

Maestri ai ingineriei calculatoarelor. Pagini de istorie

(Compile de) Lucian N. Vințan
lucian.vintan@ulbsibiu.ro

12 mai 1941, ing. Konrad Zuse face la Berlin o demonstrație de lucru a calculatorului Z3 proiectat de către el. Calculatorul este considerat primul calculator automat, programabil în mod flexibil și deci universal (citea programele de pe bandă de celuloză perforată). Totuși, nu avea instrucțiuni de salt condiționat și deci posibilitatea buclelor de program. Era binar și lucra cu numere în virgulă mobilă pe 22 biți. Conținea cca. 2000 de relee electromagnetice și avea o frecvență de tact de 5-10 Hz [Zuse]. Fără să știe de celebra teză de masterat a lui Claude Shannon de la MIT, intitulată *A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits* (1937), Zuse mapează și el algebra logică a lui Boole și aritmetica binară în circuite logice cu relee. Z3 a fost distrus în bombardamentele din Berlin în anul 1944. O copie a lui Z3, construită ulterior chiar de către Zuse, se află la Muzeul Tehnicii din Munchen. Încă din anul 1936 Zuse a trimis spre aprobare un patent în care se explică ideea programului memorat. Brevetul a fost respins!

În perioada 1939-1942 Dr. John Vincent Atanasoff de la Iowa State College, SUA, construiește împreună cu fostul său student Clifford Berry, probabil primul calculator (parțial) electronic, binar, numit ABC (*Atanasoff Berry Computer*). Proiectarea lui începe încă din anul 1937. Nu a fost niciodată complet funcțional. Totuși, a fost primul calculator parțial electronic (comandă electromecanică, calcul electronic) care a implementat reprezentarea binară a datelor (50 biți în virgulă fixă) și care a separat memoria de partea computațională. Avea o memorie regenerabilă pe bază de condensatori (o precursoră a DRAM-urilor de azi), funcționa cu un tact de frecvența rețelei de alimentare (60 Hz) și efectua 30 de adunări / scăderi pe secundă [Atanasoff]. Exploata paralelismul datelor în rezolvarea unor ecuații liniare. Totuși nu avea implementată ideea programului memorat, fiind un calculator dedicat. În iunie 1941 Mauchly examinează calculatorul, ulterior prilej de controverse asupra adevăratului părinte al ideii de calculator electronic digital.

Decembrie 1943 (prototipul) / februarie 1944 (funcționare), inginerul britanic Tommy Flowers și colectivul său proiectează și construiesc calculatorul electronic binar (dedicat) numit Colossus, utilizat la decriptarea de către britanici a mesajelor germanilor pe timpul războiului. Era implementat cu tuburi electronice. Era parțial reprogramabil prin modificări ale comutatoarelor hardware [Colossus]. A fost primul calculator care a implementat în hardware registre de deplasare și rețele sistolice utilizate pentru decodări simultane.

1944, Harvard Mark I (inițial s-a numit *Automatic Sequence Controlled Calculator - ASCC*) a fost primul calculator numeric automat din SUA, realizat cu relee și comutatoare (contactoare). Citea programele de pe bandă perforată iar datele le stoca în registre (de aici termenul de memorie Harvard, adică având spații distincte pentru instrucțiuni și date). A fost proiectat de către fizicianul Dr. Howard Hathaway Aiken de la Harvard, cu finanțare IBM. (A fost construit efectiv la IBM și trimis la Harvard în februarie 1944.) Nu avea salturi condiționate, ceea ce implica programe lungi. Lucra cu numere zecimale pe 23 digiți și realiza 3 adunări/scăderi pe secundă [Mark].

1943 - 1946, Fizicianul Dr. J. Presper Eckert & inginerul John Mauchly (Universitatea din Pennsylvania, Moore School) au inițiat construcția primului calculator electronic pe scară largă, de uz general, complet operațional, numit ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Calculator*), finanțat de armata SUA, utilizat la calculul tabelelor balistice de artilerie, proiectarea bombei cu hidrogen etc. La proiect au mai participat și alți ingineri străluciți [ENIAC] Avea cca. 18000 de tuburi electronice, 20 de registre pe 10 digiți. O adunare dura 200 μ s (\rightarrow 5000 de adunări/s, față de câteva sute de milioane azi, pe calculatoare personale!), avea instrucțiuni de salt condiționat, consuma 150 KW! Avea unități speciale pentru adunare, înmulțire, împărțire, extragere radical etc. Era parțial programabil prin *switch*-uri manuale, datele se citeau de pe cartele perforate IBM, iar rezultatele se tipăreau [Hennessy]. Performanțe: 5000 de adunări pe secundă, 385 înmulțiri pe secundă etc. Construcția sa a fost inițiată prin proiectul secret Project PX între armata SUA și Universitatea Pennsylvania (5 iunie 1943). Primele procesări s-au realizat încă din 1944.

30 iunie, 1945, se publică celebrul raport al lui John Von Neumann intitulat *First Draft of a Report on the EDVAC*, (EDVAC - *Electronic Discrete Variable Automatic Computer*) Moore School of Electrical Engineering, Contract W-670-ORD-4926 between the and the United States Army Ordnance Department and the University of Pennsylvania; conținea 43 de pagini. John von Neumann - strălucit matematician - este atras încă din 1944 la proiectul ENIAC. Este prima lucrare care definește procesarea programelor într-un calculator electronic digital (*binary digit* = bit). Printre altele, lucrarea conține: structura unui calculator de uz general (*all purpose*) cu programe memorate (idee nouă) pe baza a 5 module interconectate (*Computer Arithmetic, Central Control, Memory* – stochează programe și date, *Input și Output*), proiectate a.î. să proceseze sincron, în special probleme matematice de interes (sisteme neliniare de ecuații diferențiale, sortări, probleme statistice etc.), elaborarea aritmeticii binare și a circuitelor aferente (cu exploatarea paralelismelor aritmetice), transferul și procesarea informațiilor, modelate detaliat pe baza analogiei cu neuronii artificiali ai lui W. J. McCulloch și W. Pitts (*E-elements*; intrări excitatoare - 1, inhibitoare - 0 și ieșire), definirea tipurilor de instrucțiuni mașină (*orders*) și a acțiunilor acestora asupra modulelor componente [Neumann]. Von Neumann, Mauchly, Eckert și Herman Goldstine au adus contribuții esențiale în conceperea acestui memoriu (calculator electronic cu programe memorate), care a fertilizat domeniul calculatoarelor pe scară largă. EDVAC devine operațional abia în 1952.

1946, Maurice V. Wilkes (Univ. Cambridge) participă la Moore School la niște cursuri de calculatoare. Într-o noapte citește raportul lui von Neumann asupra lui EDSAC (nu existau facilități de fotocopiere și a trebuit să-l returneze a 2-a zi.) Reîntors la Cambridge, construiește calculatorul EDSAC (*Electronic Delay Storage Automatic Computer*) definitivat în mai 1949 – primul calculator electronic complet echipat, operațional, cu programe memorate (un mic prototip, *Manchester Small Scale Experimental Machine*, s-a realizat totuși anterior, la Universitatea Manchester în 1948 sub conducerea prof. F. Williams). Alte inovații ale lui Wilkes: microprogramarea ca tehnică de proiectare a unității de comandă (1951, aplicată de IBM abia la începutul anilor 60), bibliotecile de programe și macroinstrucțiunile, memoriile cache (primul articol în 1965), sistemele de operare cu *time-sharing* și acces controlat la resurse etc. Wilkes a obținut Premiul Turing, cel mai prestigios în știința calculatoarelor.

1946, Arthur Burks, H. Goldstine, J. V. Neumann publică lucrarea intitulată *Preliminary discussions of the logical design of an electronic computer*, Institute for Advanced Study (IAS), Princeton University. Raportul acesta a fost unul extraordinar; din el derivă marea majoritate a conceptelor moderne de arhitectură a calculatoarelor. Raportul conduce la

construirea calculatorului IAS de către Julian Bigelow (coordonator von Neumann), la Princeton. Avea 1024x40 biți de memorie și era de 10 ori mai rapid decât ENIAC! Calculatorul IAS a stat la baza primului calculator comercial al IBM, celebrul IBM-701 (1952).

August 1949, Eckert-Mauchly Computer Corporation produce primul calculator electronic comercial numit BINAC, pentru o companie (*Remington Rand*, care îl cumpără în 1950). În iunie 1951, apare UNIVAC I primul calculator electronic comercial de mare succes, derivat din BINAC. Costă 250,000\$ și s-au construit 48 de sisteme!

1957, ing. Victor Toma (n. 1922, viitor membru de onoare al Academiei Române) crează primul calculator electronic digital din România (CIFA-1, cca. 1500 de tuburi electronice și cilindru magnetic de memorie, realizat Institutul de Fizică al Academiei, Măgurele). România este a 8-a țară din lume care construiește un asemenea calculator și a 2-a dintre fostele țări socialiste, după fosta URSS [Draganescu]. Au urmat: CIFA-2 cu 800 de tuburi electronice(1959), CIFA-3 pentru Centrul de calcul al Universității din București(1961), CIFA-4 (1962).

1959-1961, Iosif Kaufmann și ing. Wilhelm Lowenfeld (+ ian. 2004), construiesc MECIPT-1, primul calculator conceput și realizat într-o universitate românească (Institutul Politehnic din Timișoara). Avea peste 2000 de tuburi electronice, 20000 de rezistori și condensatori, peste 30 km de conductori, registre pe 31 biți, memorie rezidentă pe tambur magnetic – 1024 x 31 biți (unica), 50 operații pe secundă, programare în cod mașină. Codul instrucțiunii era pe 5 biți (32 instrucțiuni) iar adresa pe 10 biți. Consum: 10 KW. Microprogramat (sub influența lucrărilor lui M. V. Wilkes). Scăderea, înmulțirea, împărțirea erau microprogramate. Prof. A. Geier susținea deja cursuri de programare (pentru cadre didactice) inclusiv pe MECIPT-1 [Farcas]

Aplicații realizate pe MECIPT-1 [Farcas]:

- Proiectare cupolă pavilion expozițional București, actual Romexpo (acad. D. Mateescu, programator ing. V. Baltac)
- Proiectare baraj Vidraru (18 zile în loc de 9 luni manual)
- Simulare hidrocentrală, dimensionare rețea apă Arad, calcule rezistență, controlul statistic al calității producției etc.
- 1964, program de simulare a unor rețele neuronale (D. Farcaș)
- 1965-1967, simulator de automate autoinstruibile (D. Farcaș, sub influența prof. Kuseliov de la Moscova)
- Translator Algol 60 – limbaj mașină (1966)
- Practică studenți (inclusiv unii din București, Cluj, Iași)

1961, IBM 7030 primul calculator cu procesare *pipeline* a instrucțiunilor (4 niveluri). Alte inovații arhitecturale: multiprogramare, protecția memoriei, întreruperi, aducere anticipată a instrucțiunilor, memorii cu acces întrețesut (pt. procesări vectoriale). A fost cel mai rapid calculator din lume între 1961-1964.

1962-1963, prof. Al. Rogoian de la I. P. Timișoara susține un curs general despre calculatoare electronice digitale. Din 1963, Kaufmann, Lowenfeld, V. Baltac, D. Farcaș susțin cursuri despre MECIPT. În 1964 se înființează la I. P. Timișoara o specializare de calculatoare în cadrul secției de electromecanică, anul 4.

1963, apare calculatorul DACICC-1, dezvoltat la Institutul de calcul din Cluj încă din anul 1959 (coordonator Acad. Tiberiu Popoviciu; în 1959 s-a construit tot aici un calculator cu relee, numit MARICA). Folosea atât tuburi cât și tranzistoare. Memoriile erau din ferite. Printre inginerii care l-au construit se numără: Farkas Gh., M. Bocu, Azzola Bruno. În 1968 s-a lansat DACICC 200, complet tranzistorizat [DACICC].

1964, CET-500 (Calculatorul Electronic Tranzistorizat proiectat de către ing. V. Toma, primul complet tranzistorizat din țară). În 1960, în SUA, companiile IBM și CDC lansează producția de serie a primelor calculatoare tranzistorizate [Anonymous]. A urmat CET-501 cu performanțe superioare în privința vitezei, a capacității memoriei operative, a setului de instrucțiuni și a echipamentelor periferice folosite (1966). Semnificativă pentru folosirea acestor calculatoare este și lucrarea intitulată "Colecție de programe pentru calculatorul CET-500", Editura Academiei (1967), prefațată de către Acad. Miron Nicolescu, Președintele Academiei la acea vreme. Lucrarea de 850 de pagini a fost elaborată de către 41 de autori și prezintă probleme rezolvate efectiv din 15 domenii tehnico-științifice [Toma].

1964, se lansează supercomputerul CDC 6600 (*pipeline*, unități multiple de execuție, vectorial). Printre proiectanți Thornton și Cray.

1966, apare calculatorul IBM 360/91, primul calculator cu procesări multiple și *out of order* a instrucțiunilor. Deși nu avea implementată predicția dinamică a *branch*-urilor și deci posibilitatea de execuții speculative, arhitectura sa era asemănătoare cu cea a microprocesoarelor Pentium III, IV. Printre proiectanți, Michael Flynn (arhitecturi paralele, aritmetică binară) și R. Tomasulo, celebru pentru algoritmul de procesare a instrucțiunilor care-i poartă numele [Vintan]. Ambii cercetători sunt laureați ai prestigiosului premiu Eckert Mauchly, acordat pentru excelență în arhitectura calculatoarelor de ACM.

1965, MECIPT-2 (tranzistorizat, memorie pe inele de ferită, cuvinte instrucțiune pe 40 de biți). MECIPT-3 n-a mai fost realizat.

1966, se înființează, tot la I. P. Timișoara, prima specializare de calculatoare electronice în cadrul facultății de electrotehnică (prestigiul MECIPT a fost esențial). Prof. Rogojan obține dreptul de conducere doctorate în calculatoare. Ing. V. Baltac obține o specializare de 10 luni la Universitatea Cambridge (În cadrul celebrului *Mathematical Laboratory* din Cambridge, coordonat de către Prof. Maurice V. Wilkes; aici se lucra pe supercalculatorul ATLAS, considerat primul din lume [Baltac]. Era tranzistorizat și a devenit complet operațional în 1962. Implementa memorie virtuală prin paginare și procesare *pipeline* a instrucțiunilor. Avea un sistem de operare cu *time sharing*, dezvoltat la Cambridge.)

1971, realizarea primului microprocesor comercial (peste 2000 tranzistori per chip), care a facilitat intrarea într-o nouă eră a procesării informației (Intel Co, Dr. Marcian Edward „Ted” Hoff Jr., 4 biți).

1972, Prof. Alexandru Rogojan finalizează calculatorul CETA, utilizat și în procesul didactic. Prof. Rogojan publică un curs de “calculatoare numerice” (3 volume) în care elaborează o metodă simplă și sistematică de proiectare a unității de comandă cablate, cu specificarea comenzilor pe faze (cicli) și impulsuri de “orologiu” (tact), funcție de starea anumitor semnale de condiție.

1976 se lansează supercomputerul Cray 1, de departe cel mai performant din lume la acea vreme. Seymour Roger Cray (Septembrie 28, 1925 – Octombrie 5, 1996) a fost un mare pionier al supercomputerelor, autor al unor inovații arhitecturale de notorietate.

1980, primul calculator RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) numit IBM 801, gândit de către Dr. John Cocke. Ideea este dezvoltată ulterior de grupul profesorului David Patterson de la Berkeley care construiește primul microprocesor RISC în 1981 (lui Patterson i se datorează, ulterior, și structurile RAID – *Redundant Arrays of Inexpensive Disks*). La începutul anilor 1980, Dr. John Cocke de la IBM lansează ideea execuțiilor paralele ale instrucțiunilor (*Instruction Level Parallelism*) și termenul de superscalar. S-a implementat o mașină superscalară cu 2 instrucțiuni în paralel (*Cheetah*) și respectiv cu 4 (*America*). Apoi IBM lansează sistemul IBM RS/6000, un mare succes comercial și tehnic. Cocke a obținut premiul Turing, cel mai prestigios posibil în știința și ingineria calculatoarelor [Hennessy]. A adus contribuții fertile și în dezvoltarea tehnicilor de compilare optimizată a programelor în vederea minimizării timpului de execuție. În legătură cu procesorul superscalar *America*, în celebra carte de arhitectura calculatoarelor a lui J. Hennessy și D. Patterson [Hennessy], există următorul motto: “*Who’s first? America. Who’s second? Sir, there is no second!*”

1995, supercomputerul Cray 4: 64 de procesoare vectoriale de tip vector-registru (SIMD) operând la un tact de 1 GHz. Avea câțiva GB de memorie internă. Realizat în tehnologie GaAs (arsenură de galiu). Avea performanțe de 32 Gflops. Întrebat ce CAD-uri a folosit la proiectarea lui Cray-1 a spus că a folosit trei creioane și niște topuri de hârtie. Când i s-a spus că cei de la Apple au achiziționat un Cray pentru proiectarea viitorului calculator personal Apple Macintosh a replicat că el și-a cumpărat de curând un Macintosh ca să proiecteze viitorul Cray. Influența supercomputerelor Cray apare chiar și în cazul recentului IBM BlueGene (2005) care conține 65536 noduri de procesare conectate într-o topologie de tip rețea 3 D toroidală. Fiecare nod este interconectat la alte 6 noduri situate simetric pe direcția sistemului ortogonal XYZ centrat în respectivul nod. Un nod conține 80 de procesoare *multithread* cu memorii DRAM implementate *on chip* (conceptul arhitectural PIM – *Processing In Memory*). Aceste 80 de procesoare sunt interconectate printr-o rețea matricială de tip *crossbar*. Supercomputerul conține în plus 1024 de noduri de intrare-ieșire și atinge performanțe de cca. 207 Tflops pe programe numerice! Bariera de 1 Petaflop este aproape de a fi atinsă...

La cele anterior enumerate succint, aș trage o singură concluzie, situată poate în ușor dezacord cu opinia majoritară de azi: ideile arhitecturale importante în calculatoare, sunt, totuși, relativ vechi.

Bibliografie selectivă

[Anonymous] Anonymous, *History of Computer Developments in Romania*, IEEE Annals of the History of Computing, July-September 1999 (Vol. 21, No. 3), pg. 58-60

[Atanasoff] http://en.wikipedia.org/wiki/Atanasoff-Berry_Computer, o istorie a calculatorului ABC al lui V. Atanasoff

[Baltac] Baltac V., *MECIPT – Mașina electronică de calcul a Institutului Politehnic din Timișoara. Evocări și documente*, București, octombrie 2005 (PDF)

[Colossus] http://en.wikipedia.org/wiki/Colossus_computer, o istorie a calculatorului Colossus

[DACICC] <http://www.ieseanul.ro/articol/ziar/iasi/stramosul-pentium-ului/8286/268/print/>, o istorie a calculatoarelor DACICC

[Draganescu] Drăgănescu M., *Perspectivile societății cunoașterii în România*, e-preprint, PDF

[ENIAC] <http://en.wikipedia.org/wiki/ENIAC>, o istorie a calculatorului ENIAC

[Farcas] Farcaș D. D., *MECIPT o istorie subiectivă*, București, aprilie 2005 (PDF)

[Hennessy] Hennessy, J. L., Patterson, D. A., *Computer Architecture: A Quantitative Approach*, Morgan Kaufmann (Elsevier Science), 3-rd Edition, 2003

[Mark] http://en.wikipedia.org/wiki/Harvard_Mark_I, o istorie a calculatorului Mark I

[Neumann] Von Neumann J., *First Draft of a Report on the EDVAC*, Moore School of Electrical Engineering, University of Pennsylvania, June 30, 1945

[Toma] http://www.academiaromana.ro/sectii/sectia14_informatica/doc/rez_vtoma.doc, un scurt CV al ing. V. Toma

[Vintan] Vințan Lucian, *Prediction Techniques in Advanced Computing Architectures* (în limba engleză), Matrix Rom Publishing House, Bucharest, ISBN 978-973-755-137-5, 2007

[Zuse] <http://en.wikipedia.org/wiki/Z3>, o istorie a calculatorului Z3 construit de către Konrad Zuse