

Arhitectura Sistemelor de Calcul (ASC)
Examinarea finală
Varianta 3
(2025 - 2026)

Anul I, Semestrul I
ianuarie/februarie 2026
Cristian Rusu

Completați aici totul cu majuscule.

Nume: _____

Prenume: _____

Grupa: _____

Toate răspunsurile sunt în albastru.

Înainte de a începe, citiți cu atenție indicațiile următoare:

- Testul și rezolvarea sa vor fi disponibile online în zilele următoare.
- *Nu aveți voie cu laptop-uri sau alte dispozitive de comunicație.*
- *Nici calculatoarele de buzunar nu sunt permise.*
- *Vă rugăm să vă opriți telefoanele mobile.*
- Pentru întrebările cu răspunsuri multiple/simple folosiți tabelele puse la dispoziție.
- Acest test are 6 enunțuri totalizând 100 de puncte.
- Aveți la dispoziție 120 de minute pentru a completa examinarea.
- Mult succes!

Întrebarea 1. (22 puncte)

Completați tabelul de mai jos cu valorile numerice corecte. Toate numerele sunt naturale pe 16 biți. Opriți calculele la 16 biți. (Fiecare răspuns corect valorează 1 punct)

binar	octal	zecimal	hexazecimal
b00000101110100000000	o056400	23808	0x5D00
b00000001111000011110	o017036	7710	0x1E1E
b00000101010100001010	o052412	21770	0x550A
b00000110011100010010	o063422	26386	0x6712

a binar	a hexa	b binar	b hexa	a+b zecimal	a+b binar	a+b hexa
b0001011001101100	0x166C	b0001100011001010	0x18CA	12086	b0010111100110110	0x2F36

a binar	a hexa	b binar	b hexa	axb zecimal	axb binar	axb hexa
b0010101110011100	0x2B9C	b0011100000010111	0x3817	2820	b0000101100000100	0x0B04

Răspunsurile care țin cont de overflow sunt de asemenea corecte.

Întrebarea 2. (13 puncte)

Completați tabelul de mai jos cu valorile numerice corecte. Toate numerele sunt întregi pe 12 biți. (Fiecare răspuns corect valorează 1 punct)

binar	octal	zecimal	hexazecimal
b111100011110	o7436	-226	0xF1E
b001110110100	o1664	948	0x3B4

a zecimal	a binar	a hexa	b zecimal	b binar	b hexa
-330	b1010110110	0xEB6	-24	b1111101000	0xFE8

produs axb zecimal	produs axb binar	produs axb hexa
7920	b0001111011110000	0x1EF0

Răspunsurile care țin cont de overflow sunt de asemenea corecte. S-au punctat și cazurile în care octal și hexazecimal s-au considerat doar 10 biți (1 în loc de F sau 1 în loc de 7).

Întrebarea 3. (17 puncte)

Răspundeți la următoarele întrebări scurte. Completați în tabelul de jos.

3.1. (2 puncte) În secolul 19 un “bit” reprezenta o cantitate de bani. Dacă 8 astfel de biți aveau valoarea 1 dolar, care e valoarea unui bit, în cenți?

3.2. (2 puncte) Dacă un număr x este reprezentat cu k cifre în sistemul zecimal, de câte cifre avem nevoie pentru a reprezenta x în baza patru?

3.3. (2 puncte) Aveți un număr a care în binar se încheie cu n_1 biți de zero (dreapta de tot, continuu). Aveți un număr b care în binar se încheie cu n_2 biți de zero (dreapta de tot, continuu). Faceți produsul $a \times b$. Cu minim câți biți de zero se încheie acest număr?

3.4. (2 puncte) Pentru două valori digitale A și B aveți nevoie să calculați A OR B, dar sistemul vostru de calcul știe să facă doar operații aritmetice (+, -, ×). Cum calculați A OR B în această situație?

3.5. (2 puncte) Aveți 4 simboluri A, B, C și D toate cu probabilitatea de apariție 25%. Care sunt codurile Huffman în această situație? Care este entropia?

3.6. (2 puncte) Avem un registru EAX pe n biți. Avem nevoie să facem o operație de circular shift (deplasare circulară) dar avem la dispoziție doar shift obișnuit (deplasare obișnuită). Scrieți o secvență aritmetică/logică care să realizeze circular shift la dreapta cu r poziții folosind shift obișnuit și operații aritmetice/logice ($\gg$, $\ll$, +, -, ×, AND, OR și NOT):

3.7. (2 puncte) Simplificați maxim expresia logică $A + B + AB$.

3.8. (3 puncte) Simplificați maxim expresia logică: $(A + !B + !C)(A + !B + C)(A + B + !C)$.

3.1.	12.5 cenți
3.2.	$\text{ceil}(k \log_4 10) = \text{ceil}(k \frac{1}{2} \log_2 10)$
3.3.	$n_1 + n_2$
3.4.	$A + B - A \times B$
3.5.	$A = 00, B = 01, C = 10$ și $D = 11$. $H = 2$ biți
3.6.	$(\text{EAX} \gg r) \text{ OR } (\text{EAX} \ll (n - r))$
3.7.	$A + B$
3.8.	$A + !(B + C)$

Întrebarea 4. (16 puncte)

Pentru numere întregi a pe n biți, considerăm funcția valoare absolută

$$|a| = \begin{cases} a, & a \geq 0, \\ -a, & a < 0. \end{cases} \quad (1)$$

Răspundeți la următoarele întrebări:

- 4.1. (4 puncte) Funcția este definită corect pentru toate numerele a pe n biți?
- 4.2. (4 puncte) Pentru a și b numere întregi, aveți la dispoziție deja calculate valorile $a + b$ și $|a - b|$. Puteți să scrieți $\max(a, b)$ și $\min(a, b)$ fără “dacă”? (branchless min și max)
- 4.3. (8 puncte) Scrieți o secvență de instrucțiuni aritmetice/logice care să calculeze valoare absolută fără “dacă”. Scrieți două variante, în una puteți să folosiți operația de înmulțire, în alta nu. Hint: pentru varianta fără înmulțire gândiți-vă ce se întâmplă cu $a \text{ XOR } 11 \dots 11$ și $a \text{ XOR } 00 \dots 00$.

4.1. Nu, pentru că cel mai mic număr întreg este, în valoare absolută, mai mare decât cel mai mare număr întreg pe n biți. Deci pentru acel număr nu avem rezultat.

4.2. $\max(a, b) = (a + b + |a - b|) \gg 1$ și $\min(a, b) = (a + b - |a - b|) \gg 1$.

4.3. Definim masca $m = a \gg (n - 1)$ (rămâne semnul 0/1 dacă număr este sau nu este negativ, este deplasare obișnuită). Cu înmulțire: $|a| = (1 - m \ll 1) \times a$.

Definim masca $m = a \gg_{\text{arit}} (n - 1)$ (este un șir de zerouri sau de unu, în binar, este deplasare aritmetică). Fără înmulțire: $|a| = (a \text{ XOR } m) - m$ sau $|a| = (a + m) \text{ XOR } m$.

Întrebarea 5. (14 puncte)

Ați ajuns să lucrați la celebra companie OpenAI. Trebuie să decideți precizia calculelor cu tipul de date float pentru noile sisteme AI, dar din păcate ați adormit la curs de ASC când s-a discutat IEEE FP 754. Într-un moment inspirat, alegeți să reprezentați numerele reale pe 16 biți, astfel: 1 bit de semn, 5 biți pentru exponent și 10 biți pentru mantisă. Răspundeți la următoarele întrebări despre acest sistem de reprezentare a numerelor reale.

- 5.1. (2 puncte) Care este valoarea x , în baza 10, a unui număr reprezentat astfel. Folosiți ca analogie IEEE FP 754, dar adaptați la situația voastră.
- 5.2. (6 puncte) Reprezentați în acest sistem de numărare valorile $+1$, -1 , $+2$, -2 și 64.5 . Dați toate răspunsurile în hexazecimal. Care este primul număr natural care nu se poate reprezenta în acest sistem?
- 5.3. (3 puncte) Vi se dau două numere a și b care sunt reprezentate în acest sistem. Ce condiții trebuie să fie îndeplinite ca $a + b$ să se poată reprezenta exact (fără pierdere) în acest sistem?
- 5.4. (3 puncte) Analog cu punctul 5.3. dar pentru $a \times b$.

5.1. $x = (-1)^s 1.MMMMMMMMMMM \times 2^{E-15}$.

5.2. $0x3C00, 0xBC00, 0x4000, 0xC000, 0x5408, 2049$.

5.3. $a = (-1)^{s_a} M_a 2^{E_a-15-10}$, $b = (-1)^{s_b} M_b 2^{E_b-15-10}$, aici M_a și M_b sunt două numere naturale. Presupunem $E_a \geq E_b$ și definim $E = E_a - E_b$, atunci $a + b = ((-1)^{s_a} M_a 2^E + (-1)^{s_b} M_b) 2^{E_b-15-10}$. Pentru expresia din paranteză (care este un număr întreg) trebuie ca distanța între bitul 1 cel mai din dreapta și cel mai din stânga să fie maxim 11, apoi trebuie verificat dacă exponentul rezultatului se încadrează în intervalul $[-15, 16]$.

5.4. $a \times b = (-1)^{s_a \oplus s_b} M_a M_b 2^{E_a + E_b - 30 - 20}$, unde M_a și M_b sunt două numere naturale ambele în intervalul $[2^{10}, 2^{11})$ iar produsul lor este $M_a M_b$ în intervalul $[2^{20}, 2^{22})$. Dacă $P < 2^{21}$ atunci P trebuie să aibă 10 biți de zero de la dreapta spre stânga iar dacă $P \geq 2^{21}$ atunci P trebuie să aibă 11 biți de zero de la dreapta spre stânga. Exponentul produsului este $E_a + E_b - 30 + 15 + c = E_a + E_b + c - 15$, acest $c = 1$ dacă 0 sau 1, în funcție de P .

Întrebarea 6. (18 puncte)

Se dau următoarele secvențe de cod, sunt cicluri repetitive în care este posibil să existe *data hazards*, doar la pasul i sau între pași. Pentru fiecare situație identificați problemele și propuneți soluții. Puteți folosi ce doriți voi: variabile auxiliare, puteți să copiați vectori înainte de ciclurile repetitive, puteți să spargeți un ciclu repetitiv în mai multe. Scopul este să îmbunătățiți eficiența pipeline-ului.

6.1. (4 puncte) pentru $i = 1, \dots, 100$:

$$\text{L1: } A[i] = B[2 \times i + 2]$$

$$\text{L2: } B[4 \times i + 1] = A[i]$$

6.2. (6 puncte) pentru $i = 1, \dots, 100$:

$$\text{L1: } A[i] = A[i] + B[i]$$

$$\text{L2: } B[i + 1] = C[i] + D[i]$$

6.3. (8 puncte) pentru $i = 1, \dots, 100$:

$$\text{L1: } A[i] = A[i] \times B[i]$$

$$\text{L2: } B[i] = A[i] + c$$

$$\text{L3: } A[i] = C[i] \times c$$

$$\text{L4: } C[i] = D[i] \times A[i]$$

6.1. soluția 1: $A[i] = B[2 \times i + 2]$; $B[4 \times i + 1] = B[2 \times i + 2]$;

soluția 2: $B[4 \times i + 1] = B[2 \times i + 2]$; (dar acum $A[i]$ rămâne neschimbat)

$2 \times i + 2$ e mereu par iar $4 \times i + 1$ e mereu impar, deci nu sunt conflicte între pași.

6.2. L2 (la pasul $i - 1$) afectează L1 (la pasul i), este RAW.

$$B2[1] = B[1]$$

$$\text{pentru } i = 1, \dots, 100: B2[i + 1] = C[i] + D[i]$$

$$\text{pentru } i = 1, \dots, 100: A[i] = A[i] + B2[i];$$

6.3. (L1, L2) și (L3, L4) sunt RAW; (L1, L2) și (L1, L3) și (L2, L3) și (L2, L4) sunt WAR; (L1, L3) este WAW

A2 copiază A, B2 copiază B, C2 copiază C

pentru $i = 1, \dots, 100$:

$$B[i] = A2[i] \times B2[i] + c, A[i] = C2[i] \times c, C[i] = D[i] \times C2[i] \times c$$

complet paralel:

pentru $i = 1, \dots, 100$:

$$A2[i] = A[i] \times B[i], A3[i] = C[i] \times c$$

pentru $i = 1, \dots, 100$:

$$B2[i] = A2[i] + c, C2[i] = D[i] \times A3[i]$$

rezultatele finale sunt în A3, B2 și C2.