

Funcția electronică = circuit & informație¹

Gheorghe M. Ștefan

Universitatea Politehnică București,
Bd. Iuliu Maniu 1-3, Bucharest, Romania.

E-mail: gheorghe.stefan@upb.ro

Web page: <http://users.dcae.pub.ro/~gstefan/>

Rezumat

Electronica funcțională este calea propusă de profesorul Mihai Drăgănescu pentru obținerea unei complexități funcționale maxime într-un mediu structural cu o complexitate minimă. Soluția a presupus interacția structurilor de circuit cu structurile informaționale pe același suport fizic.

În săptămâna ce se încheie am participat în San Jose la conferința anuală de “embedded systems”². După trei zile, în care au fost prezentate ultimele soluții prin care un cip poate realiza cele mai sofisticate funcții cerute de piața produselor electronice, am realizat deodată că mă aflu la o conferință de *electronică funcțională*. Acum un sfert de secol, în 1978, profesorul Mihai Drăgănescu iniția la Facultatea de Electronică și Telecomunicații din Institutul Politehnic București cursul de **Electronică funcțională**. Și astăzi mai sunt unii care mă întreabă, nu fără urme de maliție, “ce faceți voi acolo la cursul de *electronică funcțională*?” Pot răspunde mai limpede ca niciodată: “*Embedded systems, domnule! Acum așa-i spune. Da, cei ce fac astăzi embedded systems pot zice, precum monseieur Jourdain, că fac electronică funcțională fără s-o știe.*”

În primul deceniu al mileniului 3 începe să devină din ce în ce mai evident ce a imaginat Mihai Drăgănescu la mijlocul anilor '70. Atunci era vorba despre un vis frumos, astăzi este modul unanim acceptat, în industria electronică, de a proiecta un produs cu o funcționalitate complexă. Dar, întregul drum prefigurat de lecțiile de *electronică funcțională* ale profesorului Mihai Drăgănescu nu a fost decât parțial parcurs. Electronica contemporană se află însă ferm pe teritoriul electronicii funcționale, iar în curând îl va cuceri în întregime.

Originea termenului de “electronică funcțională”

Termenul de *electronică funcțională* este folosit pentru prima dată în 1959 de J. A. Morton, de la Laboratoarele telefonice Bell, în încercarea de a găsi o alternativă mecanismelor de structurare excesivă din electronică. O dată cu aceasta el încerca să declanșeze și o ofensivă împotriva “tiraniei numerelor”, deci împotriva tendințelor de abordare formală excesivă. În această primă accepțiune, electronica funcțională încerca realizarea unor funcțiuni bazându-se numai pe proprietăți fizice intrinseci anumitor materiale, *evitând configurațiile de circuit și modelarea numerică*. Lozinca era: *prea multe fire și prea multe numere!*

Evoluția cercetărilor și a pieții nu a confirmat, pe măsura așteptărilor, această orientare. Principala eroare a lui J. A. Morton a fost că nu a făcut distincția necesară între numeric și nenumeric, gândind știința calculatoarelor ca pe un domeniu exclusiv al numericului. Prin aceasta a ratat fuziunea dintre structurile electronice de circuit și cele informaționale, fapt scuzabil poate în deceniul șase, când microelectronica de abia apăruse ca termen iar imaginea pe care o aveau despre ea cercetătorii era departe de ceea ce este ea astăzi. Nici sensul *informației*, ca structură simbolică ce acționează, nu era suficient limpezit. Informația trebuie privită ca o entitate distinctă față de datele (numerele sau nenumerele) dintr-o structură de calcul, ea este un ingredient fundamental care permite o nouă abordare a electronicii într-o perspectivă realmente funcțională. Această nouă abordare este propusă de Mihai Drăgănescu în deceniul opt.

¹ Publicat în vol. *Mihai Draganescu In Medias Res*, Ed. Academiei Romane, 2004, pp. 99-109.

² *The Conference of Embedded Technology. Embedded Processors Forum*, San Jose, CA, 16-19 June, 2003.

Noua accepțiune a termenului de “**electronică funcțională**”

În noua sa accepțiune, propusă de Mihai Drăgănescu, *electronica funcțională* se constituie într-un ansamblu de tehnici ce presupun *structuri fizice și informaționale* subordonate unor *arhitecturi* astfel concepute încât să satisfacă cerințele *omului și societății* în efortul acestora de a atinge starea de *civilizație socio-umană*³. O astfel de viziune depășește abordarea pur tehnică. Lumea obiectelor tehnice în alianță cu lumea semnelor, servesc omul și societatea într-o manieră în care structura și forma sunt împinse într-un plan secund pentru ca în prim plan să poată apărea ansamblul funcțiilor grupate în arhitecturi.

Am putea defini electronica tradițională ca fiind una structurală, care oferă funcțiile pe care le pot executa *structurile electronice* tehnologic posibile în condiții de producție eficientă. Ce presupune în plus, sau altfel electronica funcțională?

Electronica funcțională se află la capătul unui drum foarte lung, străbătut de om și de societate, pe parcursul căruia a apărut și s-a dezvoltat o lume a *semnelor* și una a *uneltelor* care astăzi tind să fuzioneze într-o lume a *uneltelor inteligente*.

Prin exteriorizări⁴ succesive omul a creat două lumi noi: *lumea semnelor* și *lumea uneltelor*. Am putea vorbi referitor la lumea semnelor de o *etnosferă* în care se depozitează, se memorează, în afara speciei informații esențiale pentru existența omului și societății. Similar putem folosi termenul de *tehnosferă* pentru lumea uneltelor.

Omului îi crește șansa de a-și păstra *libertatea*, deci *sensul existenței*, prin fuziunea dintre *tehnosferă* și *etnosferă*, dintre *unealtă* și *semn*, dintre *acțiune* și *semnificare*, dintre *muncă* și *cultură*.

Conceptul dominant în tehnosferă a fost, și este încă, cel de *structură*, iar în etnosferă cel de *formă*. Obiectele tehnice s-au structurat cu obstinație iar lumea semnelor s-a formalizat, ambele încercând astfel să-și rezolve problemele puse de **complexitate**.

Prin exteriorizare omul a evitat, pe lângă o specializare excesivă, și complexitatea. Până acum atât tehnosfera cât și etnosfera s-au luptat cu complexitatea în mare măsură independent una de cealaltă. Au poate o șansă în plus dacă-și unesc forțele într-o sinteză care să permită depășirea structuralismului și formalismului printr-o abordare *arhitecturală*. Nestructuratul și neformalul se pot impune măcar parțial în sfera de cuprindere a unei arhitecturi, străpungând bariere rigide în efortul de a domina complexitatea.

Forma și structura se sprijină reciproc în cadrul demersului științific. O structură poate fi descrisă formal iar o descriere formală este, de regulă, structurată. În multe situații a vorbi de o structură este echivalent cu a vorbi de o formă. O structură poate fi asociată unui limbaj și reciproc în zonele de vârf ale lumii uneltelor și semnelor. *Microelectronica* și *informatica* par a fi eșaloanele cele mai înaintate ale celor două lumi care, la acest nivel, sunt pregătite pentru a fuziona, deschizând era *uneltelor care prelucrează semne* sau a *semnelor care se comportă ca niște unelte*.

Un prim pas pe calea acestei fuziuni este *electronica funcțională*.

Funcție vs. structură

Înțelegem printr-o **arhitectură** *un set de funcții definite la interfața dintre două domenii*. M. Drăgănescu nu limitează funcțiile asociate unei arhitecturi la cele definibile riguros formal. Drept consecință, nici realizarea

³ Piața va interfera, nu de puține ori, într-un mod negativ în acest proces. Dar nu electronica (funcțională) este vinovată de modul în care corporațiile și lipsa de disconștient a indivizilor acționează.

⁴ În sensul lui Andre Leroi Gourhan.

concretă a acestor funcții nu va presupune întotdeauna structuri. Obiectele nestructurate, neformal definite pot conviețui cu structuri formal definite.

Prin ce poate depăși abordarea arhitecturală pe cea formal-structurală? Prin:

- faptul că permite *realizări structurale transparente utilizatorilor*
- faptul că *poate îngloba și funcții neformale realizabile cu obiecte nestructurate*
- dezvoltarea tehnologiilor de realizare parțial decuplată de funcționalitate permițând optimizări independente eficiente.

Structurile nu pot fi decât formale, similar formelor care nu pot fi decât structurate. Electronica structurilor este limitată la ceea ce este formal-structurabil, pe când electronica funcțională este mult mai sus limitată, domeniul funcțiilor neformale fiind mult extins dincolo de cel al funcțiilor realizabile cu structuri formale.

Structura sprijină abordarea pur sistemică oferind numai produse a căror “închidere” prin realitate nu este luată drept criteriu fundamental de proiectare.

Sistemul o entitate prea “deschisă

Tehnosfera dominată de electronica structurală este *deschisă* față de om și societate, în sensul că nu se închide o buclă care să genereze în toate situațiile o integrare realmente valorică a produselor acestui domeniu tehnic. Electronica, prin caracterul ei funcțional va trebui să se ocupe și de ceea ce nu este, pentru a-și asigura închiderea într-un context potențat valoric. Câte din produsele oferite de electronica tradițională corespund unor reale necesități umane sau sociale?⁵. O proastă închidere a unui domeniu tehnic prin social, uman și natural nu poate să ducă decât la un proces de continuă degradare a mediului și a vieții, reducând șansele accesului la civilizație.

Cuplajul dincolo de domeniul strict tehnic asigură electronicii funcționale posibilitatea de a introduce în realitate obiecte ce tind să-și depășească statutul de sistem prin capacitatea de a se integra, lăsând cât mai puține bucle deschise. La limită, un sistem ce se închide tinde să nu mai fie un sistem. Electronica funcțională transcende astfel purul tehnic căpătând valențe care o integrează realmente în triada natură-om-societate.

Un sistem electronic poate avea un *domeniu* de utilizare. O funcție electronică presupune și *codomeniul* în care utilitatea ei se poate manifesta. Dacă funcția “tinde” să fie bijectivă se crează, încet încet, premisele închiderii unei bucle care suspendă caracterul pur sistemic al obiectului electronic.

Formal vs. neformal

Într-o arhitectură putem include pe lângă funcții formale și funcții neformale într-un ansamblu coerent, compatibil cu un anumit context și subordonat unui anumit scop.

Sistemul are o funcție proprie, independentă de context. Arhitectura este întotdeauna definită raportat la ceva, niciodată nu se va putea vorbi de o arhitectură în sine. Sistemul se concentrează asupra funcției sale pe când arhitectura oferă funcțiuni la interfața dintre două realități ce pot fi descrise formal sau neformal. *Sistemul* nu se împlinește în calitate de concept decât într-un cadru *formal* definit, în timp ce *arhitectura* permite abordări *formale și neformale* în egală măsură. Când neformalul nu trebuie luat în considerație, abordarea sistemică se dovedește suficientă. Suntem forțați să ținem cont de neformal atunci când dorim să închidem măcar parțial deschiderile prea mari pe care le presupune sistemicitatea.

Obiectele electronicii structurale, tradiționale, interacționează cu omul, natura sau alte obiecte în principal prin intermediul *semnalelor* obținute de la traductoare sau generate pentru a declanșa acțiuni

⁵ Punem această întrebare în contextul în care situația din domeniul electronicii se pare că este, oricum, dintre cele mai puțin grave.

electromecanice. Electronica funcțională presupune cu preponderență interacțiuni *simbolice* prin limbaj natural sau limbaje cu restricții sintactice minime; de asemenea imaginile au un rol din ce în ce mai important. O altă caracteristică ar fi aceea că *sintacticul* care a avut prioritate în electronica structurală este înlocuit din ce în ce mai mult de *semantic*. Semnalele de la bornele obiectelor electronicii funcționale devin simboluri cu șansa de a semnifica, inundând astfel realitatea cu fluxuri informaționale ce anterior nu existau.

Valențe semantice pot căpăta și simbolurile interne manipulate de o unealtă electronică. Atunci când o structură simbolică dobândește semnificație într-o structură digitală putem spune că aceea structură a degenerat în informație [Drăgănescu '83, '83a, '84]. Din considerente strict legate de optimizarea structurii interne, sistemele digitale au evoluat astfel încât în interiorul lor au apărut și s-au dezvoltat structuri simbolice. În momentul în care au căpătat semnificație pentru funcțiile interne, ele au început să acapareze controlul funcțiilor văzute din exterior sau, altfel spus, au preluat controlul actualizării din perspectivă arhitecturală. Dezvoltarea și definirea sistemelor din perspectivă arhitecturală este descătușată de puternice restricții structurale în momentul în care informația acaparează controlul actualizării funcționale. La nivelul microelectronicii și al informaticii s-a creat astfel canalul prin care comunică stimulat, cu efecte rapide și continue, lumea uneltelor cu cea a semnelor.

Segregarea circuitelor simple de informația complexă

Electronica debutează în tehnosferă având ca suport material și conceptual **circuitul**, realizat cu dispozitive din ce în ce mai performante. Pe măsură ce performanțele dispozitivelor folosite au crescut, complexitatea funcțiilor realizate a crescut și ea.

Dar cheia care ne oferă accesul la domeniului tehnologiilor înalte (*hi-tech*) este cu totul alta: *complexitatea suportului fizic în hi-tech trebuie să crească mai încet decât complexitatea funcțională pe care acesta o poate suporta.*

Diferența dintre complexitatea structurală și cea funcțională asigură posibilitatea amorsării reacțiilor pozitive ce caracterizează domeniul *hi-tech* (cu toate bunele și relele ce pot apare cu această ocazie). Piața în care și *hi-tech*-ul are un cuvânt de spus esto o altă piață, în care efectul regulator al buclor negative este perturbat de cel destabilizator al celor pozitive.

Cum a soluționat electronica accesul în spațiul *hi-tech*? Devenind electronică funcțională, adică devenind un domeniu tehnic caracterizat prin **segregarea** dintre *circuitele simple* și *informația complexă*.

Pentru înțelegerea enunțului anterior vom aminti diferența dintre cele două căi, astăzi coexistente încă, de realizare a unui SoC (*system on a chip*):

- ASIC (*application specific integrated circuit*): realizează funcția cerută printr-o structură complexă de circuit, adaptată perfect specificului aplicației
- ET (*embedded technology*): este o soluție care include în structura sistemului cât mai multe dispozitive programabile, astfel încât funcția specifică rezultă în principal prin programare, adică prin inserția unei structuri informaționale.

Într-un ASIC complexitatea circuitelor corespunde complexității funcției. ET permite realizarea unor circuite simple ce urmează a fi supuse unui control flexibil prin programe complexe. Complexitatea funcției realizate în ET va fi dată, în principal, de complexitatea programului și de dimensiunea (nu complexitatea) circuitului. Tehnologia electronică sprijină o astfel de abordare, deoarece permite realizarea unor circuite din ce în ce mai mari, dar "se opune" cu înverșunare creșterii complexității. Regula nescrisă a tehnologiei este de a permite *creșterea exponențială a dimensiunii cu condiția creșterii polinomiale a complexității*.

Amestecul de simplu și complex crează o complexitate aparentă mai mare decât suma dintre complexitatea simplului și cea a complexului. Tehnologia ASIC crește din acest motiv în mod fals complexitatea. ET scade complexitatea, prin segregare, foarte aproape de cea reală a funcției realizate, uneori cu prețul creșterii dimensiunii. Dar nu dimensiunea este cea care stresează electronica contemporană. Complexitatea este

provocarea principală căreia reușim să-i facem față prin electronica funcțională ce oferă contextul segregării simplului de complex.

Tendința din ce în ce mai clar conturată pe piața electronicii este cea funcțională întrupată în sisteme ce conțin:

- un sistem de interfațare realizat sub forma unui processor specializat în emularea prin programare a oricărui dispozitiv periferic
- o arie de prelucrare cu o structură foarte uniformă, în care elementele de procesare sunt întrețesute cu elemente de memorare asigurând o prelucrare paralelă cu granulație minimă, perfect adaptabilă unor cerințe funcționale foarte diverse (ocupă majoritatea ariei cipului)
- un controler standard ce asigură actualizarea funcțională a sistemului, controlând sistemul de intrare-ieșire și secvențând aria de prelucrare.

Aria de prelucrare este o structură în care circuitele de prelucrare sunt intim cuplate cu cele ce stochează informația de prelucrat și informația (de stare) ce “asistă” procesul de prelucrare. Cu cât granulația acestui sistem este mai fină cu atât este mai bine modelată conexiunea, fundamentală pentru electronica funcțională, dintre *circuit și informație*.

Electronica funcțională și inteligența artificială

La cursul de electronică funcțională al profesorului Mihai Drăgănescu s-au ținut și primele lecții de *inteligență artificială* (IA) din Facultatea de Electronică. Domeniul IA era foarte activ la sfârșitul deceniului 8, iar implicațiile în electronica funcțională dintre cele mai promițătoare. Din acest motiv, conceptele ce fundamentau IA au fost prezentate ca fundamenetale în egală măsură pentru electronica funcțională.

Conectarea produselor electronicii funcționale în lumea reală implică proprietăți de flexibilitate, adaptabilitate, sau autoorganizare tipice comportamentelor inteligente.

Maturizarea domeniului inteligenței artificiale a însemnat în primul rând concentrarea asupra unor subdomenii ce au emanat din primele ei etape de dezvoltare. Consistența preocupărilor de IA se probează astăzi în spațiul acestor subdomenii emergente.

Tehnologii informaționale dezvoltate pentru IA sunt utile în electronica funcțională în primul rând pentru a rezolva aspectele formal-neformale ale unor aplicații reale. Prin acest mod de a vedea lucrurile Mihai Drăgănescu conectează domeniul structurilor de dispozitiv electronic cu cel al structurilor informaționale cel mai sofisticat elaborate.

În primul deceniu al mileniului trei IA nu se mai află în topul celor mai spectaculoase domenii. Dar reversul pozitiv al acestui fapt este că tehnicile IA ce sau impus încep să-și spună cuvântul din ce în ce mai ferm în domeniul “embedded systems”. Inteligența inclusă în produsele electronicii funcționale este din ce în ce mai importantă.

Este suficient poate un singur exemplu. Tehnicile de compresie a imaginilor, dezvoltate pentru a fi integrate în mono-cipuri funcționale, iau în considerație din ce în ce mai mult *conținutul semantic* al semnalului de intrare. În timp ce standardul JPEG consideră imaginea numai în calitatea ei de *semnal electronic syntactic organizat*, standardele mai noi (MPEG, H264) iau din ce în ce mai mult în considerație conținutul imaginilor supuse compresiei. Nu suntem departe de momentul în care imaginea se va comprima aproape sub forma scenariului ce a stat la baza generării ei. Decompresia va putea fi echivalentă cu regenerarea pornind de la o “poveste spusă” într-un limbaj cu restricții. Tehnicile folosite în acest demers sunt tipice pentru cele dezvoltate de IA, dar nu calculatoarele sunt cele ce beneficiază, în acest caz, de ele, ci produsele compacte ale electronicii funcționale.

Deci, inteligența artificială va renaște pentru a servi etapei în care trece electronica funcțională.

Electronica funcțională mâine

Preocupările profesorului Mihai Drăgănescu în domeniul electronicii funcționale nu pot fi separate de viziunea sa structural-fenomenologică. Electronica funcțională din perspectivă structural-fenomenologică presupune evadarea inginerului electronist din spațiul în care numai formele și structurile sunt luate în considerație.

Creșterea continuă a complexității funcționale a produselor electronice determină în mod natural apropierea de domeniul funcțiilor neformale caracteristice viului și realității profunde la care omul este cuplat.

Începând cu neforme aproximative formal (fractalice), continuând cu distingerea viului complex de formele simple și ajungând până la cuplajul cu segmente ale realității profunde, electronica funcțională își atinge scopul de a deveni interfața artificială între viu și realitate în toată complexitatea ei sintactică, semantică și, mai ales, sensică.

Într-una din primele versiuni ale cursului de electronică funcțională profesorul Mihai Drăgănescu vorbea despre posibilele *dispozitive agnitronice*⁶, dispozitive ale electronicii funcționale destinate realizării cuplajului cu existența profundă. Pentru că în diferite versiuni ale cursului nu a fost ocolită nici una dintre posibilele tehnologii electronice ale viitorului (calculul molecular, nanotehnologiile, calculul cuantic), electronicii funcționale îi erau deschise căile către cuplaje oricât de exotice cu realitatea vie, cuantică, profundă, Calea către cuplaje neuzuale este deschisă și primii pași timizi au fost deja făcuți. Spre exemplu, în anii '90 au fost folosite generatoare cuantice de zgomot pentru a se pune în evidență fenomene *psi* (Dean Radin: *The Conscious Universe. The Scientific Truth of Physic Phenomena*, HarperEdge, 1997).

Cuplarea structural-fenomenologică are ca principal efect accesul la complexitatea fenomenologică, deschizând astfel calea către controlul unor complexități inimaginabil extinse. Mai precis, prin electronica funcțională, împlinită în limitele imaginate de Mihai Drăgănescu, se poate realiza sau reface cuplarea omului la existența profundă într-un mod util existenței la toate palierele ei.

Bibliografie

[Drăgănescu '79] Mihai Drăgănescu: *Profunzimea lumii materiale*, Ed. Politică, 1979.

[Drăgănescu '79a] Mihai Drăgănescu: "Arhitectura sistemelor tehnice" în *Sisteme în științele naturii*, coord. Mircea Malița, Editura Academiei RSR, pp. 9-15, 1979.

[Drăgănescu '80] Mihai Drăgănescu: "Gândirea arhitecturală", în *Interdisciplinaritatea în știința contemporană*, Editura politică, pp. 203-216 (1980); Publicată în traducere "Architectural thought", în ed. D. Ghise, Angela Botez, *Dialectics-system-science*, Editura Academiei RSR, pp. 39-49 (1981).

[Drăgănescu '80a] Mihai Drăgănescu: "Note despre organizare și alte câteva noțiuni", în *Tribuna*, pp.1-7; 11 decembrie 1980.

[Drăgănescu '83] Mihai Drăgănescu: "Spre o teorie generală a informației", preprint, București, ICI, mai 1983.

[Drăgănescu '83a] Mihai Drăgănescu: "Câteva considerații privind informația în societate", preprint, București, ICCI, iunie 1983.

⁶ La vechii indieni Agni este zeul focului și al comunicării cu lumea zeilor.

[Drăgănescu '84] Mihai Drăgănescu: "Information, Heuristics, Creation" în I. Plauder (ed.): *Artificial Intelligence and Information Control Systems of Robots*, Elsevier Publishers B. V. (North - Holland), 1984, pp. 25-28.

[Drăgănescu '84a] Mihai Drăgănescu: "Microelectronica si inteligența artificială" în *Automatica si Electronica*, vol.28, nr.4, pp.123-130, decembrie 1984.

[Drăgănescu '84b] Mihai Drăgănescu: "Function and architecture in functional electronics", în *Revue Roumaine Sci. Techniques, Electrotechnique et Energ.*, vol.29, 1984, nr.2, pp.139-145.

[Drăgănescu '84c] Mihai Drăgănescu: "Din perspective teoriei generale a informației: tabloul cercetării problemelor esențiale (I-VIII)", în *Revista Comisiei Naționale UNESCO*, nr.2, pp. 93-97 (cu editii in limba franceza si engleza), 1984.

[Drăgănescu '85] Mihai Drăgănescu: *Ortofizica*, Ed. Științifică și Enciclopedică, 1985.

[Drăgănescu '85a] Mihai Drăgănescu: "Electronica, tehnologie fizico-informațională", în *Forum*, pp. 12-21, iunie 1985.

[Drăgănescu '85b] Mihai Drăgănescu: "Ce devine electronica?" în, *CAS '85 - Poiana Brașov*, 9 octombrie 1985.

[Drăgănescu '86] Mihai Drăgănescu: "Electronica funcțională și medicina", expunere invitata la Clinica de oftalmologie, Bucuresti, 2 iulie 1986.

[Drăgănescu '86a] Mihai Drăgănescu: "Semn și semnal", în *Contemporanul*, 25 iulie 1986.

[Drăgănescu '86b] Mihai Drăgănescu: "Structuri, funcțiuni, automate si organisme abstracte în electronica funcțională", în *CAS '86c, Sinaia*, 1-4 octombrie 1986.

[Drăgănescu '86c] Mihai Drăgănescu: "Automate semantice și organisme abstracte", în *CNETAC-1986*, Bucuresti, 16-18 noiembrie 1986.

[Drăgănescu '86d] Mihai Drăgănescu: "Tehnologia funcțională" în *Contemporanul*, p.6, 26 septembrie 1986.

[Drăgănescu '87] Mihai Drăgănescu: "Concepte interdisciplinare ale tehnologiei funcționale", expunere la A.O.S., Bucuresti, 29 aprilie 1987.

[Drăgănescu '87a] Mihai Drăgănescu: "Puncte de vedere despre computație (calcul)", Comunicare la Simpozionul "Metode numerice cu aplicații in știință și tehnică", Institutul Politehnic București, 13-14 noiembrie 1987

[Drăgănescu '87b] Mihai Drăgănescu: "Actualitate și perspectivă în bioelectronica si electronica moleculară", în *CAS '87, Sinaia*, 7-10 octombrie 1987.

[Drăgănescu '88] Mihai Drăgănescu: "Electronizare și automatizare", conferința la IMF București, Clinica de oftalmologie, 1 dec. 1988.

[Drăgănescu "'88a] Mihai Drăgănescu: "Electronica funcțională", *Forum* (1988) nr.5, pp. 61-74 si nr. 6, pp. 68-73

[Drăgănescu '88b] Mihai Drăgănescu: "Electronica și celula biologică", *CNETAC 1988*, UPB, București, 7 decembrie 1988.

[Drăgănescu '88c] Mihai Drăgănescu: "Electronica moleculară", în *CTCE Suceava*, 24 iunie 1988.

[Drăgănescu '89] Mihai Drăgănescu: "O perspectivă filosofică asupra limbajelor de programare", comunicare la sesiunea *Limbaje de programare*, Academia RSR, 23-24 iunie 1989.

[Drăgănescu '89a] Mihai Drăgănescu: "Despre complexitate în electronica funcțională", în *INFORTEH-89*, Pitești, 25-27 octombrie 1989.

[Drăgănescu '89b] Mihai Drăgănescu: "Teoria celulei ca organism abstract", în *CNETAC - 1989*, București, 7-9 decembrie 1989.

[Drăgănescu '91] Mihai Drăgănescu, Gheorghe M. Ștefan, Corneliu Burileanu: *Electronica funcțională*, Ed. Tehnică, 1991.

[Drăgănescu '91a] Mihai Drăgănescu: "Functional potentialities of information", conferință la Linköping University, Suedia, Department of Computer and Information Science, 14 octombrie 1991.

[Drăgănescu '92] Mihai Drăgănescu: "The Evolution of Information Science and Technology towards future structural-phenomenological domains", Conferință la George Mason University, Fairfax, Virginia, SUA, 27 mai 1992.

[Drăgănescu '94] Mihai Drăgănescu: "The future of information technology: structures and organizations, functions and architectures", conferință la AFCEA(Armed Forces Communications and Electronics Association)/ SHAPE/ NATO ,Mons, Belgia, 14 decembrie 1994.

[Drăgănescu '94a] Mihai Drăgănescu: "Microelectronica și Electronica funcțională", în Dan Dascalu și Gh. Brezeanu (ed.), *Noi cercetări în microelectronică*, pp. 9-20, Editura Academiei, București, 1994.

[Drăgănescu '96] Mihai Drăgănescu: "Frontierele Științei și Tehnologiei Informației", în Mihai Drăgănescu, *Cariatidele gândului*, partea II-a, pp. 51-148, București, Editura Academiei Române, 1996.

[Drăgănescu '97] Mihai Drăgănescu: "Concepte generale și probleme cuantice ale procesării informației", în *Rolul Invățământului și al Cercetării științifice universitare în dezvoltarea Societății Informaționale*, București, 1997, p. 31-39.

[Drăgănescu '97a] Mihai Drăgănescu: "From solid state to quantum and molecular electronics, the deepening of information processing", în *International Semiconductor Conference, Sinaia*, 8-11 oct. 1997, p. 5-22.

[Drăgănescu '01] Mihai Drăgănescu: "Neural Engineering and Neuroelectronics Facing Artificial Consciousness", Communication at the INGIMED II Conference, Bucharest, Dec. 13, 2001; E-PREPRINT, MSReader Format, Federația Română de Inginerie Biologică.