

FIZIKA I KOMPJUTERSKA REVOLUCIJA

I. Batistić

Institut za fiziku, Zagreb

Danas mnogi smatraju da živimo u dobu kompjuterske revolucije koja je dovela do bitnih promjena u načinu života i rada mnogih ljudi, ali i u funkcioniranju društva općenito. U tom procesu koji traje od sredine 40tih godina kada je prvo elektronsko računalo napravljeno, fizičari i fizika su igrali jednu od važnih uloga.

Računalo je dobilo ime po latinskoj riječi *calculus*, što znači kamenčić. Ime potječe od pomagala za računanje, *abacus*, koje su već stari Grci i Rimljani koristili, a sastojalo se je od ploče s osam žljebova duž kojih su se pomicali kamenčići. U 17. stoljeću su B. Pascal i G. W. Leibniz razvili mehaničke naprave za računanje na osnovu kojih su nastali današnji mehanički i elektromehanički stolni kalkulatori ili računala. Međutim, prve ideje i nacрте automatskog mehaničkog stroja koji bi mogao raditi niz složenih matematičkih računa, dao je Charles Babbage 1822. On je zamislio diferencijski stroj koji će istodobno primati naredbe i podatke preko dva niza bušenih kartica, a rezultati računa će se tiskati/bušiti na trećem nizu kartica. Zamisao je posudio od Francuza J.M. Jacquarda koji je unaprijedio tekstilnu industriju uvođenjem bušenih kartica s instrukcijama za tkalačke strojeve za proizvodnju složenih uzoraka. Babbage svoje zamisli nije mogao ostvariti jer su bile iznad tehnoloških mogućnosti tog doba. Njegove je ideje oživio H. Aiken 1937. kada je predložio gradnju uređaja *Automatic Sequence Controlled Calculator* (kasnije nazvanog Mark 1). Uređaj se je počeo graditi 1939., završen je 1942., pri čemu su korištena IBMova elektromehanička računala kao bazične jedinice. Ograničenje ovog stroja i svih ostalih mehaničkih uređaja je brzina računanja koja je ograničena brzinom gibanja mehaničkih dijelova. Za račune gdje je krucijalno dobiti rezultate brzo bilo je potrebno pronaći drugačija rješenja.

Zamisao i početak gradnje prvog sasvim elektroničkog stroja, ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Computer*), koincidira ne sasvim slučajno s početkom drugog svjetskog rata. Motiv gradnje ENIACa bio je proračun balističkih tabela. Postojanje ENIACa objavljeno je 15. veljače 1946., pa se ovaj dan smatra početkom razdoblja elektroničkih digitalnih računala.

Tijekom drugog svjetskog rata su sve zaraćene strane ulagale velike napore na pronalaženju novih vrsta oružja, u usavršavanje postojećih, poboljšanje tehnologije i inače u ostvarivanje bilo kakve prednosti koja bi dala premoć na bojištu te eventualno dovela do konačne pobjede. Drugi svjetski rat te hladni rat i trka u naoružavanju

između blokova koji su uslijedili, obilježili su naše doba ne samo s pronalaženjem nuklearne bombe, već i s usavršavanjem raketa, putovanjem na Mjesec pa tako i s razvojem računskih strojeva. Mora se kazati, htjeli mi to priznati ili ne, da su velika ulaganja u znanost i razvoj redovito motivirana upravo *ovim* razlozima.

Ovdje posebno mjesto zauzima Manhattan projekt koji je doveo do stvaranja atomske (tj. nuklearne) bombe. Američka je država uložila veliki novac i napore u istraživanje mogućnosti gradnje bombe bazirane na energiji oslobođenoj u nuklearnim reakcijama, a da bi kompenzirala moguću prednost Njemačke koja je provodila ista takva istraživanja. Napori su bili potaknuti na inicijativu niza poznatih znanstvenika i fizičara, među kojima je bio i sam A. Einstein. U tu svrhu izgrađen je posebni tajni laboratorij i mali grad u blizini Santa Fea kojeg danas poznajemo kao Los Alamos. U Los Alamosu je bio okupljen veliki broj vrhunskih fizičara, matematičara, te svih ostalih struka iz zemalja saveznica (s izuzetkom SSSR-a).

Za vrijeme trajanja projekta postala je evidentna važnost postojanja snažnih uređaja za računanje. Da bi se izbjegla metoda *pokušaja i pogrešaka* bilo je potrebno predvidjeti ponašanje materije pri visokim temperaturama i tlakovima, a što podrazumijeva rješavanje skupa kompliciranih i uz to nelinearnih hidrodinamičkih jednažbi. U nedostatku superračunala kakve danas poznajemo, numeričke račune su radile osobe služeći se na početku sa stolnim računalima, a poslije IBM-ovim elektromehaničkim računalima. Bušene kartice služile su im za ubacivanje podataka i za ispisivanje rezultata. Napomenimo da se je ovaj sistem komuniciranja s računalom putem bušenih kartica zadržao gotovo do današnjih dana. Obujam posla je tražio organizaciju rada ljudi na način sličan programiranju današnjih velikih računskih strojeva. U stvari mnoge bitne ideje načinu o programiranju potječu iz tog doba. Tu istaknuto mjesto zauzima John von Neumann koji se može smatrati ocem sekvencijalnog programiranja. Većina današnjih računala rade na sekvencijalni način, tj. centralna jedinica obrađuje jednu po jednu naredbu. Tek u novije vrijeme konstruirana su računala s većim brojem procesorskih jedinica koje međusobno rade u paraleli. Paralelno obrađivanje podataka također ima svoje začetke u Los Alamosu. Sekvencijalnim načinom rada proračun udarnog vala eksplozije trajao je oko tri mjeseca rada. Tako je R. Feynman (kasnije poznati fizičar i nobelovac) sa svojim suradnicima nastojao je ubrzati račun tako da se obrađuju tri skupa kartica u paraleli. Iako je taj način rada ubrzo napušten jer je dovodio do raznih komplikacija, Feynman mu se je vratio kasnije kada je, radeći za kompaniju Thinking Machines Corp, pomogao u dizajnu centralnih procesorskih jedinica za *masivno paralelno računalo* CM-1.

Slika 1. John von Neumann

Iz tog razdoblja potječu i razne numeričke metode koje se danas naširoko koriste. Jedna od poznatijih je metoda *Monte Carlo* računanja koju su predložili von Neumann

i Stanislaw Ulam. Metoda ima širok spektar primjene, od izračunavanja višestrukih integrala pa do studiranja termodinamike raznih kvantnih i klasičnih sistema čestica.

Kako su prva elektronička računala postala dostupna, ona su svoju primjenu i opravdanje ulaganja odmah nalazili među znanstvenicima koji su ih rabili na rješavanju složenih hidrodinamičkih problema. Prvo elektroničko računalo ENIAC odmah je bilo iskorišteno u dizajniranju hidrogenske bombe prema idejama E. Tellera. Na neki način, ova istraživanja stimulirala su razvoj sve jačih i jačih elektroničkih računala, a koja danas nalaze svoju punu primjenu na *mirnodopskim* problemima. To razdoblje, osim sredstava masovne destrukcije, ostavili su nam u nasljeđe i kompjutersku revoluciju koja je potom uslijedila.

Slika 2. Univac I spada u prvu generaciju računala građenih od elektronskih cijevi.

Razvitak računala možemo podijeliti na nekoliko faza. Prvom fazom možemo smatrati razvitak računala baziranih na elektronskim cijevima, poput ENIACa. ENIAC je računalo koje je imalo oko 18000 elektronskih cijevi, 70000 otpornika, 10000 kondenzatora, 6000 sklopki, 1500 releja. Obujam mu je bio oko 90 m³, a trošilo je 80 kW struje, od toga "samo" 20 kW na ventilatore za hlađenje. Daljnja istraživanja na razvoju računala bila su u usmjerena na traženje što pogodnijih načina za elektroničko spremanje podataka i programa na samom računalu. To je ono što danas nazivamo RAMom (random access memory), ali u ono doba to su činile katodne cijevi, a nešto kasnije feritne (magnetske) jezgre. Nadalje, olakšana je uporaba računala uvođenjem operacijskog sustava, simboličkog strojnog jezika te viših programskih jezika kao što je FORTRAN.

U tom je razdoblju učinjeno i jedno od najvažnijih otkrića za daljnji razvitak računala, iako u to vrijeme to nije bilo tako očito. Radi se o pronalasku tranzistora, koji su napravili John Bardeen, Walter Brattain i William Shockley radeći u AT&T-ovu Bell Telephone laboratoriju 1947. Spomenimo samo da je Bardeen kasnije dobio i drugu Nobelovu nagradu iz fizike za teoriju supravodljivosti, što također može imati velikog utjecaja na razvoj računala budućnosti.

Slika 3. Superračunalo Cray u Los Alamos Nacionalnom laboratoriju.

Sljedeću fazu u razvoju računala predstavlja zamjena elektronskih cijevi tranzistorima, što se je dogodilo oko 1960. U to doba pojavio se je niz kompanija i firmi koji su izrađivali računala u komercijalne svrhe. Spomenimo osnivanje Control Data Corp, koju su osnovali William Norris i Seymour Cray. CDC računala su postala ubrzo pojam za ultra brza računala. 70tih godina Cray je osnovao vlastitu kompaniju (Cray Research) te je proizvodio računala koja se i danas smatraju najbržim. Druga važna kompanija je Digital Equipments Corp, koja se je specijalizirala u proizvodnji miniračunala. U to vrijeme bila je poznata po seriji PDP računala, izrađenih sasvim od tranzistora, a svojom cijenom pristupačnih i manjim firmama, fakultetskim odjelima,

istraživačkim laboratorijima. Na PDP računalima procesorsko se vrijeme dijelilo na više raznih procesa (time sharing), što je omogućilo korištenje računala za istodobno prikupljanje podataka s više raznih mjernih instrumenata i njihovu analizu.

Važan korak u razvoju računala učinio je Jack Kirby 1959., inženjer u kompaniji Texas Instruments, napravivši prvi električni krug na podlozi germanijuma. Odmah zatim Robert Noyce, fizičar u kompaniji Fairchild Camera, uvodi ideju proizvodnje kompletnih električnih krugova metodom fotolitografije na silikonskoj podlozi. Ova je metoda postala standard za proizvodnju električnih integriranih krugova. Ona je također inicirala proizvodnju jeftinijih i kompaktnijih računala. Daljnja usavršavanja ove tehnologije doveli su proizvodnje visokointegriranih čipove i procesora, a koje mi danas koristimo u izradi računala.

Zadnjih smo godina svjedoci još jedne revolucije vezane uz računala. Računalo više nije izolirani stroj, nego je djelić globalne mreže međusobno povezanih više milijuna računala poznate kao Internet. Internet se je razvio od ARPAnet projekta pokrenutog 70tih godina radi proučavanja komuniciranja između računala. Internet omogućuje mnoštvo raznih servisa: upotreba računala na daljinu (telnet), prenos podataka s jednog računala na drugo (ftp), razmjena poruka (elektronska pošta), itd. Naročito je popularan servis poznat kao World Wide Web (WWW), a koji omogućuje razmjenu informacija i podataka svih vrsta, njihovo distribuirano čuvanje te lagano pregledavanje i pretraživanje. Spomenimo da je ovaj servis zamislio Tim Barners-Lee, fizičar koji radi u CERNu, radi lakšeg razmjenjivanja informacija s svojim kolegama.

Razne kompanije boreći se za prevlast na tržištu već sada razvijaju i razmišljaju o računalima sutrašnjice. Istraživači fizičari koji rade u njihovim laboratorijima razmišljaju o raznim mogućim smjerovima razvoja: integriranje optičkih elemenata/sklopova u čipove, daljnja minijaturizacija do atomskih skala, upotreba novih materijala (supravodiči, organski poluvodiči i vodiči, polimeri, biološki materijali, itd.), uvođenje kvantnih logičkih elemenata itd. Moguće su izmjene i u samom sistemu binarne logike koja je danas standard za digitalna računala. Nadalje, radi se na olakšanju korištenja računala. Već sada je moguće ograničeno upravljati računalom putem glasa. Da bi se to postiglo potrebno je bilo razviti metode prepoznavanja uzoraka. U rubna područja fizike spadaju i istraživanju umjetne inteligencije i metoda učenja. Koja će tehnologija i smjer prevladati i koja će kompanija preživjeti utrku na tržištu? Nekoć hladni rat i trka naoružanja zamijenjeni su ratom drugom vrste, ali isto tako poticajnim na razvoj računala. U stvari ova je promjena posljedica sve masivnijeg korištenja računala u svakodnevnom životu svih ljudi. Jer što je profitabilnije nego proizvoditi ono bez čega se ne može. Računala nisu više samo strojevi za računanje. Ona rade i cijeli niz drugih poslova: spremaju, čuvaju i pretražuju podatke, nadgledaju i prikupljaju podatke mjerenja, nadgledaju procese u industriji, upravljaju uređajima, analiziraju i obrađuju podatke, služe kao pisace

mašine, jesu sredstvo komuniciranja, učilo u nastavi, igračka za zabavu, te naravno mogu služiti i u ratu kao moćno oružje.