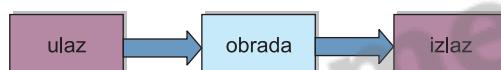


1. Građa računalnog sustava

Računalo je stroj koji prema programom definiranim uputama može obrađivati ulazne podatke, izvoditi računske i logičke operacije te prikazivati rezultate obrade.

Njegovi temeljni zadaci, prikazani blokovskom shemom na slici 1.1, jesu:

- unos (engl. *input*),
- obrada (engl. *processing*),
- izlaz (engl. *output*).



■ Slika 1.1. Temeljni zadaci računala

U temeljne zadatke računala može se katkad ubrojiti i pohrana (engl. *storage*) jer prilikom pohranjivanja računalo sprema podatke kako bi se oni mogli koristiti kasnije.

Sklopovska oprema računala podrazumijeva sve mehaničke, magnetske, električne i elektroničke sklopove digitalnog računalnog sustava. Često se još naziva tehnička potpora ili sklopovlje računala (engl. *hardware*).

Program je skup instrukcija složenih određenim redoslijedom prema kojima računalo izvodi različite operacije, s ciljem izvođenja određenog zadatka.

Pod **programskom potporom računala** (engl. *software*) podrazumijevamo sve programe kojima ono raspolaze.

Prilikom unosa računalo prihvata podatke predstavljene na način na koji ih ono može interpretirati. Pod **podatkom** se podrazumijeva bilo kakav sadržaj koji se sastoji od riječi, brojeva, slika ili njihovih kombinacija. Obrađujući unesene podatke, računalo s njima izvodi aritmetičke i logičke operacije, te usporedbe. Izlaz predstavlja rezultate obrade kao informaciju prikazanu na način razumljiv korisniku.

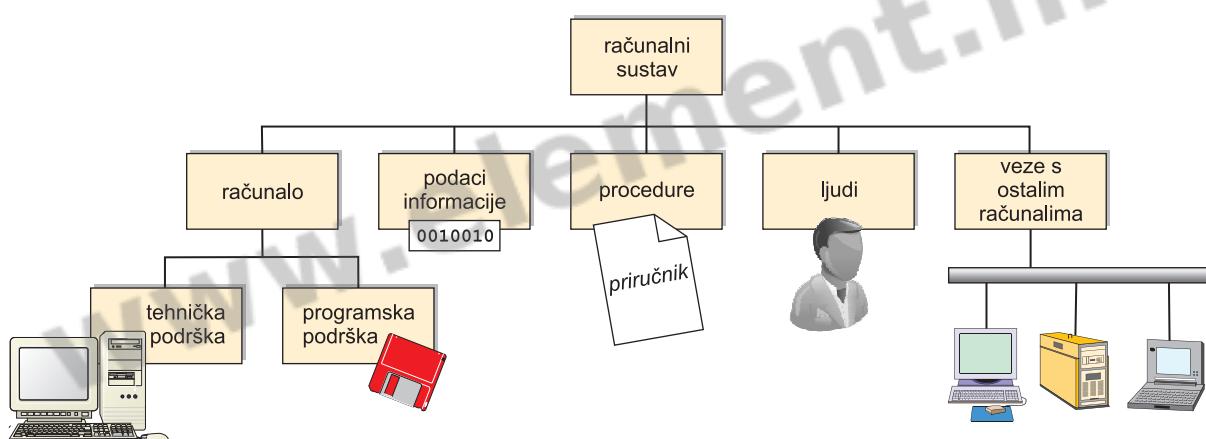
1. Građa računalnog sustava

Korisnici djeluju u skladu s određenim smjernicama ili uputama, tj. procedurama: upravljaju sklopovskom opremom računala, razvijaju ili koriste programsku potporu, povezuju računala u računalnu mrežu i sl.

Iz dosad navedenoga možemo zaključiti da računalo moramo promatrati isključivo kao dio uređene cjeline, tj. **računalnog sustava**, koja se sastoji od sljedećih elemenata:

- računala koje obuhvaća sklopovsku opremu i programsku potporu,
- podataka i informacija,
- procedura,
- ljudi i
- veza s ostalim računalima.

Na slici 1.2 prikazana je blokovska shema računalnog sustava.



■ Slika 1.2. Računalni sustav

1.1. Razvoj računalnih sustava kroz povijest

Ovisno o razini tehnologije koja se primjenjivala za rješavanje problema ulaza, obrade, izlaza i međusobne komunikacije, **razvoj računalnih sustava** može se podijeliti na **četiri razdoblja**:

- razdoblje naprava za pomoć pri računanju (od prapovijesti do 1593. godine),
- mehaničko razdoblje (od 1594. godine do 1890. godine),
- elektromehaničko razdoblje (od 1890. godine do 1945. godine),
- elektroničko razdoblje (od 1946. godine do danas).

Elektroničko se razdoblje može podijeliti na tri razdoblja:

- doba velikih računala (od 1945. godine do 1974. godine),
- doba osobnih računala (od 1975. godine do 1989. godine),
- doba osobnih računala, multimedije i interneta (od 1990. godine do danas).

Napredak u razvoju računalne tehnike omogućio je povećanje razine složenosti obrade podataka.

1.1.1. Razdoblje naprava za pomoć pri računanju

Ljudi su stoljećima pokušavali ubrzati i olakšati postupke rješavanja matematičkih problema. Davno prije pojave računala kakva danas poznajemo ljudi su osmisili naprave koje su im pomagale pri računanju.

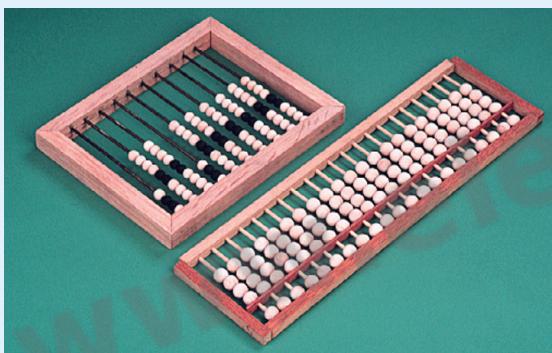
Antičkim je narodima kao pomoć pri računanju služila naprava **abak**. Dvije izvedbe abaka prikazane su na slikama 1.3 i 1.4. Razlikovali su se po vrijednostima koje se dodjeljuju pojedinim stupcima i redovima. Redovi su često bili pozitivne ili negativne potencije broja deset. Abak nije automatski rješavao računske operacije. Bio je samo mehanička naprava koja je služila čovjeku kao pomoć, dok se postupak proračuna odvijao u njegovoj svesti. Rezultate računskog postupka koji se provodio uz njegovu pomoć trebalo je zapisati pa, zahvaljujući abaku, u Egiptu, Mezopotamiji i Kini postoje sačuvani najstariji zapisi brojeva.

Projektiranje mehaničkih računskih strojeva zasnivalo se na načelu rada mehaničkih satova. Takvi su se strojevi rabili do četrdesetih godina prošlog stoljeća, kad su se počeli izrađivati elektromehanički i elektronički računski strojevi.

Iz povijesti ...



■ Slika 1.3. Rimski metalni abak



■ Slika 1.4. Različite izvedbe abaka

Prvi poznati abak potječe iz Babilona, iz razdoblja od prije 5.000 godina. Njime se računalo s pomoću kameničića koji su se umetali u žljebove napravljene u pjesku.

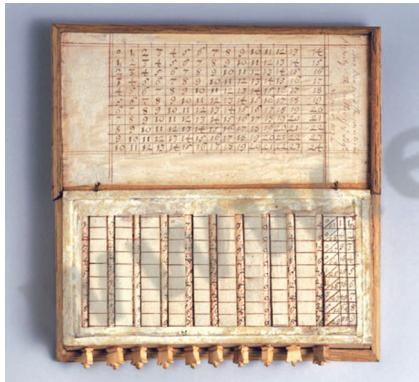
U Rimu su postojale dvije izvedbe abaka: kameni i metalni. Na slici 1.3 prikazan je rimske metalni abak. Kameni abak (nosio je latinski naziv *calculi*) bila je ploča podijeljena na pruge ili pravokutna polja, po kojima su se pomicali kameničići. Svakom kameničiću pripadala je prema položaju na ploči određena mjesna vrijednost. Tako je od latinskog izraza *calculus* – kameničić nastao izraz *calculare* – računati. Metalni abak sastojao se od osam "staza". Svaka "staza" bila je podijeljena u dva dijela. Sastojala se od kraćeg i od duljeg proreza. U duljim prorezima nalazilo se po pet kuglica, a u kraćim po jedna ili nijedna. Kraći prorezi označavali su jedinice, a dulji desetice, stotice itd. Tako su kuglice u kraćem proazu označavale od pet jedinica, pet desetica do pet milijuna, a u duljem broj kojim se ta vrijednost množi. Kratki prorezi s desne strane služili su za proračun rimskih mjernih jedinica. Računski se postupak zasnivao na povlačenju kuglica prorezom gore-dolje. Vrijednost svake kuglice bila je određena položajem u proazu.

Abak se kasnije razvio u oblike prikazane na slici 1.4 koji su se sastojali od okvira i razapetih žica na kojima su postavljene pločice ili kuglice. Takvim su se abakom stoljećima koristili u Egiptu, Kini, Japanu, antičkoj Grčkoj, Rusiji, a nešto kasnije i u cijeloj Europi.

Prvi važan događaj u povijesti računala nakon izuma abaka dogodio se u 15. stoljeću, kad je Leonardo da Vinci opisao ideju za mehanički stroj za računanje, koji nikada nije uspio izraditi.

1.1.2. Mehaničko razdoblje razvoja računala

Škotski matematičar John Napier u 16. je stoljeću razvio metodu proračuna prirodnog logaritma. Godine 1594. izumio je vrstu mehaničkog logaritamskog računala poznatog po imenu "Napierove kosti" (engl. *Napier's bones*), prikazanog na slici 1.5. Ovo računalo koristi svojstva logaritma, tako da velike brojeve izrazi s pomoću manjih s kojima je lakše računati. Množenje se moglo izvoditi zbrajanjem, a dijeljenje oduzimanjem.



■ Slika 1.5. Napierove kosti

Napierov izum izravno je utjecao na pojavu logaritamskog računala u Engleskoj 1622. Te je godine William Oughtred izradio logaritamsko računalo prikazano na slici 1.6. Rezultat se dobivao pomicanjem središnjeg ravnala.



■ Slika 1.6. Logaritamsko računalo

Jedan od najranijih mehaničkih računskih uređaja bio je "Pascaline", prikazan na slici 1.7. Izumio ga je 1642. godine francuski filozof i matematičar Blaise Pascal. Pascal je radio na izračunavanju poreza za

Iz povijesti ...



Leonardo da Vinci (1452.–1519.), talijanski slikar, arhitekt, izumitelj, kipar, misililac. Osim u umjetnosti, svojim je spoznajama i idejama pridonio različitim granama ljudske djelatnosti: anatomiji, botanički, geologiji, matematici, optici, mehanici, astronomiji, hidraulici, tehnički proizvodnje oružja i dr.



John Napier (1550.–1617.), škotski matematičar, otkrio je način računanja s pomoću logaritama, te popularizirao uporabu decimalnog zareza prilikom pisanja brojeva. Pridonio je razvoju astrologije i fizike.



William Oughtred (1547.–1660.), engleski matematičar. Poznat je kao izumitelj logaritamskog računala, koje je najprije bilo kružnog oblika. U svojoj je knjizi *Keys to Mathematics*, objavljenoj u Londonu, uveo simbol \times za operaciju množenja.



Francuski fizičar **Blaise Pascal** (1623.–1662.), izumio je prvi računski stroj u povijesti, koji je mogao obavljati četiri osnovne računske operacije. Bavio se i teorijom vjerojatnosti, a objavio je i niz radova o prenošenju tlaka kroz tekućine.

francusku vlast pa je nastojao ubrzati dugotrajan posao. Izumio je složeni mehanizam, kojim je bilo moguće provoditi samo operacije zbrajanja i oduzimanja. Stroj se sastojao od kotačića i zupčanika. Svaki je zupčanik na plošnoj strani imao označene znamenke od 0 do 9. Stroj je radio tako što su se brojevi unosili okretanjem kotačića povezanih zupčanicima. Na nizu prozorčića ispisivao se rezultat. Njegova se ideja još i danas koristi kod mehaničkih mjerača protoka plina i ugradivih brojčanika.



■ Slika 1.7. Mehanički računski uređaj "Pascaline"

Poznati matematičar Gottfried Wilhelm von Leibniz konstruirao je 1694. godine računski stroj koji je mogao izvoditi sve četiri računske operacije te računati kvadratni korijen. Imao je dva osnovna elementa: skup zupčanika za zbrajanja, nalik Pascalovu stroju, te pokretnе valjke koji su slijedili decimalna mjesta prilikom množenja. Nedostatak tog uređaja bili su složeni dijelovi i podložnost kvarovima, stoga ni on nije našao širu primjenu.

Engleski matematičar Charles Babbage smatra se jednim od začetnika informaticke. U njegovo doba pomorstvo je bilo razvijena privredna grana, ali su navigacijske tablice bile prilično neprecizne; 1822. godine Babbage je započeo projekt tzv. **diferencijalnog stroja**, koji je trebao imati primjenu u navigaciji brodova. Zamislio ga je kao uređaj koji ima mogućnost točnog proračuna četiriju osnovnih matematičkih radnji na dvadeset decimalnih mjesta, s mogućnošću ispisivanja rezultata na papiru, brzinom od 44 znamenke u minuti. Trebao se sastojati od 25 000 dijelova i imati masu od 13,6 t. Zbog složenosti dijelova i nedostatka finansijskih sredstava Babbage nije uspio dovršiti diferencijalni stroj.

Zanimljivo: Na osnovi originalnog projekta, londonski je Muzej znanosti između 1989. i 1991. godine, uz poštovanje tehnologije 19. stoljeća, izgradio *Diferencijalni stroj 2*, u čast 200-te godišnjice Babbageova rođenja. Godine 2000. napravljen je pisač za diferencijalni stroj. Stroj je proradio i nakon otklanjanja manjih pogrešaka ispisao rješenje koje je imalo 31 znamenku.

Godine 1833. Babbage je izradio nacrt novog stroja za računanje i nazvao ga **analitičkim strojem**. Ovaj stroj, prikazan na slici 1.8, zapravo je preteča današnjih računala. Zamišljen je tako da može riješiti bilo koji matematički izraz, za koji znamo redoslijed operacija s pomoću kojih možemo doći do rješenja. Danas slijed operacija koje dovode do rješenja postavljenog zadatka nazivamo **algoritmom**.

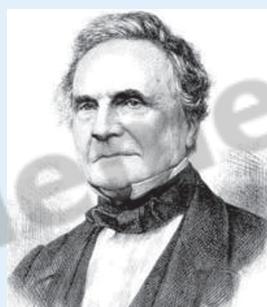
Babbageova se zasluga u razvoju računala ogleda u postavljenom načelu rada računala koje se koristi i danas. On je funkcije stroja podijelio na tri dijela: **pohranu, obradu i nadzor**. Osmislio je da se pohrana, odnosno ono što danas nazivamo **memorijom** podijeli u dva spremnika: prvi za podatke (brojeve) nad kojima se izvode matematičke operacije i drugi za spremanje instrukcija, s pomoću kojih se određuju operacije s brojevima. Instrukcije koje su se unošile u stroj bile su zapisane kao niz rupica određenog oblika i redoslijeda na tzv. **bušenim karticama**.

Prvom programerkom na svijetu smatra se Ada Augusta King, grofica Lovelace. Napisala je rad o mogućnosti stvaranja glazbe s pomoću analitičkog stroja, koji se smatra prvim tekstom koji opisuje proces danas poznat kao programiranje računala.

Iz povijesti ...



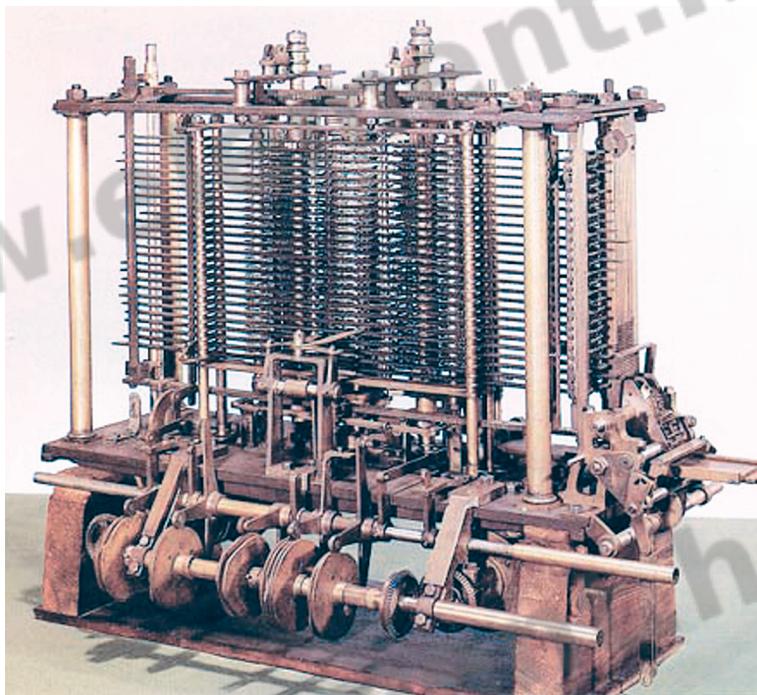
Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646.–1716.) njemački matematičar, filozof i znanstvenik. Jedan od utemeljitelja infinitezimalnog računa u matematici i izumitelj jednog od prvih mehaničkih računskih strojeva. Bavio se i pravom, etikom, povješću, filologijom, te ostvario niz poznatih radova iz tih područja. Izumio je binarni sustav brojeva.



Charles Babbage (1791.–1871.), engleski matematičar, filozof i znanstvenik. Razočaran načinom učenja matematike na Cambridgeu, s nekolicinom prijatelja osnovao je udrugu analitičara. Ni je uspio diplomirati, ali je kao najbolji matematičar dobio počasnu diplomu 1814. godine. Njegovi su izumi obilježili početak 19. stoljeća, ali i bitno pridonijeli daljnjem razvoju matematike, mehanike i drugih znanosti.



Ada Augusta King, grofica Lovelace (1815.–1852.), engleska matematičarka, kćer engleskog pjesnika Lorda Byrona, bila je suradnica Charlesa Babbagea, izumitelja analitičkog stroja. Smatra se prvom programerkom.



■ Slika 1.8. Analitički stroj

1.1.3. Elektromehaničko razdoblje razvoja računala

Krajem devetnaestog stoljeća u Sjedinjenim Američkim Državama (SAD-u) veliki je problem predstavljala obrada podataka popisa stanovništva. To je bio dugotrajan, višegodišnji posao, a kada bi bio završen, podaci zbog velikih migracija stanovništva ne bi više bili točni. Taj je problem svojim **strojem za sortiranje** riješio Herman Hollerith 1890. godine. U stroj su se umetale bušene kartice, a metalni su kontakti spajali i prekidali strujne krugove. Zatvaranjem strujnog kruga povećavalo bi se stanje brojila. Njegov je izum bio iznimno uspješan. Skratio je vrijeme obrade podataka tadašnjih 63 milijuna stanovnika sa 7 godina na 6 tjedana. S nekoliko prijatelja osnovao je tvrtku i prodao navedeni stroj širom svijeta. Ta njegova tvrtka poznata je i danas – to je IBM.

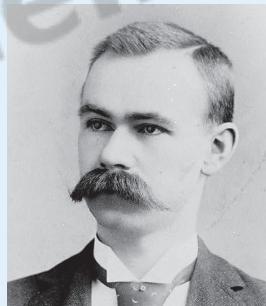
Nagli razvoj elektroničkih računala bio je posljedica Drugog svjetskog rata. Pri dešifriranju poruka, u balističkim proračunima za topnička oruđa te razvoju i konstrukciji zrakoplova i suvremenih oružja, konstruktori su morali izvoditi složene proračune koji su zahtijevali velike količine računskih operacija. Količina potrebnog računanja tako je porasla da je, primjerice 1944. godine, u SAD-u količina proizvedenih topova ovisila o fizičkim mogućnostima ljudi koji su obavljali proračune.

Zaraćene su države, posebno SAD, bile spremne uložiti praktično neograničena sredstva kako bi za uzvrat doobile djelotvorne strojeve za računanje. SAD su bile spremne financirati gotovo svaki projekt računala koji je obećavao razrješenje problema, pa se ubrzano počinju ostvarivati mnoge zamisli o računskim strojevima.

Alan Turing je 1936. godine razvio ideju o **univerzalnom stroju**, koji može izvesti svaki algoritam. Time počinje znanstveno izučavanje računala. Njegov pristup tomu problemu zasnovao se na iznalaženju stroja koji će moći riješiti svaki problem s pomoću niza elementarnih operacija, dovoljno velike memorije da može pohraniti instrukcije potrebne za proračun. Apstraktni model ovakvog stroja poznat je kao **Turingov stroj**. Prema tom modelu projektirano je 1943. godine prvo električno računalo, *Colossus*, prikazano na slici 1.9. Ono je imalo primjenu u dešifriranju njemačkih tajnih poruka. Sadržavalo je ulaz za podatke – 5 rola papira s rupicama u kojima je bila sadržana ona koju je trebalo dešifrirati. Trake papira čitale su se optičkim čitačem i niz rupica pretvarao se u električne impulse. Električni su se impulsi zatim prenosili i nad njima su se izvršavale različite matematičke operacije koje je obavljalo 2000 elektronskih cijevi. Rezultat je bila dešifrirana poruka.

Elektronske cijevi koje su obavljale matematičke radnje mogle su prepoznati samo dva stanja električnog impulsa: "prisutan" i "nije prisutan". Svi su se brojevi i znakovi zato pretvarali u ta dva stanja, tj. u binarni sustav koji sadržava dvije znamenke – 0 i 1 – gdje nula označava nepostojanje električnog signala, a jedinica njegovo postojanje.

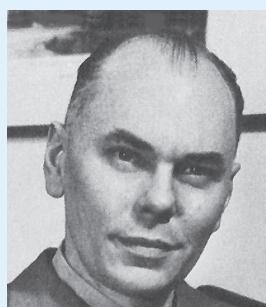
Iz povijesti ...



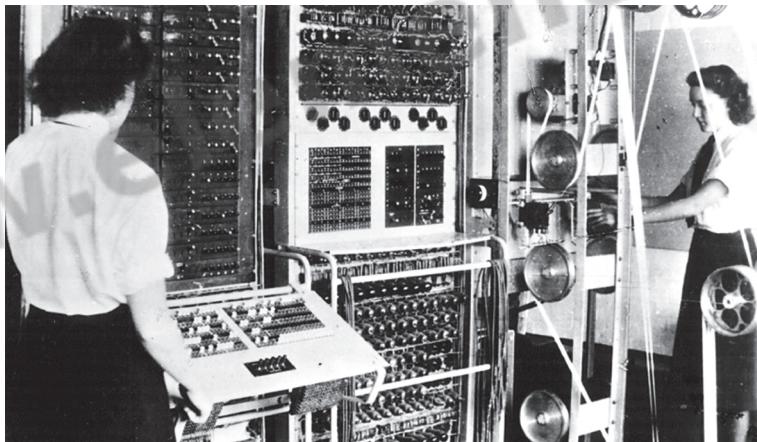
Herman Hollerith (1860.–1929.), američki statističar i znanstvenik njemačkoga podrijetla, izumitelj stroja koji radi na načelu bušenih kartica kojim se služio pri obradi podataka popisa stanovništva Amerike. Smatra se začetnikom elektromehaničke obrade podataka. Jedan je od osnivača IBM-a.



Alan Mathison Turing (1912.–1954.), engleski matematičar, kriptograf i teoretičar računalstva. Odigrao je važnu ulogu u Drugom svjetskom ratu dešifrirajući komunikaciju njemačkih podmornica. Razvio je načelo rada i matematički model računala nazvanog *Turingovim strojem*. Zbog svojih zamisli o računalu koje može riješiti svaki algoritam smatra se ocem suvremenog računalstva.

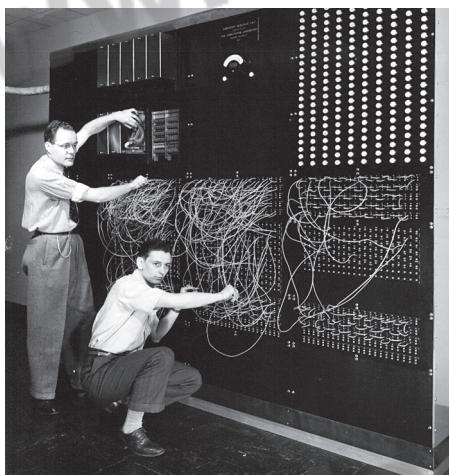


Howard Hathaway Aiken (1900.–1973.), američki fizičar, doktorirao na Sveučilištu Harvard. Uz potporu tvrtke IBM radio kao inženjer na razvoju računala *Mark I*, *Mark II*, *Mark III* i *Mark IV*. Tijekom života nekoliko je puta primio brojne nagrade za svoj rad.



■ Slika 1.9. Računalo Colossus

Američki je fizičar Howard Hathaway Aiken 1944. godine s timom stručnjaka iz tvrtke IBM i Sveučilišta Harvard projektirao **elektromehaničko računalo** pod nazivom Mark I, prikazano na slici 1.10. Služilo je za automatsko rješavanje diferencijalnih jednadžbi. Primalo je podatke na bušenim karticama, a čuvalo ih zahvaljujući elektromagnetskim relejima kakvi su imali primjenu u telefoniji.



■ Slika 1.10. Računalo Mark I

Sadržavalo je ukupno 750 tisuća dijelova i imalo masu od 50 tona. Bilo je tisuću puta brže od najbržeg tadašnjeg mehaničkog računala, ali nije moglo donositi odluke o podacima, nego samo izvršavati matematičke radnje. Zato se još ne može smatrati računalom u današnjem smislu riječi. Nakon toga su računala slijedila računala Mark II, Mark III i Mark IV. Računalo Mark III sadržavalo je samo neke elektroničke komponente, a računalo Mark IV sagrađeno 1952. godine bilo je potpuno elektroničko.

1.1.4. Električko razdoblje razvoja računala

Već smo ranije spomenuli da se električko razdoblje razvoja računala može podijeliti na tri dijela:

- od 1945. godine do 1974. godine, u kojem su električka računala velika i vrlo skupa, pa su ih mogli kupovati i njima se služiti samo velike tvrtke;
- od 1975. godine do 1989. godine, u kojem se razvijaju osobna računala i ulaze u široku uporabu;
- od 1990. godine do danas, doba široke primjene multimedije i svakodnevne uporabe interneta bez kojega je suvremeni život nezamisliv.

1.1.4.1. Arhitektura električkih računala

Von Neumannova arhitektura odnosi se na model računala koji koristi istu memoriju za instrukcije i podatke (slika 1.11). Važna je značajka te arhitekture razdvajanje memorije od procesora. Instrukcije se izvršavaju u cikličnom slijedu 'dohvati-izvrši' (engl. *fetch-execute*), kako je shematski prikazano na slici 1.12.

Za razliku od Von Neumannove arhitekture, **Harvard arhitektura** koristi posebnu memoriju za instrukcije, a posebnu za podatke.

Današnja računala većinom koriste jednu od ovih arhitektura.

Iz povijesti ...



Grace Murray Hopper (1906.–1992.), časnica američke vojske i znanstvenica koja se bavila projektiranjem programa prevoditelja. Radila je na razvoju programa za računala *Mark I* i *Mark II* i *UNIVAC I*. Postavila je temelje programskega jezika COBOL. Uz njezin je rad vezana anegdota. Naime, dok je 1945. godine radila na ispitivanju računala *Mark II*, između dvaju kontakata relaja zalijepio se moljac, što je prouzročilo kvar. U svojem je dnevniku prva uvela za pogrešku u programu izraz *bug* (hrv. 'buba'), a za otklanjanje pogreške izraz *debugging* (hrv. 'otklanjanje bube').



Johann (John) Louis von Neumann (1903.–1957.), istraživač, rođen u Budimpešti, studirao je kemiju u Berlinu i Zürichu. Doktorirao je matematiku s 23 godine. Godine 1930. odselio je u SAD. Dao je znatan doprinos matematici, fizici, kibernetici i digitalnim računalima. Razvio je model računala koji je prevladavao u prvim četirima generacijama računala.