

LIBRIS

We know
books

Clive „MAX” Maxfield

Alvin Brown

GHIDUL DEFINITIV PRIVIND FELUL ÎN CARE COMPUTERELE FAC MATEMATICĂ

– împreună cu aplicația DIY –

traducere din limba engleză
de Radu Timnea



Vorbiți marțiana?	7
CAPITOLUL 0. De ce este această carte atât de bună?.....	9
CAPITOLUL 1. Prezentarea numerelor binare și hexazecimale	15
CAPITOLUL 2. Computere și calculatoare.....	31
CAPITOLUL 3. Subrutine și altele	43
CAPITOLUL 4. Aritmetica numerelor întregi.....	75
CAPITOLUL 5. Crearea unui calculator cu numere întregi.....	125
CAPITOLUL 6. Alte funcții și experimente	137
 LABORATOARE	
Laboratoare pentru capitolul 2: Crearea și rularea programelor	
Lab 2a: Crearea unui program simplu.....	157
Lab 2b: Etichete constante și instrucțiuni .EQU	167
Lab 2c: Comanda afișajului principal al calculatorului	171
Lab 2d: Citirea de la tastatura calculatorului	183
Lab 2e: Scrierea pe cele șase LED-uri ale calculatorului	191
Lab 2f: Utilizarea <i>Memory Walker</i> și a altor ecrane de diagnosticare	197
 Laboratoare pentru capitolul 3: Subrutine și altele	
Lab 3a: Utilizarea instrucțiunilor logice, a deplasărilor și rotațiilor	215
Lab 3b: Înțelegerea numărătorului de program (PC – Program Counter)	229
Lab 3c: Utilizarea registrului-index (X)	236
Lab 3d: Utilizarea stivei și a indicatorului de stivă (SP – Stack Pointer)	246
Lab 3e: Utilizarea subrutinelor.....	251
Lab 3f: Subrutine recurente	257
 Laboratoare pentru capitolul 4: Aritmetica numerelor întregi	
Lab 4a: Crearea unui program de lucru	267
Lab 4b: Crearea unei subrutine ADD pe 16 biți.....	289
Lab 4c: Crearea unei subrutine SUBTRACT pe 16 biți	300
Lab 4d: Crearea unei subrutine NEGATE pe 16 biți.....	306
Lab 4e: Verificarea depășirii capacității în rutinele ADD și SUBTRACT	311
Lab 4f: Crearea unei subrutine MULTIPLY pe 16 biți	322
Lab 4g: Crearea unei subrutine DIVIDE pe 16 biți.....	339

Laboratoare pentru capitolul 5: Crearea unui calculator-cadru

Lab 5a: Crearea unui calculator-cadru	363
Lab 5b: Adăugarea unor rutine utilitare de nivel scăzut.....	371
Lab 5c: Crearea unei subrutine zecimale GETNUM (get number / obține număr).....	377
Lab 5d: Crearea unei subrutine zecimale DISPNUM (display number / afișează număr).....	383
Lab 5e: Implementarea unui calculator cu patru funcții și numere întregi	391
ANEXA A. Instalarea calculatorului DIY	399
ANEXA B. Moduri de adresare	403
ANEXA C. Sumarul setului de instrucțiuni	415
ANEXA D. Resurse suplimentare	419
<i>Despre autori</i>	425
<i>Mulțumiri</i>	427

Vorbiți marțiana?

Există o mulțime de cărți despre arhitectura computerelor, despre logica computerelor și despre matematica computerelor, iar majoritatea acestor lucrări discută diverse tehnici de reprezentare și manevrare a numerelor în interiorul computerelor. Din păcate, se pare că majoritatea acestor cărți sunt scrise de vizitatori de pe planeta Marte, a căror capacitate deosebită de a înțelege matematicile superioare este oarecum umbrită de cunoașterea limitată a limbii engleze.

„Hei, nu-i adevărat!”, strigați voi acum, dar dovezile sunt de netăgăduit. Când ați răsfoit ultima dată o carte despre matematica computerelor, fără să vi se supraîncingă creierul? Ca și atunci când citești *Ființa și neantul*, a faimosului filosof francez Jean-Paul Sartre, poți rumega la nesfârșit aceste opere criptice, fără să capeți nici cea mai vagă înțelegere a ceea ce a fost în mintea autorilor.

Acesta este motivul pentru care am început să scriem această încercare modestă de introducere în bazele aritmeticii computerelor, folosind termeni pe care să-i putem înțelege eu toții. O sarcină imposibilă, ar putea spune unii, dar avem îndrăzneala să contraținem cunoștințele convenționale. Și acum, să citim...

0

**De ce este această carte
atât de bună?**

Chiar și cel mai simplu elev este acum familiarizat cu unele cunoștințe pentru aflarea cărora Arhimede și-ar fi dat viața.

Ernest Renan (1823–1892) în *Souvenirs d'enfance et de Jeunesse*
(*Amintiri din copilărie și din tinerețe*) (1887)

ÎN ACEST CAPITOL, VOM ÎNVĂȚA DESPRE:

- ➔ Ce culoare de șosete preferau războinicii vikingi
 - ➔ De ce este această carte atât de bună
 - ➔ De ce există slujbe pentru călătorii în timp
 - ➔ Niște „chestii” despre calculatoare
 - ➔ De ce are acest capitol numărul „0”
-

Luptători neînfricați sau sclavi ai modei?

Mulți dintre noi se gândesc la vikingi ca fiind niște luptători neînfricați (aceasta nu este cartea de matematică a mamei tale!) care au coborât din ținuturile nordice și au năvălit și jefuit întreaga Europă. Părerea generală este că acești războinici nemaipomeniți râdeau în fața pericolului și își băteau joc de elementele naturii, așa încât recentele descoperiri arheologice din care rezultă că mulți vikingi purtau șosete roșii de lână este oarecum deconcertantă pentru noi. Dar să nu ne îndepărtăm de subiect...

Această carte este bună deoarece...

Această carte este foarte bună, pentru că vom descoperi împreună tot felul de cunoștințe interesante, date picante și fleacuri valoroase, toate puse la un loc cu ajutorul unei cantități copleșitoare de informații utile despre cum își realizează magia computerele și calculatoarele... și toate acestea fără să ne provocăm dureri de cap!

Experții (mamele autorilor, în acest caz) au fost de acord că una dintre cele mai bune modalități prin care poți învăța ceva și să-ți amintești după aceea este experiența directă, iar voi veți primi exact așa ceva, prin utilizarea microcomputerului/calculatorului virtual.¹

După cum le-a spus autorilor un savant în știința rachetelor², care a recenzat acest manuscris: „Combinăția dintre această carte și computerul virtual asociat ei este fantastică! Experiența mea de peste 50 de ani mi-a arătat că există un singur mod de a înțelege cum funcționează computerele, și anume învățarea de la bază a unui computer și a setului lui de instrucțiuni, indiferent cât de simple sau primitive ar fi. Odată ce ai înțeles clar cum funcționează acest computer simplu, poți să extrapolezi foarte ușor totul la mașinării mai complexe”. Dar iar ne îndepărtăm de la subiect...

¹ Materialele suplimentare și calculatorul DIY sunt disponibile în secțiunea Download pe site-ul editurii Paralela 45 sau la www.edituraparalela45.ro/download/calculatorDIY.zip (n.r.).

² Serios, orașelul Huntsville, Alabama, SUA (în care locuiesc autorii), este cunoscut drept Capitala Spațială a Americii, așa încât este dificil să nu dai peste cel puțin un savant în știința rachetelor, chiar și atunci când ieși la o scurtă plimbare (n.a.).

O mulțime de slujbe pentru călătorii în timp

În zilele noastre, cei mai mulți dintre noi sunt foarte obișnuiți să folosească numerele pentru operațiuni simple, cum ar fi adunarea, scăderea, înmulțirea și împărțirea. Datorită faptului că suntem atât de familiarizați cu aceste concepte, avem tendința să uităm cantitățile uriașe de efort mental care au fost utilizate de atât de mulți oameni, de-a lungul mileniilor, pentru ca noi să ajungem la nivelul de înțelegere actual.

În vremurile de demult, când doar puțini oameni știau să numere mai mult decât degetele propriilor mâini³, oricine era capabil să realizeze operațiuni matematice relativ rudimentare și putea să obțină cu ușurință putere și o bună reputație în comunitate.

De exemplu, dacă puteai prezice o eclipsă, în mod evident erai o persoană demnă de toată considerația (mai ales dacă aceasta se și producea). În mod similar, dacă erai o căpetenie războinică, era un avantaj să știi câți luptători aveai sub comandă, iar persoana care-ți putea oferi această informație vitală avea să ocupe, evident, o poziție înaltă pe lista de fericități pentru solstițiul de vară⁴.

Prin urmare, putem să dormim liniștiți noaptea, cu siguranța oferită de convingerea că, în cazul în care ni se va oferi vreodată ocazia să călătorim în timp, în trecut, acolo ne-ar aștepta o mulțime de oportunități în carieră. Dar (ai ghicit), iar ne îndepărtăm de la subiect...

Calculatoarele, atunci și acum

Din timp în timp, sunt descoperite mecanisme ciudate și minunate din Antichitate. În 1900, de exemplu, a fost descoperit pe o epavă, în apropierea micuței insule grecești Antikythera, un dispozitiv cu scop necunoscut, conținând numeroase angrenaje cu roți, ce formau un mecanism sofisticat, datat în anul 2200 î.Hr. Această invenție, cunoscută sub numele de *Mecanismul Antikythera* sau *Calculatorul Antikythera*, a fost creată în anii de început ai Perioadei Eleniste, o eră de aur în care în vechea Grecie au înflorit știința și arta.

În multe cazuri, astfel de obiecte promovează ideea că strămoșii noștri antediluvieni au fost creatorii unor calculatoare mecanice complexe, cu care puteau

³ Câteodată, și degetele de la mâini, și cele de la picioare, în cazul societăților care foloseau sistemele de numărare cu baza 20 (*n.a.*).

⁴ Nu putem vorbi despre o listă de fericități pentru Crăciun, deoarece fericirile de Crăciun au fost inventate abia în 1843. (Încearcă să găsești această informație suculentă și valoroasă în orice altă carte despre computere!) (*n.a.*).

executa operațiuni matematice de genul adunării, scăderii, înmulțirii și împărțirii. Cu toate acestea, în realitate, conceptul de zero (0), reprezentând o cantitate reală într-un sistem de numărare cu valoare pozițională, a apărut abia în anul 600 d.Hr., în India. Fără noțiunea de zero în acest context, este absolut imposibil să crezi un calculator mecanic, în vreo formă pe care să o putem recunoaște.

NOTĂ: Inventarea lui zero și a numerelor negative, folosirea creștăturilor pe răboj și a abacului, originea mașinilor logice, a calculatoarelor și computerelor și o mulțime de alte subiecte sunt discutate mai detaliat în *The History of Calculators, Computers and Other Stuff (Istoria calculatoarelor, computerelor și a altora)*, care poate fi descărcat, odată cu aplicația DIY, la www.edituraparelela45.ro. Vezi Anexa D pentru alte detalii despre resursele suplimentare, inclusiv despre această istorie.

Asta nu înseamnă că aceste mecanisme vechi nu erau incredibil de ingenioase și rafinate. Cu toate acestea, astfel de instrumente erau proiectate, probabil, pentru măsurători sau pentru măsurarea timpului, într-un mod sau altul. De exemplu, pentru a ajuta la prezicerea anotimpurilor sau a activităților obiectelor celeste, cum ar fi soarele, luna, planetele și constelațiile.

Pe de altă parte, ne putem întreba de ce a trecut atât de mult timp după apariția ideii de zero ca număr efectiv până la inventarea unui adevărat calculator mecanic. Ca să fim corecți, trebuie să spunem că Europa trecea printr-o perioadă de stagnare în artă, literatură și știință, numită Evul Întunecat⁵. Totuși, în Imperiul Bizantin și în culturile arabă, chineză, indiană și persană (ca să enumerăm numai câteva), existau numeroase minți luminate care aproape sigur ar fi fost capabile să realizeze așa ceva.

Aceasta fiind situația, primele calculatoare mecanice adevărate pe care le cunoaștem sunt: Ceasul calculator (1623), creat de astronomul și matematicianul german Wilhelm Schickard (1592–1635); Pascalinelul sau Mașina aritmetică (1642), inventat de matematicianul, fizicianul și teologul francez Blaise Pascal (1623–1662) și Socotitorul pe pași (1694), ideea baronului german Gottfried von Leibniz (1646–1716).

În următoarele câteva sute de ani, nenumărate mașinării mecanice de calculat au văzut lumina zilei, dar acestea se bazau, în mare măsură, pe principiile fundamentale stabilite de Schickard, Pascal și Leibniz. Dar „venise vremea schimbării”, cum se spune. Inventarea tranzistorului, în 1947, și a circuitului integrat (a cipului de silicon), în 1958, au netezit drumul pentru o clasă complet nouă de dispozitive de calcul.

⁵ Unii cărturari echivalează Evul Întunecat cu Evul Mediu (perioadă din istoria europeană cuprinsă între Antichitate și Renaștere, datată deseori între anii 476 și 1453), în timp ce alții consideră că Evul Întunecat reprezintă doar prima parte a Evului Mediu (*n.a.*).

Primul model experimental de calculator electronic de buzunar a fost creat de Texas Instruments în 1966⁶. Acesta a fost urmat în 1970–1971 de prima unitate care a fost scoasă pe piața publică, un calculator cu imprimantă portabil, numit Pocketronic. Creat printr-o colaborare între Texas Instruments și Cannon și având prețul de 150 \$ (ceea ce reprezenta o grămadă de bani la momentul respectiv), acest dispozitiv cu patru funcții putea efectua adunări, scăderi, înmulțiri și împărțiri.

Astăzi, bineînțeles, poți cumpăra un calculator de buzunar care să aibă o putere de calcul suficient de mare ca să poată ghida o rachetă spre Lună, iar versiunile ieftine și simpliste sunt acum atât de omniprezente, încât le poți găsi chiar și pe post de cadouri, în cutiile cu cereale pentru micul dejun. Dar (credeți sau nu), ne îndepărtăm de subiect...

Déjà vu (parcă cineva a spus deja asta)

Indiferent că este conștientă de asta sau nu, o persoană normală din lumea dezvoltată intră în contact cu zeci sau sute de dispozitive electronice pentru calcule și comenzi. Aceste dispozitive trudesec din greu, realizând nenumărate operații matematice, dar foarte puțini dintre noi știu exact ce fac ele sau, poate și mai important, cum o fac.

Să luăm, de exemplu, calculatorul vostru de buzunar. Atunci când înmulțiți două numere, cum ar fi 36,984562 și 79,386431 și vizualizați rezultatul, puteți presupune foarte bine că răspunsul este corect. Dar *cât de corect este?* Sau *este suficient de corect?* Precizia și exactitatea (așa cum vom vedea mai târziu, sunt două lucruri diferite) necesare unui contabil se pot afla la poli perfect opuși, față de cele necesare unui savant în știința rachetelor.

Așa cum am spus mai devreme, în trecutul nu foarte îndepărtat, oricine era capabil să execute operații matematice relativ rudimentare putea să obțină putere și să ajungă într-o poziție respectată în comunitate. Ei bine, ne aflăm în pericolul de a ne trezi într-o situație gen *déjà vu*, deoarece cunoașterea înseamnă putere și foarte puțini oameni știu efectiv ce se întâmplă în spatele scenei, în ceea ce privește modul în care computerele și calculatoarele execută chiar și cele mai simple operații.

Dar nu vă temeți, pentru că singurul lucru de care trebuie să vă temeți este teama în sine. Puteți să vă transformați încruntătura într-un zâmbet, pentru că noi vă vom explica modul în care computerele și calculatoarele își execută magia. Adevărata parte interesantă din toate acestea o reprezintă microcomputerul/calculatorul virtual DIY (disponibil pe site-ul editurii Paralela 45). Atunci când veți lansa prima dată această aplicație Calculator DIY pe computerul vostru de acasă și veți

⁶ Acest dispozitiv se află acum la National Museum of American History (Muzeul Național de Istorie Americană) (care face parte din Institutul Smithsonian), în Washington, DC, SUA (n.a.).

apăsă butoanele de pe interfața calculatorului, nu se va întâmpla nimic. Dar, aveți răbdare, acesta e doar începutul! Vă vom ghida prin procesul de creare a propriului program prin care să faceți calculatorul să funcționeze așa cum trebuie. În această călătorie, vom descoperi tot felul de lucruri interesante, care ne vor face să zâmbim încântați și să ne dorim mai mult. Dar iar ne depărtăm de subiect...

De ce este acest capitol numerotat cu 0?

Programatorii și creatorii de computere încep, de obicei, să numere, să indiceze și să facă referințe la diverse lucruri, începând de la zero⁷. De aceea, pentru a păstra același spirit, am decis să urmăm această convenție și cu numerotarea capitolelor.

Dar, să nu ne mai abatem de la subiect. Sunteți gata să descoperiți tot felul de lucruri ciudate și minunate, așa că treceți imediat la Capitolul 1 și să înceapă distracția!

NOTĂ: Cu excepția cazurilor în care o astfel de interpretare este incompatibilă cu contextul, singularul va include pluralul, masculinul va include femininul, iar ortografia și punctuația vor fi considerate corecte!

⁷ Motivul acestei situații și convențiile care derivă de aici vor deveni clare, pe măsură ce vom parcurge restul cărții (*n.a.*).

Prezentarea numerelor binare și hexazecimale

Mă îmbolnăvesc numerele astea.

William Shakespeare (1564–1616) în *Hamlet* (1601)

ÎN ACEST CAPITOL, VOM ÎNVĂȚA DESPRE:

- Număratul pe degete
 - Sisteme de numerație poziționale
 - Folosirea puterilor sau a exponenților
 - Sistemul de numerație binar
 - Sistemul de numerație hexazecimal
 - Numărarea în sistemele binar și hexazecimal
 - Folosirea firelor pentru reprezentarea numerelor
-

De ce trebuie să cunoaștem aceste lucruri?

Sistemul de numerație cu care suntem cel mai familiarizați este *sistemul zecimal*, care are la bază zece cifre: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 și 9. Totuși, așa cum vom descoperi în curând, sistemele electronice lucrează mai ușor cu date reprezentate în *sistemul de numerație binar*, care conține numai două cifre: 0 și 1.

Din nefericire, pentru om este dificil să vizualizeze valori mari prezentate sub forma unor șiruri de 0 și 1. În consecință, ca o alternativă, folosim deseori sistemul de numerație *hexazecimal*, care are la bază 16 digiți, reprezentați prin utilizarea cifrelor de la 1 la 9 și a literelor de la A la F.

Pentru a putea înțelege cu adevărat cum își execută magia computerele și calculatoarele, este necesar să ne familiarizăm cu sistemele de numerație binar și hexazecimal. În acest capitol, vom afla suficient cât să devenim periculoși și apoi ne vom întoarce la studierea mai detaliată a sistemelor de numerație și a reprezentărilor lor, în Capitolele 4, 5 și 6.

Număratul pe degete

Primele unelte folosite ca ajutor pentru calcule au fost, aproape sigur, degetele. Prin urmare, nu este o coincidență faptul că termenul *digit* este folosit atât pentru a ne referi la un deget (de la mână sau de la picior), cât și la o cantitate numerică. Pe măsură ce a crescut necesitatea de a reprezenta cantități mai mari, au început să fie folosite pietricele, pentru reprezentarea numerelor mai mari decât cele ce puteau fi numărate pe degete. Acestea aveau și avantajul de a putea păstra rezultatele intermediare, pentru a fi folosite mai târziu. Astfel, nu este o coincidență nici faptul că „a calcula” este derivat din cuvântul latin pentru pietricele.

De-a lungul istoriei, oamenii au experimentat o mare varietate de sisteme de numerație diferite. De exemplu, îți poți folosi unul dintre degetele de la mâini ca să numeri articulațiile de la aceeași mână (1, 2, 3 pe degetul arătător, 4, 5 și 6 pe degetul următor, până la 10, 11 și 12, pe degetul mic). Pe baza aceste tehnici, unii dintre strămoșii noștri au încercat sistemele în baza 12. Astfel se explică de ce avem cuvinte speciale de genul *duzină*, care înseamnă „doisprezece”, sau *gros*, care înseamnă „o sută patruzeci și patru” ($12 \times 12 = 144$). Faptul că avem 24 de ore într-o zi (2×12) are, de asemenea, legătură cu sistemele în baza 12.

În mod similar, unele grupuri au utilizat degetele de la mâini și de la picioare pentru numărare, rezultând un sistem în baza 20. Acesta este motivul pentru care avem cuvinte speciale, cum ar fi *score*¹, care înseamnă „douăzeci”.

NOTĂ: Ca să fim sinceri, primii oameni care și-au utilizat degetele ca ajutor la numărare nu foloseau cifrele 0, 1, 2 și 3. Ei începeau să numere de la unu, adică 1, 2, 3, 4, pentru că, dacă cineva voia să își numere caprele, de exemplu, conceptul de „zero capre” (și de „capre negative”) nu era important. De fapt, abia prin jurul anului 600 d.Hr. a apărut în India, pentru prima dată, utilizarea lui zero ca valoare efectivă, împreună cu conceptul de numere negative.

Totuși, datorită faptului că avem zece degete la mâini, sistemul de numerație cu care suntem cel mai familiarizați este sistemul zecimal, care se bazează pe zece cifre (digiți): 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 și 9 (vezi nota). Cuvântul *zecimal* derivă din latinescul *decam*, care înseamnă „zece”. Cum acest sistem utilizează zece cifre, este denumită în *bază 10* sau *rădăcină 10*. Termenul *rădăcină* provine din cuvântul latinesc *radix*, care are același sens.

NOTĂ: Datele din cărțile occidentale sunt redată, prin tradiție, în forma 1000 î.Hr. sau 2000 d.Hr., unde î.Hr. înseamnă „Înainte de Hristos”, iar d.Hr. înseamnă „după Hristos”. În multe cazuri, istoricii moderni preferă să utilizeze î.e.n., adică „înaintea erei noastre”, în loc de î.Hr. și e.n., adică „era noastră”, în loc de d.Hr. Această preferință are la bază faptul că î.e.n. și e.n. nu sunt asociate cu o religie anume. Cu toate acestea, forma î.Hr. și d.Hr. este mai familiară ne-istoricilor, așa că această formă o vom folosi în cartea de față.

Sisteme de numerație poziționale

Să ne gândim la numeralele romane, în care I = 1, V = 5, X = 10, L = 50, C = 100, D = 500, M = 1000 și așa mai departe. Folosind această metodă, XXXV reprezintă 35 (trei de zece și un cinci). Una dintre problemele acestui sistem de numerație este aceea că, în timp, odată cu dezvoltarea civilizației, este necesar să fie reprezentate cantități din ce în ce mai mari. Asta înseamnă fie că matematicienii trebuie să continue să inventeze simboluri noi, fie să folosească din ce în ce mai mult din cele vechi. Dar cel mai mare dezavantaj al acestei abordări este dificultatea extremă de a lucra cu astfel de numere (încercați să înmulțiți CLXXX cu DDCV și veți înțelege imediat ce vrem să spunem).

O tehnică alternativă este cea cunoscută sub denumirea de *sisteme de numerație poziționale*, în care valoarea unei anumite cifre depinde atât de cifra în sine, cât și de poziția ei în cadrul numărului. Acesta este modul în care funcționează sistemul zecimal. În acest caz, fiecare coloană a numărului are asociată o „pondere”,

¹ Cuvântul *score*, care înseamnă *douăzeci* în limba engleză, nu are un echivalent în limba română (*n.t.*).

iar valoarea numărului rezultă din combinarea fiecărei cifre cu ponderea coloanei ei (Figura 1-1).

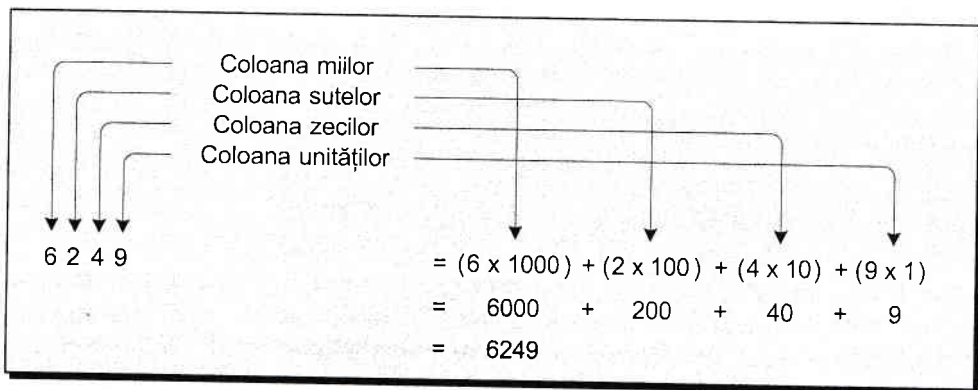


Figura 1-1. Combinarea cifrelor și a ponderilor coloanelor, în sistemul zecimal

Folosirea puterilor sau a exponenților

Un alt mod de abordare îl constituie utilizarea conceptului *puterilor*. De exemplu: $100 = 10 \times 10$. Această relație poate fi scrisă sub forma 10^2 , însemnând „zece la puterea a doua” sau „zece multiplicat cu el însuși de două ori”. În mod similar, $1000 = 10 \times 10 \times 10 = 10^3$, $10.000 = 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10^4$, și așa mai departe (Figura 1-2).

În loc să vorbească despre utilizarea puterilor, unii matematicieni preferă să denumească acest tip de reprezentare ca fiind o *formă exponențială*. În cazul unui număr ca 10^3 , numărul care este multiplicat (10) poartă denumirea de *bază*, iar *exponentul* (3) specifică de câte ori este înmulțită baza cu ea însăși.

Este util să ne amintim o serie de reguli asociate cu puterile (sau exponenții):

- Orice bază ridicată la puterea 1 este egală cu baza, deci $10^1 = 10$.
- Strict vorbind, puterea 0 nu face parte cu adevărat din serie. Totuși, prin convenție, orice bază la puterea 0 este egală cu 1, deci $10^0 = 1$.
- O valoare la puterea a doua este denumită *pătratul* numărului respectiv; de exemplu: $3^2 = 3 \times 3 = 9$, unde 9 (3^2) este pătratul lui 3.
- O valoare la puterea a treia este denumită *cubul* numărului respectiv; de exemplu: $3^3 = 3 \times 3 \times 3 = 27$, unde 27 (3^3) este cubul lui 3.
- Pătratul unui număr întreg (0, 1, 2, 3, 4, etc.) este cunoscut sub denumirea de *pătrat perfect*; de exemplu, $0^2 = 0$, $1^2 = 1$, $2^2 = 4$, $3^2 = 9$, $4^2 = 16$, $5^2 = 25$, și așa mai departe, sunt pătrate perfecte. (Noțiunile de numere întregi și rudele lor sunt prezentate mai detaliat în Capitolul 4).

- Cubul unui număr întreg este cunoscut sub denumirea de *cub perfect*; de exemplu, $0^3 = 0$, $1^3 = 1$, $2^3 = 8$, $3^3 = 27$, $4^3 = 64$, $5^3 = 125$, și așa mai departe, sunt cuburi perfecte.

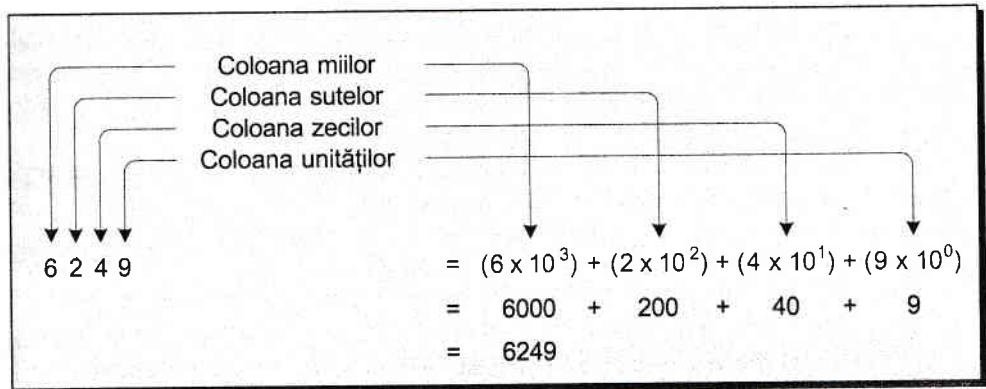


Figura 1-2. Folosirea puterilor lui 10

Dar ne îndepărtăm de subiect. Ideea esențială este: coloana ponderilor reprezintă de fapt puteri ale bazei sistemului de numerație. Acest aspect va fi deosebit de interesant atunci când vom discuta despre alte sisteme.

Numărarea în zecimal

Numărarea în zecimal este ușoară (în principal, pentru că suntem atât de obișnuiți să facem asta). Începând cu 0, creștem valoarea primei coloane până ajungem la 9, moment în care am terminat toate cifrele disponibile. Atunci, la următoarea numărătoare, aducem din nou prima coloană la 0, creștem a doua coloană la 1 și continuăm în același mod (Figura 1-3).

În mod similar, odată ce ajungem la 99, la următoarea incrementare vom aduce prima coloană la 0 și vom încerca să incrementăm a doua coloană. Dar a doua coloană a ajuns deja la 9, așa că va fi adusă și ea la 0 și vom incrementa a treia coloană, rezultând 100, după care se continuă similar.

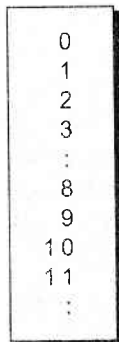


Figura 1-3. Numărarea în zecimal

Sistemul de numerație binar

Din nefericire, sistemul de numerație zecimal nu este potrivit pentru modul de lucru interior al computerelor. De fapt, dintr-o serie de motive ce vor deveni evidente odată cu parcurgerea cărții de față, este preferabil să utilizăm sistemul de numerație binar (în baza 2), care folosește numai două cifre: 0 și 1.

Sistemul binar este un sistem de numerație pozițional, deci fiecare coloană dintr-un număr binar are o pondere, care reprezintă o putere a bazei sistemului de numerație. În acest caz, este vorba despre baza doi, așa încât ponderile coloanelor vor fi $2^0 = 1$, $2^1 = 2$, $2^2 = 4$ și așa mai departe (Figura 1-4).

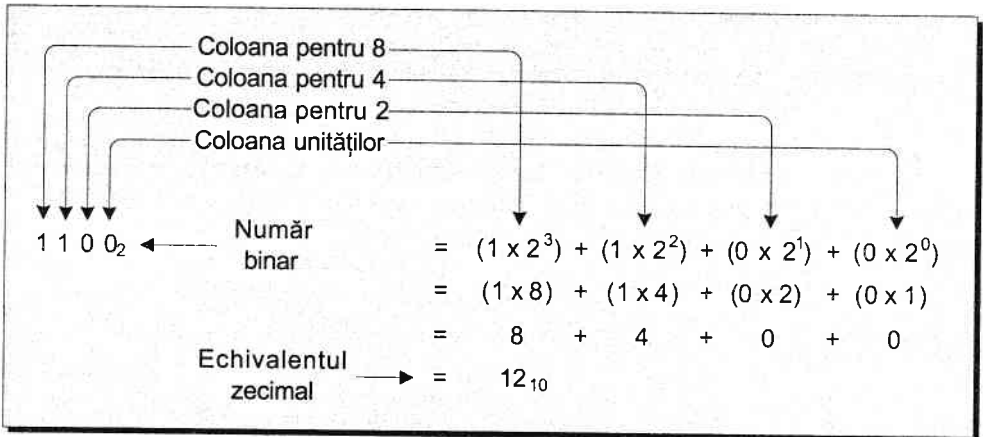


Figura 1-4. Combinarea cifrelor și ponderilor coloanelor în binar

Atunci când lucrăm cu sisteme de numerație diferite de cel zecimal sau cu mai multe sisteme de numerație în același timp, așa cum se arată în Figura 1-4, se folosesc de obicei indici, pentru a se arăta ce bază este folosită la momentul respectiv. De exemplu, $1100_2 = 12_{10}$, ceea ce înseamnă $1100_{\text{binar}} = 12_{\text{zecimal}}$.

O altă variantă obișnuită este să se treacă în fața numerelor un caracter care să indice baza; de exemplu, %1100, unde % indică o valoare binară. (De fapt, există o mare diversitate de astfel de convenții, așa că este cazul să vă țineți ochii deschiși și simțurile ascuțite, pe măsură ce vă adânciți tot mai mult în mlaștină). Dacă nu există nicio altfel de indicație, un număr fără indice și fără un caracter în față, se presupune, de obicei, că reprezintă o valoare zecimală.

Pe la sfârșitul anilor 1940, chimistul american devenit topolog și apoi statistician, John Wilder Tuckey, a realizat că computerele și sistemul de numerație binar erau destinate să devină din ce în ce mai importante. Pe lângă inventarea

cuvântului „software”, Tuckey a decis că denumirea de „cifră binară” era cam greoaie, așa că a început să caute o alternativă. S-a gândit la o serie de opțiuni, printre care *binit* și *bigit*, dar în cele din urmă s-a hotărât la *bit*, termen foarte elegant prin simplitatea lui, care este folosit și astăzi.

Valorile binare 1100_2 și 11001110_2 au patru, respectiv opt biți. Grupările de patru biți sunt relativ comune, așa că au primit denumirea specială de *nybble* (sau, uneori, *nibble*²). În mod similar, grupările de opt biți sunt și ele foarte folosite, așa încât au primit denumirea specială de *octet* (*byte*). Astfel, „*two nybble make a byte*”³, ceea ce demonstrează că specialiștii în computere au simțul umorului (chiar dacă nu unul extrem de sofisticat).

Numărarea în binar

Numărarea în binar este chiar mai simplă decât numărarea în zecimal. Doar pare puțin mai dificilă, dacă nu ești familiarizat cu ea. Ca de obicei, începem să numărăm de la 0 și apoi incrementăm prima coloană la valoarea 1, moment în care am terminat cifrele disponibile. Atunci, la următoarea incrementare, resetăm prima coloană la 0 și incrementăm a doua coloană la 1, iar apoi continuăm la fel (Figura 1–5).

Binar	Zecimal
0	0
1	1
1 0	2
1 1	3
1 0 0	4
1 0 1	5
1 1 0	6
1 1 1	7
1 0 0 0	8
...	...

Figura 1–5. Numărarea în binar

Similar, odată ce am ajuns la 11_2 , următoarea incrementare va seta prima coloană la 0 și va încerca să incrementeze a doua coloană. Dar a doua coloană deja conține 1, așa încât și ea va fi trecută în 0 și vom incrementa a *treia* coloană, rezultând 100_2 . (Observați că în Figura 1–5 nu a fost necesar să folosim indici sau

² Termenii *nybble* și *nibble* nu au echivalent în limba română, în ceea ce privește limbajul computereilor. Astfel, în română nu există un termen specializat pentru o grupare de 4 biți (*n.t.*).

³ Cuvântul *nibble* înseamnă *dumicat*, în limba engleză, în timp ce *byte* are o pronunțare asemănătoare cu *bite*, care înseamnă și *îmbucătură*. În consecință, expresia se poate traduce prin: *Doi dumicați formează o îmbucătură* (*n.t.*).