelhetőségre és a rendszer sokrétű felhasználására törekedtünk. Ezért a megoldás nagymértékben támaszkodik a korszerű professzionális személyi számítógépnél kialakult szokásokra. Maga az automata a CAMAC rendszer CP/M kompatibilis DOS—80 operációs rendszerét használja a mérőprogramok futtatásához, így általános személyi számítógépek is tekinthető személyi felhasználati lehetőséggel és programellátottsággal.

— Az automatáknak közepes darabszámú, de igen sokféle típusú szelet, ill. tokozott áramkör vizsgálatára kell alkalmasnak lennie. A vizsgálat ill. mérés sebességének optimális megválasztására kell törekedni, de az is rendkívül fontos, hogy viszonylag egyszerű módon lehessen áttérni az egyik egyedi áramkör méréséről a másikra.

A fentiek figyelembe véve alakult ki az a mérőrendszer, mely alapján képezte a gate-array áramkörök teszteléséhez szükséges hardware és software háttér megteremtésének.

E többrétű munkakapcsolatban, melyben több kutató intézet is együttműködött (KFKI, MIKI, SZKI) intézetünk feladata volt a geta-array mérési stratégiájának kidolgozása, valamint a méréshez szükséges vezérlő programok megírása. Ezen feladatok elvégzéséhez a következő specifikációk álltak rendelkezésünkre:

Beérkezett: 1987. III. 30.(#)



H323-1

1. ábra. A mérés elve

- a mérendő áramkörben lévő (ekvivalens) kapuk maximális száma: 800
- a bemenő- ill. mért eredmény-bitminta gyors tároló 16 bites lépésekkel bővíthető
- max. 40 lábú IC vizsgálata, max. 32 bemeneti és max. 32 kimeneti pinnel
- időrögzítés 50 μsec -os lépésekben változtatható 2 μsec -ig
- 3 féle változtatható tápegység szükséges az IC-k tápellátásának biztosítására, 0—15 V tartományban, max. 2 A terhelhetőséggel
- két változtatható megszólalási küszöbértékű komparátor a kimeneti jelszintek vizsgálatához (0—10 V)
- változtatható meneti jelszintek 0—10 V tartományban 50 mV-os lépésekben. Külön megadható a bemeneti jel „high” és „low” szintje.
- a vizsgálat aszinkron jellegű, az áramkörök stationer állapotát vizsgálja.

A specifikációk alapján olyan programozható modulokkal és kiegészítő áramkörökkel bővítettük a CAMAC rendszert, melyek a berendezést alkalmassá tették a szükséges vizsgálatok elvégzéséhez. Ezen modulok és áramkörök ismertetésére a 4. és 5. fejezetben térünk ki.

A tesztelő automata mérőprogramjainak kialakításában igen fontos tényezőnek kell tekinteni a könnyű kezelhetőséget (pl. előlapi kezelőszervekkel) és az interaktív futtatási lehetőséget, mely széles körű vizsgálatokra ad alkalmat. Ezek alapján két féle programváltozat is készült tokozott IC-k tesztelésére. A harmadik programváltozat szeleten lévő chipok tesztelését végzi a manipulátor egység segítségével.

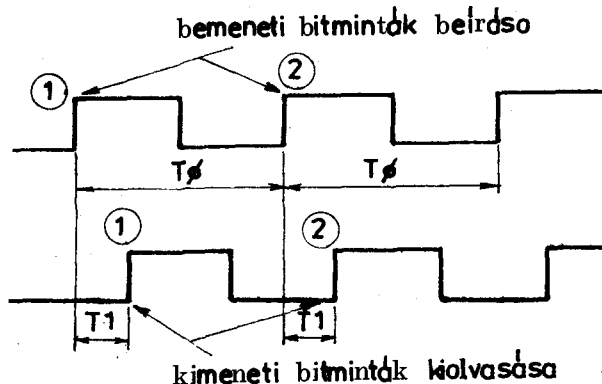
3. A mérések elve, vizsgálati stratégiák

A mérés elve a fent említett három programváltozatban ugyanaz.

Az áramkör bemenetire egymás után előre megtervezett bitminta sorozatot adunk (1. ábra). A mérendő áramkör kimeneteit egy összehasonlító áramkör egyik bemenetére adjuk. Az összehasonlító áramkör egyik bemenetére adjuk. Az összehasonlító áramkör másik bemenetére megfelelő szinkronizálással juttatjuk a megadott meneti bitmintához tartozó kimeneti mért bitmintát. Ha az áramkör az összes bemeneti bitmintára helyes választ ad — azaz az áramkör kimenetein kapott bitkombináció megegyezik a várt bitkombinációval — akkor az áramkört jónak minősítjük. Ha bármelyik összehasonlítás eredményeképpen a várt és kapott bitminta akár egy bitben is különbözik, az áramkör „nem felelt meg” minősítést kap. A bemenő bitminta szélessége (bitek száma) meg-

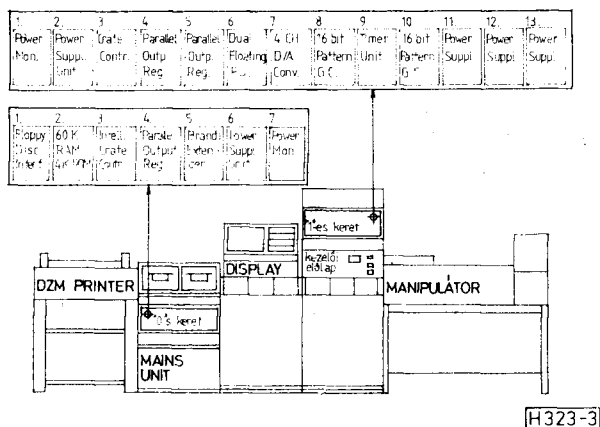
egyezik a mérendő IC bemeneteinek számával, a kimenő bitminta ill. a várt kimeneti bitminta szélessége pedig az áramkör kimeneteinek számával. A tesztelés aszinkron és a kimenő bitminta összehasonlítása az áramkör megnyugodott állapotában történik. Ennek megfelelően kell megválasztani azt a két szinkronizációs jelet, melyek végső soron a tesztelés sebességét határozzák meg (2. ábra). Az egyik szinkronizációs jel felfutó éleire történik az egymás utáni bitminták beírása az áramkör bemeneteire $T\phi$ időközönként. $T\phi$ paramétert ciklusidőnek nevezzük. A másik szinkronizációs jel felfutó élei pedig azok az időpillanatok, amikor a kimeneteken megjelenő bitkombinációt kiolvassuk. A beírás és kiolvasás között eltelt időt késleltetésnek nevezzük és $T1$ -gyei jelöljük.

A mérő bitminta sorozat megfelelő összeállítása igen fontos tényező az automata hatásos működésének szempontjából. Kombinációs áramkörök tesztelése esetén az összes bemenő és a hozzátartozó összes kimenő bitvariáció megadásával kimutatható lenne az összes hiba, függetlenül a bemenő bitkombinációk sorrendjétől. A szekvenciális hálózatoknál azonban — mivel ezek tároló elemeket is tartalmaznak — az egyes bemenő kombinációk sorrendje is lényeges, ezért nagy elemszámú áramköröknél gyakorlatilag számtalan sok bitkombinációt kellene adni a bemenetekre, hogy az összes lehetséges hibát kimutassuk. Célzerűen tehát úgy kell megválasztani a vizsgáló bitmintasorozatot, hogy az lehetőleg minél rövidebb legyen a mérési idő szempontjából, de lehetőleg minél több hibát legyen képes kimutatni. Az eddigi tapasztalatok azt mutatják, hogy ezernél kevesebb ekvivalens kapuszámú áramköröknél 600—800 bemenő tesztmintából álló sorozattal kb. 90—95%-os hiba kimutatást lehet elérni. Ez a hibakimutatási arány a gyakorlatban elfogadható, ha feltételezzük, hogy a hiba többnyire csak a ritkán használt funkciókban jelenik meg. A tesztminták megtervezése igen alapos munkát igényel. A tesztminták egy lemezen állnak rendelkezésünkre, melyeket egy kisegítő program olvas be a memória megfelelő rekeszeibe. A teszt sorozatok előállításának módjairól és az ún. test file felépítéséről, valamint a mérőprogramokról a következő fejezetekben lesz



H323-2

2. ábra. Szinkronizációs jelek



3. ábra. CAMAC mérőautomata

szó. Először azonban némi áttekintést adunk a CAMAC-rendszerrel és a köré épülő kiegészítő áramkörökről és perifériákról.

4. A mérőautomata hardware felépítése

A CAMAC gate-array mérőautomata moduláris rendszeren alapuló berendezés. Az egyes modulok külön áramköri egységként működnek, központi tápellátással (3. ábra). A modulok közti kapcsolatot egyrészt egy közös buszrendszer, másrészt a modulok elő- és hátlapján található csatlakozókon keresztül, kábelösszeköttetések hozzák létre. Az ábrán szemléltettük a CAMAC rendszerhez csatlakozó perifériákat is.

A teljes berendezés központi tápellátását egy univerzális MASTER-SLAVE tápegység biztosítja. A CAMAC modulok két ún. keretben helyezkednek el („0” és „1” jelöléssel). Ha a rendszert bővíteni akarjuk, újabb keretek helyezhetők el, melyekben újabb moduláramkörök kaphatnak helyet.

Rendszerünkben használt modulok funkcionális működésüket tekintve több csoportba sorolhatók:

- vezérlők (pl. keret vezérlő)
- memóriák (60K RAM, 4K ROM)
- tápegységek (pl. modulok tápellátása..)
- output regiszterek, interfacek (floppy interface..)
- programozható modulok (időrögzítő egység, PGC,..)

Az egyes modulok részletes ismertetésére ebben a cikkben nem térünk ki, kivételt képeznek azok a modulok melyek a tesztprogram futásakor fontos szerepet játszanak. Ezek a programozható modulok a következők:

- időzítőegység (TIMER UNIT)
- 2 db 16 bites minta generátor, komparátor (PGC)
- 2 db tápegység (POWER SUPPLY)
- 4 csatornás D/A konverter (4 CH D/A con.)

Az időzítőegység több csatornán a mérésekhez szükséges időzítő jeleket állítja elő. Ezek az időjelek egy programozható frekvenciájú alapóra-jelhez képest beállítható késleltetéssel rendelkeznek (T₀ és T₁). Az időzítőegység, két egyenként 16 bites PGC modulhoz csatlakozik. A PGC egy-

ségek végzik a tesztelés elvégzéséhez szükséges max. 1024 db tesztminta generálását. A két modulal tehát max. 32 bites várt kimeneti és bemeneti bitkombináció állítható be. A PGC egységekben található az összehasonlító áramkör is, amely a kimeneteken megjelenő bitkombinációt hasonlítja össze a várt bitkombinációval. Hiba esetén a hibaregiszterben a megfelelő bithelyen logikai „1” generálódik. A hibaregiszter kiolvasásával és értékelésével dönthető el, hogy az áramkör hibás vagy hibátlan. A nem használt biteket a PGC maszkregiszterének segítségével lehet „letakarni”. („1” ha a biteket figyeljük: „0” ha a biteket nem figyeljük.) A 3 db programozható tápegység a vizsgálandó IC-k tápellátását biztosítja (0—15 V). A 4 csatornás D/A konverterben programozható a bemenő bit logikai „0” és „1” szintje, valamint a kimeneti bitek komparálási szintje.

A mérőrendszerben további kiegészítő áramköröket használunk.

A kezelői előlapon kijelzők találhatóak a mérés eredményének visszajelzésére és egy nyomógomb a mérés indításához.

A kezelői előlap alatti asztalban helyezkedik el az ún. GATE-ARRAY mérőpanel, a mérendő áramkört az asztalon lévő foglalatba kell helyezni. A mérőpanel 32 driver és 32 komparátor áramkört tartalmaz és ezekhez tartozik 32 input (driver áramkörök kimenetei és 32 output (komparátor áramkörök bemenetei) pont. Ezekhez a pontokhoz átdugaszolással rendeljük hozzá a megfelelő IC lábakat az áramkör lábkoisztása alapján. Ezzel a módszerrel könnyen át lehet térni az egyik féle áramkör méréséről a másikra. Külön megemlítjük a berendezéshez csatlakozó EM manipulátort, mely automatikus léptetéssel és pozicionálással teszteli a szeleten lévő chipet. A manipulátor a szeletet úgy mozgatja, hogy a rajta lévő áramköröket sorjában a mérőtűkártya alá helyezik. A tűs érintkezők egy szalagkábelon keresztül csatlakoznak a mérőasztalon lévő 40 lábú DUAL-IN LINE mérőfoglalathoz. A mérőtűk a pozicionálás után a chip kivezetéseivel érintkeznek és a központi egység végrehajtja a mérőprogramot.

5. Programrendszer

A GATE-ARRAY tesztelő berendezés programrendszere két részre osztható, melyek között az egyes áramkörök tényleges vizsgálati műveleteit leíró ún. test file teremt kapcsolatot.

Ezek a következők:

- test file előállító programok
- test file futtató programok

5.1. A test-file felépítése, előállítása

A test-file olyan floppy lemezen tárolt adatsorozat, mely meghatározza egy konkrét áramkör vizsgálathoz szükséges programozható környezetet: PIN identifikáció (pinek hozzárendelése az IC lábaihoz): tápfeszültség értéke; áramkorlátok; logikai és komparálási szintek, időzítési értékek; bemeneti és várt kimeneti bitkombinációk sorozata. A test file tehát egyedi, minden egyes áramkörhöz, annak működési jellemzői alapján kell kidolgozni

úgy, hogy lehetőleg az áramkör minden funkciója és minden kritikus helyzete ellenőrizve legyen.

A test-file előállítására rendszerünkben 3 féle megoldás lehetséges:

a) Automatikus teszgenerálás

Ennek során az áramkör logikai kapcsolása (áramköri felépítése) alapján számítógéppel történik a tesztvizsgálati lépések meghatározása úgy, hogy minden egyes áramköri elem ellenőrzésre kerüljön. Ez a megoldás nagyszámítógépes háttérrel igényel az áramkörök bonyolultsága miatt és nem képes kritikus állapotkombinációk meghatározására [6].

b) Tesztgenerálás tesztelítő nyelven

A test file minden egyes eleme magas szintű feladat-orientált nyelv segítségével írható le. Ez az eljárás azonban feltételezi az áramkör logikai funkcióinak ismeretét, (pl. katalógus adatok alapján) de mód van kritikus áramköri kombinációk és tristate kimenetek ellenőrzésére is.

c) Manuális beavatkozások

Lehetőség van egy régebbi test file adatainak közvetlen megváltoztatására is oly módon, hogy a régi test-file adatok beolvasása után a szükséges rekeszek tartalmát módosítjuk és visszaírjuk a floppy disce. Ehhez a művelethez a CAMAC DOS-80 operációs rendszerének programjait használtuk fel. Rövidebb test file-ok esetében ezt a megoldást választottuk.

A fent leírt három módszer közül a programozó, több szempontot is mérlegelve, (bonyolultsági fok, kritikus helyzetek száma stb.) választhatja meg a legmegfelelőbbet.

5.2. Test-file futtatása, mérőprogramok

A mérőprogramok megírásánál olyan programcsomag kialakítására törekedtünk, mely széles körű felhasználást tesz lehetővé. A programcsomag a főprogramok és ezek futtatásához szükséges segédprogramokat tartalmazza.

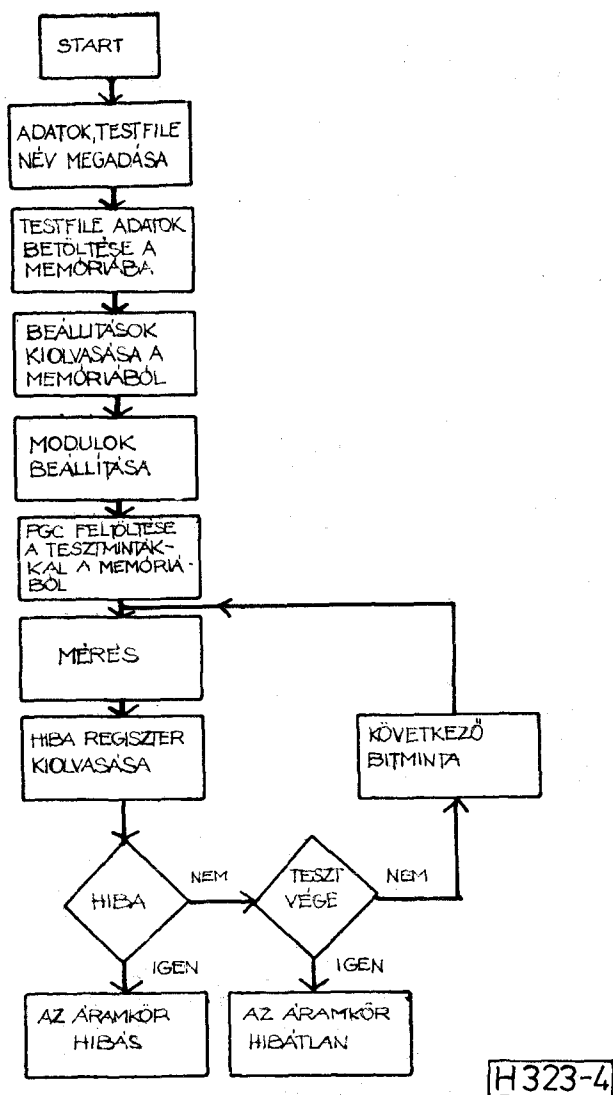
A főprogramok a következők:

- tesztprogram tokozott áramkörök sorozatméréséhez (PROB)
- fejlesztői program tokozott IC-k egyedi, széles körű tesztelésére (KLM)
- tesztprogram szeleten lévő chippek tesztelésére automatikus léptetéssel, pozicionálással (MANIP)

Segédprogramok:

- töltőprogram a test-file adatainak beolvasására a memóriába (PRD8)
- töltőprogram az FRD8 betöltésére a memória negadott címétől kezdődően (HEXLOAD)
- program a sorozat mérések eredményeiről készült ún. napló file-ok kiírására, kinyomtatására (NAPLÓ)

A programok CAMAC orientált BASIC 12 nyelven készültek és DOS alatt közvetlenül futtathatók. Kivételt képez az ERD8 nevű töltőprogram, mely a főprogramból hívható gépi kódú alprogramként. A három főprogram gerincét alkotó program-



4. ábra. A mérőprogram működése

részt a 4. ábrán látható folyamatábrán szemléltetjük. A programok közötti eltérés a vizsgálati stratégiában a mérés indításának módjában valamint a hibák értékelésében mutatkozik meg.

Ezek az eltérések a következők:

- tokozott IC-k sorozatmérésénél az egyszerű kezelhetőségre törekedtünk. Ez azt jelenti, hogy a mérések indítása és értékelése a kezelői előlapon lévő kezelőgombokkal és kijelzőkkel történik, melyek csak azt regisztrálják, hogy az áramkör hibás vagy hibátlan, de a hiba helyéről nem adnak tájékoztatást. A testmérés hibátlan áramkör esetén kétszer fut le. Először a névleges tápfeszültségek (test file adat) 5%-kal növelt, majd 5%-al csökkentett értékeivel. A program regisztrálja a letesztelt, a jó és rossz áramkörök számát, mely a sorozatmérés végén a test file adataival együtt floppy lemezen rögzítésre kerülnek.
- A fejlesztő programváltozat segítségével az elektronikus szakember (tervező) elvégezheti egy áramkör bizonyos fokú típusvizsgálatát. Interaktív módszerrel könnyen változtathatja a

test file adatait (tápfeszültségeket, időzítéseket, logikai és komparálási szinteket). A bitminták megváltoztatására azonban ebben a programban sincs lehetőség, ehelyett a már említett eljárást (lásd manuális beavatkozások) kell alkalmazni. Ha módosítás történt, a mérőprogram a módosított értékeket tekinti névlegesnek. A vizsgálati stratégia is nagy mértékben különbözik az előbbtől, hisz az a célunk, hogy minél szélesebb körű vizsgálatoknak vessük alá az áramkört. Ezért 8 különféle módosítást eszközlünk a programon belül a névleges értékektől való eltérésre. Egy adott beállítás mellett ötször fut le ugyanaz a mérés, ha nem volt hiba. Hiba esetén a képernyőn megjelenik a hibaregiszter tartalma és a bemeneti és a kapott, azaz a mért kimeneti bitkombináció. Ezzel közvetlenül értékelhető a hibás bit helye. A mérés indítása és egyéb választási lehetőségek is csak a billentyűzetről kérhetők.

- A tokozatlan áramkörök mérése a központi vezérlőhöz megfelelően csatlakoztatott manipulátor asztal segítségével történik. A manipulátor automatikusan pozicionálja a mérőkártyát a mérendő chip fölé és a számítógép felől érkező start jel hatására indul egy chip mérése. Ha hibás volt a chip, a készülék festék pöttyöt helyez az áramkörre, majd automatikusan tovább lép. A mérések mindaddig automatikusan végrehajtnak, amíg a tárban van szelet. A hibás és hibátlan chipeket a manipulátor is számlálja.

Mint már említettük a sorozatmérések eredményei floppy discen kerülnek rögzítésre. Egy adott mérési sorozathoz egy adott nevű NAPLO file tartozik, melynek neve a test file nevéből és a

sorozatszámából adódik. A NAPLO segédprogram segítségével bármikor lekérdezhető egy régebbi NAPLO file, mely az áramkörhöz tartozó test file adatait is tartalmazza.

Összegezés

A CAMAC Gate-array mérőautomata rendszer kialakításánál és a mérőprogramok kidolgozásánál különösen ügyeltünk azoknak a követelményeknek és specifikációknak a betartására, melyeket a cikk elején leírtunk. Úgy érezzük, hogy széles körű együttműködés keretében sikerült egy olyan berendezést kialakítani, melynek tagadhatatlan előnye a moduláris kiépítésből adódóan a bővíthetőség, a széles körű felhasználás és rugalmas kezelhetőség.

A terjedelmi kötöttségekre tekintettel a tárgyalt téma részletes ismertetése nem állt módunkban, mindazonáltal reméljük, hogy a mérőautomata rendszerről sikerült némi áttekintést adni.

I R O D A L O M

- [1] *Umney, J.*: Programozható kapuhálózatok tervezése személyi számítógép gate-array disigns using the PC) *Electro. eng.* 58. k. 714. sz. 1986. jún. p: 105—112.
- [2] *Bíri János—Lukács József*: CAMAC periféria-rendszer (Bp. Műszaki Könyvkiadó 1976.)
- [3] *Temesvári Zsolt*: A híradásipar mérőautomatáiról II. *Híradástechnika* 1980. XXXI. évf. 4. sz.
- [4] *Temesvári Zsolt*: A híradásipar mérőautomatáiról IV: *Híradástechnika* 1982. XXXIII. évf. 7. sz.
- [5] *CAMAC GATE-ARRAY* mérőautomata berendezés gépkönyve, használati utasítása (1986).
- [6] *Georing, R.*: Sorrendi logikai hálózatokhoz használható automatikus ellenőrző mintagenerálási eljárás (Automatic test generation tackles sequential logic) *Comput. des.* 25. k. 3. sz. 1986. febr. 1. p: 24—26.