

Electronica funcțională din perspectiva structural-fenomenologică a lui Mihai Drăgănescu

Gheorghe M. Ștefan¹

Abstract: Electronica funcțională este prezentată ca forma cea mai avansată de dezvoltare a domeniului electronicii, așa cum a fost prefigurată de Mihai Drăgănescu. Importanța abordării arhitecturale este prezentată ca o consecință a fuziunii etnosferei și tehnosferei, fuziune podusă prin interacția dintre circuitele simple și informația complexă. Rezultatul a fost menținerea și accentuarea procesului de creștere a complexității funcționale. Evoluțiile curente din domeniul electronic confirmă direcțiile de cercetare inițiate în deceniul 8 de către Mihai Drăgănescu.

Termenul

Electronica funcțională are o semnificație care a evoluat și continuă să evolueze din momentul în care a fost pentru prima oară folosit în 1959 de către vicepreședintele laboratoarelor Bell, John Morton. *Bell Laboratories* reprezintă un spațiu aproape legendar pentru domeniul tehnologiilor electronice și informaționale. Este locul în care au fost inventate tranzistorul, CCD-urile, sistemul de operare UNIX sau limbajele de programare C și C++, printre multe altele. În acest mediu, aproape de momentul inventării circuitului integrat, J. Morton, opresat de complexitatea circuitelor și programelor, declară *"no wires, no bits"* ceea ce suna, în acele condiții: *"no complexity!"*. Morton propunea ca funcția electronică să fie realizată pornind de la proprietățile speciale ale unor materiale. Un exemplu era cristalul de cuarț, care avea comportamentul unui circuit rezonant: componentele și conexiunile erau astfel evitate. Se întâmpla acest lucru în același an în care Jack Kilby patentă ideea de circuit integrat considerat *"a body of semiconductor material ... wherein all the components of the electronic circuit are completely integrated."* Acesta a fost poate principalul motiv pentru care ideea lui J. Morton nu s-a putut impune. Kilby "modela" cristalul de cuarț astfel încât o structură complexă să poată fi realizată eficient, compact și fiabil. Dar nu numai atât. Soluția lui Kilby va oferi și suportul fizic cel mai potrivit pentru biții care-l opresau pe Morton. Astfel, electronica funcțională în sensul lui Morton rămas un moment istoric. Termenul era însă bun și merita să fie refolosit, dar cu o semnificație fundamental regândită.

În anul 1978 profesorul Mihai Drăgănescu introduce, la Facultatea de Electronică și Telecomunicații, cursul de *Electronică funcțională*, curs în care semnificația termenului este

¹ Departamentul *Dispozitive, circuite și arhitecturi electronice*, Facultatea *Electronică, Telecomunicații și tehnologia informației*, Universitatea Politehnică București.

fundamental diferită de cea propusă de John Morton. Momentul a fost precedat, în 1976 de o comunicare, referitor la cuplajul electronicii cu societate și biologicul, pe care Mihai Drăgănescu a făcut-o la Academia Română. În a doua jumătate a deceniului 8 dispuneam deja de memorii pe siliciu de 16Kb/chip și de microprocesoare de 16 biți. În aceste condiții electronica funcțională propusă de Mihai Drăgănescu este o electronică care nu evită conectarea unui număr mare de dispozitive și operarea sub controlul unui număr mare de biți, ci din contră, statuează sinteza avansată dintre circuite și biți pe suportul unic de siliciu drept principala modalitate de a atinge funcționalitatea complexă a sistemelor electronice. În loc de "*no wires, no bits*", Mihai Drăgănescu propune "*wires and bits*" drept singura modalitate de a controla complexitatea cerută de funcțiile pe care societatea și biologicul le așteaptă de la domeniul electronicii.

Electronica arhitecturală

Cursurile de electronică ținute de profesorul Mihai Drăgănescu s-au constituit într-un ansamblu de prelegeri ce au evoluat an de an. Cursul nu s-a repetat cu fiecare nouă ediție, ci s-a instituit într-un laborator în care Profesorul construia și experimenta în același timp noua modalitate de a concepe obiectul ingineriei electronice.

Provocarea principală viza integrarea a două "lumi" ce evoluaseră până atunci complet independent: lumea semnelor – *etnosfera* - și lumea uneltelor - *tehnosfera*. Tehnologiile microelectronice permit, începând din deceniul 8 al secolului 20, să construim unelte care prelucrează semne – calculatoare - dar și să folosim semne care se comportă ca unelte - programe. Prin fuziunea celor două lumi, în spațiul electronicii se poate dezvolta astfel ***lumea arhitecturală***.

Inginerii au preluat termenul de *arhitectură* din domeniul construcțiilor. L-au adaptat, cu o semnificație foarte apropiată de cea originală, atunci când au fost forțați de complexitatea prea mare cu care au început să se confrunte în domeniul tehnologiilor computaționale. Arhitectura este ***interfața*** dintre domeniul *hardware*-ului și cel al *software*-ului. Această interfață permite dezvoltarea independentă a celor două sub-domenii, accelerând procesul de dezvoltare a domeniului calculatoarelor. Unul dintre beneficiile majore ale introducerii conceptului a fost acela al emergenței unui spațiu foarte flexibil pentru procesul inovativ. Acesta a fost motivul pentru care Mihai Drăgănescu preia termenul și în domeniul electronicii considerând că ***gândirea funcțională*** în electronică este cea care va permite trecerea de la ***electronică formal-structurală*** la ***electronica arhitecturală***.

Instrumentele conceptuale pur *formale* folosite în abordarea domeniului electronicii își manifestă caracterul limitativ prin faptul că ne permit să concepem numai *structuri*. Depășirea formal-structuralismului, ce caracterizează electronica convențională, are o șansă de împlinire prin gândirea arhitecturală pe care Mihai Drăgănescu o vedea fundamentată, începând din anii 90, pe *teoria categoriilor*. Posibilitatea de a considera în cadrul aceluiași demers funcții formale împreună cu funcții neformale deschide posibilități către o abordare în care ***fenomenologicul*** să

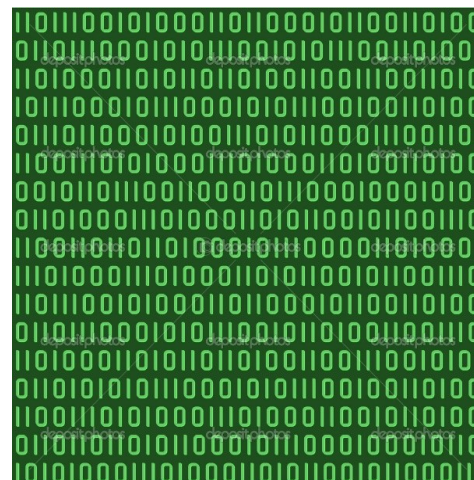
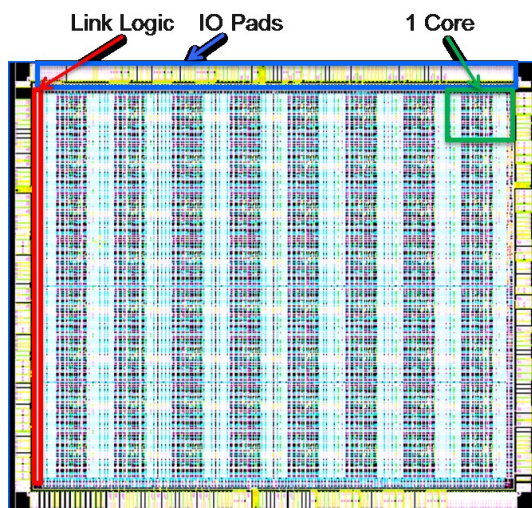
poată avea un rol important. Abordarea de tip arhitectural, sprijinită de fuziunea etnosferei și tehnosferei oferă cadrul în care o construcție **structural-fenomenologică** să fie cu putință. Reducționismul formal-structural ar putea fi astfel depășit prin fuziunea unor efecte trans-computaționale de tip fenomenologic cu artefacte generate prin tehnologii convenționale.

Structură vs. Funcție

Tehnologiile micro-, nano-, sau bio-electronice permit să vor permite, pentru o vreme încă, creșterea exponențială a numărului de componente ce pot fi realizate pe siliciu sau pe noi materiale ce apar treptat în industria componentelor. Ceea ce se limitează este complexitatea. Putem emite ca un principiu de creștere în domeniul structurilor electronice restricția ca: ***viteza de creștere a complexității să fie mai mică decât viteza de creștere a dimensiunii structurilor.***

Dar, atunci de ce să mai creștem dimensiunea dacă complexitatea nu poate urmări această creștere? Funcțiile pe care le dorim realizate au o complexitate care este din ce în ce mai mare și ea. Nu avem o lege riguros exprimată, dar este greu să acceptăm o rămânere în urmă a complexității funcționale. Justificat sau nu, lumea în care trăim cere sau acceptă funcții din ce în ce mai complexe. Unde putem insera complexitatea funcțională la care aspirăm? Soluția a apărut natural: în structura informațională a programelor care rulează pe structurile fizice de circuite. Pe scurt soluția este: ***circuite mari și simple pe care rulează programe complexe.***

Circuitele vor putea deveni oricât de mari cu condiția să păstreze un grad de modularitate rezonabil prin care complexitatea să poată fi menținută în limite controlabile. Programele, stocate în memorii din ce în ce mai mari, pot avea o complexitate algoritmică oricât de mare datorită flexibilității cu care pot fi modificate sau întreținute. Cele două imagini sugerează acest fapt.



Biții pot fi stocați în configurații oricât de complex pe când structurile de circuit pot crește numai dacă acceptă structuri repetitive ușor de verificat și validat în procesul de proiectare.

Abordarea arhitecturală permite segregarea și conviețuirea structurilor de circuit simple cu structurile complexe informaționale. Structura de circuit este actualizată funcțional prin programare. Din acest punct de vedere, *electronica nu poate evolua decât ca electronică funcțională*.

Interacția dintre structură și funcție se manifestă în mai multe moduri în domeniul electronicii funcționale:

- Structura: răspunde la întrebarea CUM? se realizează un anumit obiect tehnic, motiv pentru care se poate realiza, în funcție de tehnologie, în *mai multe moduri* funcțional echivalente, dar diferite din perspectiva unor criterii culturale, de piață, ecologice, ...
- Funcția: răspunde la întrebarea CE? trebuie să fie un obiect tehnic și este *imperativă*, în sensul că are o singură formă prin care este definită ca o cerință, mai mult sau mai puțin, impusă societății, omului sau mediului
- Structura: este descrisă formal împrumutând de la formă toate limitele de tip reduționist pe care aceasta le presupune
- Funcția: poate fi descrisă formal, informal sau nonformal, deci este structural-fenomenologică oferind posibilitatea ca, pe lângă efectele pur structurale, să ia în considerație și aspecte fenomenologice
- Structura: consideră sisteme deschise, cu intrări și ieșiri bine definite, care neglijează conexiunile care s-ar putea închide între ieșiri și intrări prin lume, om sau existență
- Funcția: poate închide eco-bucle pe căi posibile de la ieșiri către intrări anulând, măcar parțial, deschiderile structurale prea mari
- Structura: presupune sintaxă și semnatică, adică o ordine internă și corespondențe cu o realitate dată de un spațiu al semnificațiilor precis delimitat
- Funcția: presupune sintaxă, semantică și **sens**, fapt care permite corespondențe și conexiuni ce depășesc limitele semanticii deschizând căi spre spațiul mult extins al evocărilor sensice.

Complementaritatea funcție-structură permite electronicii funcționale să ofere lumii în care se dezvoltă obiecte definite ca cerințe, mai mult sau mai puțin justificate, de om sau societate.² Dacă electronica pur structurală a introdus în tehnosferă obiecte cu o funcționalitate limitată la ceea ce în fiecare etapă de dezvoltare a putut oferi, electronica funcțională va introduce în

² Evităm în acest text comentariile care ar aduce în discuție efectele disfuncționale pe care mediul corporatist le introduce.

realitate ceea ce mediul în care se dezvoltă cere. Își poate permite acest lucru în urma alianței foarte strânse de care beneficiază prin fuziunea structurilor fizice de circuit cu cele informaționale ale programelor.

Algorithm vs. ecorithm

Una dintre tehnologiile informaționale cele mai utile electronicii funcționale este **inteligența artificială**. Această tehnică este folosită de dispozitivul electronic funcțional pentru a învăța și, astfel, crește prin *auto-organizare* propria complexitate funcțională. Auto-organizarea este un mecanism care în electronica funcțională este posibil, în principal, datorită structurii informaționale a programelor. De regulă, nu structura fizică este cea care se auto-organizează, pentru că numai structura informațională a programelor posedă flexibilitatea organizațională care facilitează reconfigurarea. De fapt, sistemele cu auto-organizare sunt sisteme în care structura fizică și cea informațională se întrepătrund la un nivel de granularitate suficient de mic pentru ca interacția dintre fizic informațional să capete proprietăți funcționale utilizabile. Mihai Drăgănescu a organizat primele cursuri de inteligență artificială din facultate și a sprijinit construcția unei mașini Lisp în *Catedra de dispozitive, circuite și aparate electronice* a aceleiași facultăți, pentru că, în concepția sa, un procesor cu/pentru inteligență artificială era, în ultimă instanță, un dispozitiv pe care se vor baza sistemele electronice ale viitorului.

Pe calea deschisă de electronica funcțională propusă de Mihai Drăgănescu, în al doilea deceniu al mileniului trei emerg soluții ce continuă, sprijinite de paradigma fuziunii structurilor fizice cu cele informaționale, demersul ce sporește șansele atingerii sintezei structural-fenomenologice. Astfel, profesorul Leslie Valiant de la Harvard University propune conceptul de **ecorithm**: “*algorithms that operate in complicated environments, especially environments that are much more complex than the algorithm itself ... [which] is allowed to interact extensively with the environment and learn from it.*”³

Învățarea, ca proces de auto-organizare în interacția cu o realitate complexă, este calea pe care funcția unui dispozitiv electronic poate atinge gradul de adecvare cerut de complexitatea din ce în ce mai mare la care aspiră produsele electronice. Procesul de învățare prin “scufundarea” într-o realitate (fenomenologică) complexă este unul care poate atinge pragul manifestărilor și interacțiilor fenomenologice la care până acum structurile electronice nu au avut acces.

Dispozitive agnitronice

La sfârșitul anilor 70, profesorul Mihai Drăgănescu, în cadrul cursului de Electronică funcțională ține o lecție despre *Dispozitive agnitronice*. *Agni* este zeul focului în mitologia hindusă. El este responsabil, printre altele, de comunicare dintre oameni și zei. Pentru filosofia vedică, accesul

³ Leslie Valiant: *Probably Approximately Correct: Nature's Algorithms for Learning and Prospering in a Complex World*, Basic Books, 2013.

mentalului uman în profunzimea existențială este facilitat de Agni. Printr-un dispozitiv agnitronic Mihai Drăgănescu înțelegea acel dispozitiv structural care ar facilita procesul fenomenologic de conectare a mentalului uman la nivelul profunzimilor existențiale. L-a prezentat ca pe o ipoteză de lucru prin care puteau fi stimulate cercetări cu o finalitate deosebit de spectaculoasă și promițătoare pentru abordarea de tip structural-fenomenologic.

Joseph M. Caswell susține în 2014 la o universitate din Ontario teza de doctorat cu titlul: *The Potential Role of Consciousness in the Collapse of Random Physical Systems: a Quantitative Biophysical investigation of Cognitive Intention*. Este o lucrare care evidențiază posibile interacții între mentalul conștient și comportamentul aleator al sistemelor cuantice.

Mediul academic sprijină timid astfel de cercetări. În 1979 la Universitatea Princeton este înființat *Princeton Engineering Anomalies Research Laboratory* (PEAR) având drept subiect de investigație acțiunea directă a fenomenelor conștiente aspra realității fizice. Din acest laborator se desprinde în 2005 un grup care formează compania *Psyleron – Consciousness Technology & Research*. Această companie se străduie să producă dispozitive agnitronice de genul celor prezise de profesorul Mihai Drăgănescu în cursurile ținute la sfârșitul anilor 70.

Concluzii

La începutul lunii iunie am fost surprinși de următorul anunț: *”Intel and Altera announced on June 1, 2015 that they have entered into a definitive agreement under which Intel would acquire Altera ... The acquisition will couple Intel’s leading-edge products and manufacturing process with Altera’s leading field-programmable gate array (FPGA) technology. The combination is expected to enable new classes of products that meet customer needs in the data center and Internet of Things (IoT) market segments. Intel plans to offer Altera’s FPGA products with Intel Xeon® processors as highly customized, integrated products.”* Se deschid, prin această fuziune tehnologică, noi perspective electronicii funcționale. Ne vom permite la nivel arhitectural să depășim nivelul operării cu seturi de funcții prin trecerea la nivelul operării cu familii de funcții ce pot fi actualizate nu numai prin programarea unor structuri computaționale ci și prin instanțierea prin programare a unor structuri fizice. Emerge o nouă relație între circuite și informație: informația va fi folosită pentru a instanția structuri fizice. Dacă apariția microprocesoarelor a permis actualizarea funcțională prin programarea unor structuri de circuit computaționale, prin integrarea structurilor FPGA, structurile informaționale și cele fizice vor interacționa mult mai direct pentru a determina funcționalitatea. Electronica funcțională trece astfel la un nivel superior de integrare între circuite și informație.

Dacă, în paralel, și dispozitivele agnitronice vor evolua către produse din ce în ce mai controlabile, atunci integrarea structurală dintre fizic și informațional va putea atinge și paliere fenomenologice. Electronica funcțională va putea atinge astfel stadiul dispozitivelor trans-computaționale, al dispozitivelor care să poată satisface cerințe funcționale și dincolo de ceea ce reducționismul formal-structural poate astăzi oferi.