

# IMPORTANTELE PROGRESE ÎN FIABILITATE SUNT OGLINDA SUCESELOR DIN CERCETARE

**Titu I. BAJENESCU**  
C.F.C., Elveția



Este un cunoscut specialist elvețian de origine română, cu o bogată experiență în domeniile fiabilității în electronică, telecomunicațiilor moderne și aplicațiilor acestora în cele mai diferite domenii. Membru Senior de peste 25 de ani al prestigiosului IEEE, membru al Academiei de Științe din New York, figurând în numeroase volume „Who's Who”, propus de două ori pentru Premiul „Tudor Tănăsescu” al Academiei Române, propus pentru premiul AGIR 2003, consultant și expert internațional cu bogate contribuții științifice la cele mai cunoscute firme internaționale din domeniul său de activitate, fost profesor și redactor-șef al unei reviste internaționale de specialitate, Titu I. Bajenescu a fost mulți ani manager al departamentelor de quality-reliability-dependability în câteva firme de mare renume în electronica din Europa Occidentală. Este autorul mai multor volume de specialitate editate în S.U.A., Anglia, Germania, Franța, Elveția, România, precum și al unui mare număr de articole și comunicări la congrese internaționale, unde a fost deseori desemnat ca membru în juriu sau președinte al unei secțiuni.

**Marius I. BĂZU**  
Institutul National de Microtehnologii, IMT-București



A absolvit facultatea de Electronică și Telecomunicații a Universității „Politehnica” – București în 1971. Din anul 1979 activează în domeniul fiabilității și este, în prezent, șeful laboratorului de fiabilitate al Institutului Național de Microtehnologii (IMT) din București. Este autor și coautor la peste 100 de articole și comunicări științifice în reviste internaționale sau la conferințe de prestigiu. Membru al IEEE, al AGIR și al Societății Române de Fiabilitate, precum și referent al revistei IEEE Transactions on Reliability. Coordonator al proiectului internațional PHARE/TTQM (1997-1999), este în prezent unul dintre coordonatorii „cluster”-ului de Fiabilitate & Caracterizare al Rețelei de Excelență „Patent-DfMM”, cu 24 de participanți din țări europene, proiect finanțat în perioada 2004-2008 prin Programul Cadru 6 al UE.

**REZUMAT. Se trec în revistă enormele progrese obținute în domeniul fiabilității sistemelor complexe, în ultimele decenii, folosite în scopuri civile, militare și/sau spațiale. Se pune accentul pe importantele succese obținute în laboratoarele de cercetări din întreaga lume. Trecerea în revistă se încheie cu satelitul european Glove A care va testa, în spațiu, tehnologiile viitorului sistem european de localizare Galileo, lansat la 28 decembrie 2005.**

**Cuvinte cheie:** sistem complex, fiabilitate, sistem de localizare.

**ABSTRACT. After a short overview concerning the recent history of reliability progresses of complex systems, used for civil, military, and/or space purposes, some important successes continuously obtained in research laboratories of the whole world are mentioned. The overview ends with the European satellite Glove A which will test, in space, the technologies of the future localization european system Galileo, launched at 28 December 2005.**

**Key-words:** complex system, reliability, localization system.

## 1. PUȚINĂ ISTORIE

Primele studii amănunțite ale fiabilității componentelor electronice au fost întreprinse pentru a îmbunătăți performanțele sistemelor de comunicații și de navigație, folosite de armata S.U.A. Tehnicile puse la punct atunci au fost perfecționate ulterior și au fost aplicate echipamentelor utilizate pentru multe alte aplicații unde fiabilitatea ridicată era de o importanță capitală - cum ar fi, de

exemplu, sistemele electronice de comunicații folosite de companiile civile de transport aerian.

Evoluția produselor fiabile, de calitate superioară, este asigurată de un personal tehnic deosebit de calificat. Acești tehnicieni nu pot avea succes, decât dacă li se da posibilitatea să ridice fiabilitatea produselor finale respective la nivelul necesar de satisfacție, cerut de utilizatori. Cu toate acestea, relativ puțini manageri sunt conștienți de valoarea marelui potențial al fiabilității, în realizarea

respectivelor produse sau servicii de care ei sunt răspunzători. Căci, în cele mai multe cazuri, satisfacția clienților depinde în mult mai mare măsură de fiabilitatea performanțelor, decât de calitate – în sensul industrial al termenului.

A fost o vreme (îndepărtată) când un *design* fiabil se făcea „alegând exemplare bune și utilizându-le corect”. În zilele noastre, complexitatea sistemelor, în special a sistemelor electronice, și cererile pentru produse extrem de fiabile, în multe aplicații, au făcut ca metode sofisticate bazate pe analiza numerică și pe tehnici de probabilitate să-și facă apariția, cu deosebire în primele faze ale proiectării, pentru a determina fezabilitatea sistemelor. Complexitatea mereu în creștere a sistemelor, cât și rapida creștere a costurilor - în cazurile în care funcționarea corectă nu putea fi asigurată, în mod normal - au atras atenția asupra aspectelor de fiabilitate ale componentelor; componentele și materialele pot avea un impact hotărâtor asupra calității și fiabilității echipamentelor și sistemelor în care acestea sunt utilizate.

## 2. ELEMENTE ESENȚIALE

Performanțele cerute parametrilor componentelor sunt definite de aplicația respectivă. O dată stabilite aceste cerințe, *derating*-ul necesar este determinat ținând seama de relația cantitativă dintre rata de defectare  $\lambda$  și factorii de stres. Selectarea componentelor n-ar trebui să se bazeze doar pe informațiile furnizate de foaia de date a fabricantului, deoarece nu toți parametrii sunt totdeauna specificați și / sau pentru ca dispozitivul respectiv să-și poată pune în aplicare conform măcar cu unii din acești parametri.

Când un sistem se defectează, nu este totdeauna ușor să se determine motivele care au condus la defectarea sa. Totuși, o dată ce a fost determinată cauza defectării, se constată - de cele mai multe ori - că ea se datorează unei componente de calitate inferioară sau unei întrebuițări exagerate a sistemului, sau a unei părți din sistem ori a unei combinații a acestora. Firește, defectarea poate apărea ca urmare a unei erori de concepție, chiar dacă nici o componentă n-a căzut în pană. *Design*-ul, proiectarea este o parte intrinsecă a fiabilității sistemului. O posibilitate de a îmbunătăți fiabilitatea este aceea de a folosi componente care au un trecut și o istorie de înaltă fiabilitate. Invers, clase ale componentelor suspecte de defectări - datorate, în mod obișnuit, unor anumite „slăbiciuni” ale proiectării materialelor - pot fi evitate. Chiar componentele bine proiectate pot fi incorect fabricate. Un proces de fabricație poate deveni greșit sau poate face - de cele mai multe ori - un „pas” care cere intervenția operatorului, ceea ce poate conduce ocazional la o componentă sub standarde sau care să cadă în pană, chiar *sub* stresul nominal.

## 3. SCREENING ȘI BURN-IN

Procesul încercării de selecție (*screening*) și/sau de ardere (*burn-in*) - necesar pentru a elimina componentele „slabe” - s-au născut în laboratoarele de cercetare, cu mulți ani în urmă și sunt astăzi universal acceptate ca instrumente pentru controlul calității, cu scopul de a realiza sisteme de înaltă fiabilitate.

Tehnologia are de jucat un rol important în privința fiabilității componentei considerate, deoarece fiecare tehnologie are avantajele și neajunsurile ei, atât în ceea ce privește performanțele parametrilor, cât și ale fiabilității.

Tabelul 1. Comparație între costurile unei componente defecte (exprimate în CHF).

Tip de produse	Control de intrare al componentelor	Controlul plăcilor echipate (PCBs)	Controlul sistemelor în fabrica	Defectare la utilizator, în perioada de garanție
Uz general	6	15	15	150
Industriale	12	75	135	645
Militare	21	150	360	3000

Mai mult, pentru circuite integrate, de exemplu, selecția formei de încapsulare a structurilor (*packaging*) este deosebit de importantă [*inserted, surface-mounted, plastic quad flatpack, fine pitch*; dispozitive ermetice (încapsulate în material ceramic, *cerdip*, capsula metalică *metal can*); rezistență termică, problema umidității, pasivarea, încercările de selecție din timpul procesului de lipire, soliditatea mecanică], ca și tipul circuitului și numărul de broșe (*pins*).

Toate sursele bibliografice sunt de acord asupra unei chestiuni importante: nivelul de selecție este cel care permite abordarea din punct de vedere economic a fiabilității sistemelor electronice. Tabelul 1 prezintă o comparație a costurilor pentru patru niveluri de selecție și trei categorii de produse. Rezultă că întotdeauna este mai economic să se identifice și să se elimine o componentă defectă la controalele de intrare, decât la controlul plăcilor echipate. O regulă empirică spune că aceste costuri cresc cu un ordin de mărime la fiecare nivel superior succesiv de control. Cu cât nivelul de selecție este mai ridicat, cu atât costurile sunt mai mari. Ca urmare, se recomandă utilizarea unor controale de intrare 100%, justificându-se acest procedeu (neuzual) printr-o analiză economică detaliată.

## 4. TESTE DE CALIFICARE

Testele de calificare ale componentelor electronice sunt absolut necesare și s-au născut tot în laboratoarele de cercetare; ele cuprind *caracterizarea*, teste de mediu și teste speciale, precum și încercări de fiabilitate; ele trebuie

sprrijinite de o intensă analiză a defectărilor, pentru a cerceta mecanisme de defectare oportune. Știința analizei defectărilor componentelor a făcut importante progrese de când fiabilitatea și controlul de calitate au fost recunoscute ca discipline distincte. Cu toate acestea, asistăm la o nouă sfidare, cea a analizei defectării computerelor, cu un accent deosebit asupra fiabilității software-ului. Firește, un ordinator poate cădea în pana din cauza unui defect de hardware, dar el se poate defecta și din cauza unui program cu greșeli, deși componentele inele n-au căzut în pana. De aceea este important să le testăm pe amândouă, dar și sistemele ca atare, ceea ce reprezintă costuri importante pentru producția (și/sau realizarea) de sisteme fiabile.

Descărcările electrostatice *ElectroStatic Discharges* (ESD) induc defectări în dispozitivele semiconductoare și au consecințe majore în materie de fiabilitate; deși s-au înregistrat îmbunătățiri atât ale proceselor tehnologice, cât și ale proiectării dispozitivelor – ceea ce a condus la ameliorarea nivelurilor de fiabilitate globală a tuturor tipurilor și familiilor de dispozitive –, mecanismele fenomenelor de umplere (*filler mechanisms*) datorită ESD, în special cele asociate cu modelul dispozitivului de încărcare *Charge Device Model* (CDM), model mașina *Machine Model* (MM) etc., n-au fost încă pe deplin înțelese.

Cercetări recente de fiabilitate asupra dispozitivelor semiconductoare au arătat că trecerea prin structura semiconductorului a unor particule cosmice cu energii ionizante înalte, precum și a altor surse de radiație, poate provoca un scurtcircuit electric definitiv între terminalele principale ale dispozitivelor semiconductoare.

În studiile de defectări datorită electromigrației, se presupune - în general - că defectările produse pot fi modelate cu ajutorul unei distribuții log-normale; iată însă că lucrări de cercetare - realizate în ultima vreme - au dovedit ineficiența acestei modelări și au indicat posibila aplicare a distribuției logaritmice a valorilor extreme.

**Alte probleme de fiabilitate, rezolvate de cercetarea fiabilistă.** Problemele de fiabilitate ale dispozitivelor electronice, parametrii care influențează durata de viață și procesele de degradare care conduc la defectări au câștigat rapid o importanță din ce în ce mai mare. Dușmanii naturali ai componentelor electronice sunt căldura ridicată, vibrațiile și tensiunea excesivă. De aceea, un instrument logic al inginerului fiabilist este devaluarea (*derating*-ul), proiectând, de pildă, un circuit care să permită semiconductorului să funcționeze mult sub temperatura permisă a joncțiunii și mult sub valoarea maximă a tensiunii aplicate.

Cat privește problema zgomotului și predicția fiabilității condensatoarelor *metal-insulator-metal* (MIM), în general, sistemul MIM poate fi sursa unor descărcări parțiale, dacă sunt prezente neomogenități - cum ar fi bule, bășici de gaz. Dacă se aplică o tensiune crescătoare în panta, au loc în sistem o serie de fluctuații care pot fi observate experimental în multe condensatoare. În domeniul timp, fluctuațiile de curent sunt prezente cu amplitudini și

timpuri care variază aleator, între două impulsuri consecutive. Sarcina electrică este transferată prin acest sistem iar valoarea ei poate atinge 1 pC. Această sarcină este suficientă pentru a face ireversibile schimbările în straturile izolante de polietilen tereftalat. De aceea, incidentele impulsurilor de curent sunt utilizate drept indicator de fiabilitate.

... Iar catalogul problemelor de fiabilitate ale componentelor pasive și active, integrate sau nu, ar putea fi continuat cu multe alte variate probleme și aspecte.

Exemple clasice de sisteme având o fiabilitate ultra-înaltă pot fi găsite în aplicațiile militare și în sistemele spațiale construite pentru NASA; anumite supersisteme (din care vor fi construite fie unicate, fie doar câteva exemplare) trebuie să se bazeze mai mult pe controlul componentelor, pe devaluare (*derating*) și redundanță, decât pe metodele de predicție ale fiabilității.

Tinerii care încep acum studiile lor liceale vor continua carierele lor profesionale în cea de a doua decada a secolului XXI. Ce calități vor trebui să aibă acești viitori ingineri? Cum vor trebui să pregătiți pentru a deveni excelenți ingineri, în viitor?

## 5. PROGRESELE SUNT NEÎNTRERUPTTE....

Ultimele câteva zeci de ani au fost extrem de favorabile pentru progresul fiabilității produselor. Cerințele tehnice ale forțelor armate americane din timpul celui de al doilea război mondial - dar și din timpul războaielor din Coreea, din Vietnam și din Golful Persic - au condus, treptat, la o fiabilitate din ce în ce mai bună a componentelor și sistemelor electronice. Toate aceste progrese au contribuit la o nouă abordare a problematicii atât a fiabilității componentelor, cât și a fiabilității sistemelor, în vederea pregătirii unei noi generații de componente și sisteme complexe.

Istoria fiabilității este intim legată și de explorarea spațiului cosmic; începând cu lansarea pe orbită a primului satelit, în 1957, s-a făcut un enorm efort de îmbunătățire a fiabilității componentelor, a bateriilor și a altor surse de energie electrică, a sistemelor automate de control, a sistemelor de radioemisie-radiorecepție, a computerelor etc. Extraordinară fiabilitate cerută pentru zborurile către luna este astăzi unanim recunoscută și s-a transformat încet-încet într-o caracteristică familiară a aparatelor pe care le utilizăm în viața noastră de fiecare zi. Deși nu tot atât de spectaculoasă ca fiabilitatea rachetelor de lansare a navetelor spațiale, fiabilitatea computerelor moderne a fost cel puțin la fel de importantă, căci ea a permis realizarea zborurilor spațiale. Iar fiabilitatea super-computerelor moderne a fost făcută posibilă grație existenței unor componente electronice extrem de fiabile. Pentru ilustrare, ne vom servi de cel mai recent succes european: satelitul *Giove A*<sup>2</sup>, însărcinat să testeze în spațiu tehnologiile

<sup>2</sup> Prescurtare de la „*Galileo In-Orbit Validation Element*”.

viitorului sistem european de localizare *Galileo*, lansat miercuri, 28 decembrie 2005, la ora 7h19, ora Elveției, de la cosmodromul rus din Baikonur (Kazahstan). Acest satelit - un cub de 602 kg, fabricat de societatea britanică SSTL - s-a separat de cea de a patra treaptă a rachetei *Soiuz*, care l-a plasat pe orbita sa definitivă, la 23.222 km de la suprafața pământului. Viitorul sistem de navigație *Galileo*<sup>3</sup> - mai precis decât concurenții săi GPS (american) și Glonass (rus) - se sprijină pe o constelație de 30 sateliți europeni care vor fi toți operaționali în 2010. El va permite localizarea unui obiect în timp real, cu o precizie mai bună decât un metru, oriunde pe suprafața globului terestru. Spre deosebire de concurenții săi rus și american - care depind puternic de armata și care pot avea așadar o funcționare degradată sau întreruptă oricând, în funcție de necesitățile militarilor - *Galileo* este un proiect strict civil. Agenția spațială europeană (ESA), care co-pilotează faza inițială a proiectului *Galileo* împreună cu Uniunea Europeană (UE), afirmă ca aceasta va garanta funcționarea în orice timp a sistemului, cu excepția unei „urgente directe”. Poziționarea satelitului *Giove A* pe o orbită medie de 23.222 km altitudine garantează satelitului o mare stabilitate, însă mediul radioelectric ostil înconjurător nu prea este cunoscut. De aceea, *Giove A* este însărcinat cu studiul acestui mediu radioelectric, testând ceasul atomic cel mai precis care a fost vreodată trimis în spațiu - un ceas conceput și pus la punct de întreprinderea elvețiană „*Temex*”, din Neuchâtel - a cărui precizie nemaiîntâlnită este mai bună de o miliardime de secundă de variație pe ora. Ceasul - o bijuterie electronică de foarte înaltă fiabilitate - va asigura frecvențele sistemului *Galileo* și va permite oamenilor de știință să verifice efectele radiațiilor solare asupra motorului. Precizia și fiabilitatea ceasului sunt fundamentale nu numai pentru navigație, ci permit - de exemplu - o gestiune optimă a distribuției de electricitate, funcționarea sincronizată a Internetului și a mesajelor *e-mail*, creșterea securității - pe plan mondial - a tranzacțiilor financiare, evaluarea pericolelor naturale, schimbul de informații între vasele de pescuit și stațiile fixe „la sol”, cercetarea zonelor marine bogate în peste, sincronizarea rețelelor de telecomunicații, creșterea traficului comunicațiilor, diversificarea ofertei, scăderea costurilor de comunicații etc.

Fiabilitatea componentelor electronice s-a ameliorat în mod spectaculos în anii 70-80 (vezi tabelul 2, pentru perioada 1972 / 1988) și a continuat să crească - aproape cu tot atâta forță - și în ultimii 25 de ani.

De notat că apariția unor aplicații speciale a pus probleme suplimentare de fiabilitate fabricanților de componente electronice, în ceea ce privește rezistența componentelor în medii ostile, acolo unde, desigur, nivelul de fiabilitate nu mai poate fi același cu fiabilitatea într-un

mediu normal industrial. Un exemplu semnificativ este cel prezentat de firma *Harris Semiconductor* - care fabrică în special componente ce rezistă într-un mediu cu radiații ionizante. Tabelul 3 prezintă ratele de defectare ale unor familii de componente *Harris Semiconductor*, cu precizarea că valorile estimate pentru rata de defectare într-un mediu cu radiații sunt aproximativ de două ori mai mari decât cele în mediul normal industrial. Datele fiind pentru anul 2000, se poate constata fiabilitatea mult mai bună a tehnologiei CMOS, în comparație cu tehnologiile MOS din Tabelul 1 (PMOS, NMOS, HMOS).

Tabelul 2. Variația în timp a ratei de defectare λ a circuitelor integrate, pentru diferite tehnologii MOS (perioada anilor 1970-1980)

Anul	1972	1974	1977	1979	1982	1988
Tehnologia	PMOS	NMOS	HMOS	HMOS	HMOS	HMOS
λ (FIT)	1000	500	200	100	70	19

Tabelul 3. Variația în timp a ratei de defectare λ a circuitelor integrate rezistente la radiații, fabricate prin tehnologie CMOS (2000)

Tehnologia	Descriere	Anii în producție	Familia de componente	Rata de defectare estimată λ (FIT)
MGR-CMOS	7 μm CMOS poarta metalica	> 25 ani	CD4XXXXB	0,5
MGCMOS-RH	10 μm CMOS DI	> 20 ani	HS-5104A, HS-508A	3
SSAJI4RH	3 μm CMOS	> 13 ani	HS-6617 16k PROM	5

Pentru viitor, se estimează că această creștere a fiabilității va continua, deoarece presiunea utilizatorilor de componente forțează fabricanții de componente electronice să-și impună teluri de fiabilitate din ce în ce mai ambițioase.

O parte a importanțelor îmbunătățiri ale fiabilității componentelor fabricate în serie se datorează faptului că în ultimii 60 ani au fost puse la punct metode de calcul previzional a fiabilității. Cât privește viitorul, sunt de prevăzut importante sfidări atât în domeniul *design*-ului, cât și a fabricării de serie mare a componentelor. Era sub-micronului va fi caracterizată de confruntări cu probleme care vor cere un nou mod de abordare. În domeniul *packaging*, a modulelor *multi-chip*, lucrul a devenit - în principiu - posibil, însă cum anume pot ele deveni competitive din punct de vedere economic, rămâne încă o importantă problemă nerezolvată. Multe eforturi vor trebui făcute și în domeniul tehnologiei interconectării, a modelării, a extragerii datelor și a simulării. Industria

<sup>3</sup> Întregul sistem *Galileo* va costa 5 miliarde CHF, iar costurile anuale de funcționare ale sistemului (inclusiv înlocuirea sateliților) se cifrează la 330 milioane CHF. (1Euro ≈ 1,5 CHF)

semiconductoarelor va continua sa facă progrese și în noul mileniu; ele vor fi determinate, în general, de o serie de limitări practice sau de sfidări și mai puțin de limitări fundamentale. Cu toate acestea, depășirea acestor dificultăți va fi din ce în ce mai greu de realizat, iar industria va continua sa se străduiască sa lupte cu succes împotriva celui mai important dușman al ei: costurile de producție.

A început era *giga-chip*-urilor; o noua sfidare va fi realizarea unei fiabilități remarcabile a ULSI de care este acum nevoie pentru a răspunde sfidării „*paradigm shift*” care se face simțita chiar de limitările de scalabilitate, datorita complexității crescânde a proceselor și a diversificării aplicațiilor ULSI, pentru a face sa avanseze sistemele multimedia si/sau sistemele *Personal Digital Assistant* (PDA). Un bun exemplu în aceasta privința este folosirea unei analize simple a greșelilor prin eşantionarea ieșirii unei benzi de fabricație, pe baza abordării așa numitei „*building-in-reliability*” (fiabilitate incorporata). Viitoarele tehnologii din știința informaticii se vor aplica unor structuri cu dimensiuni din ce în ce mai mici și la sisteme cu complexitate din ce în ce mai mari. Limitele fizice și tehnologice ale nanostructurilor semiconductoarelor ținesc folosirea moleculelor și a atomilor în aplicațiile informaticii. În special, moleculele organice sunt deosebit de atrăgătoare, deoarece ele pot fi proiectate și construite cu o foarte mare complexitate, iar proprietățile lor electronice și optice pot fi controlate din punct de vedere tehnologic.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] **Băjenescu, T. I., Bâzu, M. I.** (1999): *Reliability of Electronic Components. A practical Guide to Electronic Systems Manufacturing*. Springer, Berlin, New York.
- [2] **Băjenescu, T. I., Bâzu, M. I.** (1999): *Semiconductor device reliability: An overview*. Proceedings of ESREL '99 – The European Conference on Safety and Reliability, Munich-Garching, Germany, 13-17 September, pp. 283-288.
- [3] **Băjenescu, T. I., Bâzu, M. I.** (2001): *Reliability Evaluation of Monolithic Integrated Circuits*. Proceedings of ICOSSAR Conference, Newport Beach, California, June 17-22, 2001.
- [4] **Băjenescu, T. I., Bâzu, M. I.** (2002): *Integrated microcircuits and the evaluation of their reliability*. Proceedings of the ACM '02 International Conference on Microelectronics, El Aurassi, Algeria, October 13-15, 2002.
- [5] **Băjenescu, T. I., Bâzu, M. I.** (2002): *Plastic Encapsulated Microcircuits (PEM) and their Reliability Evaluation*. Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on Quality, Reliability and Maintainability (CCF'2002), Sinaia (Romania), 18<sup>th</sup> – 20<sup>th</sup> September 2002, pp. 206-211.
- [6] **Băjenescu, T. I., Bâzu, M. I.** (2003): *Electronic Systems Manufacturing: Some Aspects of Plastic Encapsulated Microcircuits and the Evaluation of Their Reliability*. Proceedings of the European Safety and Reliability Conference 2003 (ESREL 2003), June 15-18, 2003, Maastricht, The Netherlands.
- [7] **Băjenescu, T. I.; Bâzu, M. I.** (2004): *New Trends in Quality and Reliability of Electronic Components*. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Conference on Quality and Dependability CCF 2004, Sinaia, Romania, 29<sup>th</sup> September – 1<sup>st</sup> October 2004.
- [8] **Băjenescu, T. I.; Bâzu, M. I.** (2005): *Some particular aspects of reliability evaluation of monolithic ICs*. Proceedings of the Third International Conference SETIT 2005: Science of Electronic Technology of Information and Telecommunications, March 17-21, 2005, Susa, Tunisia. Paper 633, ISBN 970-51-546-3.
- [9] **Băjenescu, T. I.** (2000): *Monte Carlo Method Applied to Solve Some Reliability Problems* (Paper 6). Proceedings of the International Conference on Monte Carlo Simulation MCS 2000, Monte Carlo, Monaco, June 18-21, 2000.
- [10] **Băjenescu, T. I.** (2003): *Contributions à l'histoire de l'informatique suisse*. Éditions Matrix Rom, Bucarest.
- [11] **Băjenescu, T. I.** (2003): *Fiabilitatea sistemelor tehnice*. Editura Matrix Rom, București.
- [12] **Băjenescu, T. I.** (2003): *About the Testability of Complex Electronic Systems: A Practical Guide to Electronic Systems Manufacturing*. Proceedings of the International Conference SETIT 2003 (SSD03): Science of Electronic Technology of Information and Telecommunications, March 17-21, Mahdia, Tunisia.