

Vilniaus universitetas
Matematikos ir informatikos fakultetas
Bioinformatikos antrojo kurso studentė
Dorotėja Vindžigalskytė
Data: 2025-12-07
Techninė ataskaita
Tema: AN/UYK-20 ir Intel 4040 architektūrų palyginimas

Techninėje atsakaitoje analizuojamos ir lyginamos dvi 1974 metais sukurtos kompiuterių architektūros:

- AN/UYK-20 (Sperry Univac)
- Intel 4040 (Intel Corporation)

Aptariama kompiuterio sistemos (AN/UYK-20) ir mikroprocesoriaus (Intel 4040) elementinė bazė, turima architektūra, adresų tipas, registrai, duomenų plotis, atminties išdėstymas, I/O galimybės, taikymo sritys.

Architektūrų analizė pagal pateiktus klausimus:

2. Elementinė bazė, fizinės įrangos savybės:

- AN/UYK-20 buvo naudojama magnetinės šerdies atmintis, kuri buvo non-volatile (t.y. duomenys neišnyksta išjungus energiją). Sperry Univac naudojo MSI integrinius grandynus šio kompiuterio logikai. MSI lustai buvo montuojami ant tankiai užpildytų spausdintinių plokščių. Tai suteikė sistemai kompaktišumo, patikimumo bei mažesnį energijos suvartojimą. (Wikipedia, 2024)

Fizinės savybės:

- Svoris (daugiausiai) - 100 kg;
- Dydis (daugiausiai) – aukštis 50cm, plotis 48cm, gylis 61cm;
- Energijos suvartojimas (daugiausiai) – 1000 W

(Sperry Univac, 1976)

- Intel 4040 naudojo silicio vartų (silicon gate) technologiją pagrįstą PMOS logika. PMOS arba pMOS logika (angl. p-channel metal oxide semiconductor) yra skaitmeninių grandinių šeima, paremta p-kanalo lauko tranzistoriais (enhancement mode MOSFETs). Šis mikroprocesorius turėjo 3000 tranzistorių ir galėjo vykdyti maždaug 62000 instrukcijų per sekundę. Intel 4040 buvo vieno lusto mikroprocesorius, priskiriamas didelės Integracijos masto (LSI) grandynams.

(Wikipedia, 2024)

Fizinės savybės:

- Energijos suvartojimas (daugiausiai) – 1W
- Svoris nenurodytas šaltiniuose, tačiau neviršydavo kelių gramų
(Grokikipedia (n.d.))

3. Architektūros tipas

- AN/UYK-20 naudoja mikroprogramuotą dviejų magistralių registrinę (*register-to-register*) architektūrą. Sistema nėra akumulatorinė: paskirties (*destination*) magistralė sudaro duomenų kelią, kuriuo ALU grąžina apdorotus rezultatus į įvairius registrus. Šaltinio (*source*) magistralė – pagrindinis kelias, kuriuo funkciniai elementai (registrai, ALU ir kitos dalys) paima duomenis. (Sperry Univac, 1976)

- Intel 4040 paprastai laikoma registru pagrindu sukurtą architektūrą, kuri taip pat remiasi vienu akumulatoriumi aritmetinėms ir loginėms operacijoms. 4040 architektūra turi 24 indekso registrus, kurie gali būti naudojami adresavimui arba kaip laikinoji saugykla tarpiniams rezultatams. Mikroprocesorius naudoja hibridinį modelį (turi registrus bei akumulatorių), tačiau didelis registru kiekis ir jų panaudojimas leidžia ji apibūdinti kaip registru pagrindu sukurtą, o ne akumulatorinį. (Intel Corporation, 1974)

4. Adresų skaičius

- AN/UYK-20. Informacijos apie tai, ar ši architektūra buvo stekinė, vieno dar daugiau adresų mašina, maža. Pagal šaltinius galiu interpretuoti, kad AN/UYK-20 naudojo dviejų arba trijų adresų instrukcijų formatą pagal tai, jog tai yra registrinė architektūra (*register-to-register*).

(Sperry Univac, 1976)

- Šaltiniuose tiksliai nenurodyta informacija apie tai, koks yra šios architektūros adresų skaičius, tačiau interpreuočiau, jog tai vieno adreso architektūra. Pagrindimas: šis mikroprocesorius yra akumulatorinis.

(Intel Corporation, 1974)

5. Registrų architektūrose

- Intel 4040 – 24x4 bitų indeksiniai registrai. Jie gali būti naudojami adresavimui arba kaip laikinoji atmintis skaičiavimo rezultatams saugoti. Registrų skirstomi į bankus (*banks*): bank 0 (16 registrų) ir bank 1 (8 registrų), kurie naudojami efektyviai valdyti pertrauktis (*interrupt*). Jvykus pertraukčiai, galima perjungti į *bank 1*, kas leidžia panaudoti 8 registrus neperrašant duomenų, esančių *bank 0*, taip leidžiant greitą perjungimą ir vengiant lėto registrų išsaugojimo.

(Intel Corporation, 1974)

-AN/UYK-20 standartinis centrinis procesorius naudojo 16 didelio greičio , 16 bitų, bendrosios paskirties registrus. Galimas ir antrasis 16 registrų rinkinys, bet jis pasirinktinas. Bendrosios paskirties registrų užtikrina itin greitą parametrų ar duomenų apdorojimą, sumažindami reikalingą kreipinių į pagrindinę atmintį skaičių. (Sperry Univac, 1976)

6. Požymiu bitai

- Intel 4040 naudojo *Carry flip-flop*, CY aritmetinį požymio bitą, kuris žymi viršijimą atliekant sudėties operaciją (viršijus 4 bitų ribą) arba pasiskolinimą, atliekant atimties operaciją, taip pat *Test* bitą, valdymo bitą, kuris yra tiesioginis įvesties *pin*, leidžiantis procesoriui greitai patikrinti išorinio I/O įrenginio būseną ir atliliki sąlyginį šuolį.

(Intel Corporation, 1974)

- AN/UYK-20 turėjo pilną statuso registrą su požymiu bitų rinkiniu. Jis buvo reikalingas saugoti ir valdyti CPU būseną, paskutinių atlirkų aritmetinių ar loginių operacijų rezultatus. Toliau pateikiami mikrokompiuterio požymio bitai:

- Perkėlimo žymeklis (carry designator) nurodo, ar įvyko perkėlimas iš vyriausio bito pozicijos (16-o bito) arba pasiskolinimas į ji. Jis aktualus *unsigned* skaičių aritmetikai ir daugiabitei aritmetikai;
- Pertekliaus žymeklis (Overflow designator) nurodo, ar aritmetinė operacija viršijo maksimalų ir minimalų leistiną diapozoną, kai skaičiuojama su *signed* skaičiais. Jis atspindi ženklo klaidas (pvz., kai dviejų teigiamų skaičių sudėtis duoda neigiamą rezultatą);
- Būklės žymekliai (Condition codes), tai bitai, kurie nurodo operacijos rezultataj: Nulis (Zero) teigiamas (Positive) arba neigiamas (Negative).

(Sperry Univac, 1976)

7. Architektūrų duomenų plotis

- AN/UYK-20 mikrokompiuterio įprastas mašininis žodis yra 16 bitų ilgio. (Sperry Univac, 1976)

- Intel 4040 mikroprocesoriaus įprastas mašininis žodis yra 4 bitų ilgio. (Grokikipedia (n.d.))

8. Atminties išdėstymas

- AN/UYK-20 adresų erdvė yra ištisinė, nes, kaip nurodyta techninėje dokumentacijoje, procesorius ir I/O (Iac) valdiklis gali tiesiogiai adresuoti visą galimą atminties diapozoną, siekiantį 65536 žodžius, nepertraukiamai. Nors fizinė atmintis nėra suskirstyta į segmentus, didelė dalis adresų erdvė yra vykdoma ir organizuojama per 64 puslapius, naudojant puslapių registrus 1024 žodžių blokuose.

- Efektyvus adreso protis yra 16 bitų;
- Maksimalus įmanomas atminties kiekis – 65536 žodžiai.
- Tipinis atminties kiekis – 32768 arba 65536 žodžiai.

(Sperry Univac, 1976)

- Intel 4040 atminties išdėstymas atliktas remiantis bankais ir puslapiais. Kadangi mikroprocesorius naudojo tik 12 bitų adreso magistralę (šis plotis leidžia adresuoti tik 4096 atminties vietas), Programos atmintis (ROM) ir duomenų atmintis (RAM) buvo atskirtos, kiekviena iš jų buvo organizuota į bankus. Programos atmintis buvo suskirstyta į 256 baityų puslapius.

- Efektyvus adresų plotis – 12 bitų;
- Maksimalus atminties kiekis – 8 KB ROM ir 640 bitų RAM;
- Tipinis atminties kiekis – 4 KB ROM ir 640*4 bitų RAM.

(Grokikipedia(n.d.)) , (Intel Corporation, 1974)

9. Ar buvo palaikoma virtualioji atmintis?

- AN/UYK-20 nepalaikė virtualiosios atminties. Sistema buvo skirta realaus laiko duomenų apdorojimui, kuriam reikalingas greitas fizinės atminties pasiekiamumas. Vietoj virtualiosios atminties buvo naudojami puslapiai, valdomi puslapių registrais, kurie leido apsaugoti žodžių fizinę atmintį. (Sperry Univac, 1976)

- Intel 4040 taip pat nepalaikė virtualiosios atminties. Puslapiai programos atmintyje (ROM) naudojami fizinės atminties valdymui dėl technologinių apribojimų, o ne virtualiosios atminties realizavimui. (Intel Corporation, 1974)

10. Architektūrų komandų sistema (ISA)

-AN/UYK-20 naudoja sudėtingo instrukcijų rinkinio architektūrą, skirtą realaus laiko operacijoms. Instrukcijų rinkinį sudaro virš 100 instrukcijų:

- Aritmetinės: AR (add register), SUR (subtract), MR (multiply);
- Loginės: ANDR (AND register), ORR (OR register), XORR (XOR register);
- Poslinkio: LRSR (Logical Right Single Shift), ARSR (Algebraic Left Single);
- Duomenų perkėlimo: LR (Load Register), S (store), BL (Byte Load)

(Sperry Univac, 1976)

- Intel 4040 komandą sudaro 60 instrukcijų, kurios skirstomos:

- Aritmetinės - add, subtract, increment, decrement.
- Loginės - AND and OR.
- Bankų perjungimas (RPM, OPR), sustabdymas (HLT)
- Pertraukčių valdymas (EIN, DIN)

Instrukcijų formatai: vieno žodžio formatas (single-word), dviejų žodžių (double-length).
(Grokikipedia(n.d.))

Abi architektūros palaiko bazines aritmetines operacijas (sudėtis, atimtis), logines operacijas, duomenų perkėlimo operacijas, tačiau AN/UYK-20 naudoja sudėtingesnes operacijas, įstaitant slankiojo kablelio operacijas, o Intel 4040 turi paprastesnį instrukcijų rinkinį.

11. Adresavimo būdai

- AN/UYK-20 yra galingas mikrokompiuteris, skirtas kompleksinėms užduotims, todėl palaikė platų adresavimo būdų spektrą. Šie surašyti toliau:

Adresavimo būdas	Aprašymas
1. Tiesioginis registrinės adresavimas	Instrukcija turi tikslų atminties adresą (efektyvųjį adresą), kuris leidžia procesoriui išsaugoti duomenis tiesiogiai
2. Kaskadinis netiesioginis adresavimas	Būdas rasti duomenis, kai instrukcija nurodo ne tikrajį atminties adresą (pateikia rodyklęs (pointer) adresą)
3. Indeksuotas adresavimas per bendrosios paskirties registrus	Apskaičiuoja atminties adresą pridėdamas pastovų nuokrypjį prie vertės, esančios specialiajame indekso registre
4. Nedelsiantis adresavimas (immediate)	Kai patys duomenys yra tiesiogiai įterpti į instrukciją, o ne saugomi atmintyje atskiru adresu

5. Santykinis adresavimas pagal puslapj (Sperry Univac, 1976)	Adresavimo forma, kuri padeda valdyti didelę atminties erdvę, suskirstytą į 64 puslapius
--	--

-Intel 4040 skirtas paprastoms valdymo ir skaičiavimo funkcijoms, naudoja minimalų adresavimo režimų rinkinį, kuris apima tik pačius būtiniausius:

Adresavimo būdas	Aprašymas
1. Tiesioginės atminties adresavimas	12 bitų adreso laukas instrukcijoje tiesiogiai nurodo programos atminties (ROM) adresą šuolio instrukcijose
2. Netiesioginis registrinės adresavimas	Registrų pora laiko adresą, nurodantį duomenų RAM vietą
3. Nedelsiančios reikšmės adresavimas	Duomenys yra pačios instrukcijos dalis

(Intel Corporation, 1974)

Panašumai: abi architektūros turi bazinius mechanizmus, lendžiančius operandą gauti iš registro ar pačios instrukcijos. Abi gali pasiekti duomenis per rodykles (pointers).

Skirtumai: AN/UYK-20 adresavimo būdai yra orientuoti į lankstumą, darbą su dideliais duomenų masyvais, sudėtingą rodyklių valdymą, o Intel 4040 adresavimas pakankamas tik elementariems valdymo funkcijoms.

12. I/O galimybės

- AN/UYK-20 palaikė sudėtingą, kanalais pagrįstą I/O sistemą. I/O operacijos atliekamos per programos inicijuojamas I/O grandines, kurios leidžia autonomiškai vykdyti duomenų perkėlimus, apibrėžtus kiekvieno kanalo valdymo atmintyje. Taip pat naudojo tiesioginę atminties prieigą (DMA) dideliam duomenų srautui. Be to, Sistema įtraukė I/O klaidų (*parity error, overrun*) registravimą, I/O grandinės gedimo pertraukimo generavimą. (Sperry Univac, 1976)

-Intel 4040 I/O galimybės buvo ribotos, lyginant su AN/UYK-20. Pats procesorius turėjo tik minimalias 4 bitų I/O galimybes. Jis rėmėsi pagalbiniais lustais (pvz 4289 ar 4101), kad galėtų prijungti standartinę atmintį ir išorinius įrenginius. Visi I/O veiksmai buvo valdomi per akumulatorių ir *ports*, kadangi neturėjo DMA galimybių. (Intel Corporation, 1974)

13. Pertraukimų palaikymas

- AN/UYK-20 palaikė pertraukimus. Juos galėjo generuoti trys pagrindiniai šaltiniai: įvykiai centriniame procesoriuje, įvesties/išvesties valdiklyje (IOC), periferinių įrenginių įvesties/išvesties užklausos. Mikrokompiuteris turi hierarchinę pertraukimų sistemą, kurioje visos pertrauktys suskirstytos į tris klasės: *hardware errors, software*

interrupts, IOS interrupts. Kiekviena klasė turi apibrėžtą pertraukties kodą, pagal kurį CPU nusprendžia, kurią tvarkyti pirmiausia. (Sperry Univac, 1976)

-Intel 4040 turėjo paprastesnę, bazine pertraukimo funkciją, kuri leido procesoriui reaguoti į išorinius signalus (pvz., įvesties/išvesties įrenginių). Jvykus pertraukčiai, procesorius atlikdavo bankų keitimą (register bank switch), kuris perjungia į atskirą registrų kompleksą. Todėl pertraukčių tvarkykla galėjo veikti nenaudodama RAM ar registrų saugojimo/atkūrimo. (Intel Corporation, 1974)

Išvada: AN/UYK-20 architektūra sistemiškai sudētingesnė iš pertraukimų pusės nei Intel 4040, kuri yra architektūriškai efektyvesnė mažo lygio mikroprocesoriaus kontekste.

14. Duomenų tipų palaikymas

- AN/UYK-20 palaiko fiksuooto kablelio aritmetiką: palaiko 4-bitų, 8-bitų, 16-bitų, 32-bitų operandus su dvejeto papildinio aritmetika. Slankiojo kablelio aritmetikos sudėtis, atimtis, daugyba ir dalyba naudoja *two-word* operandą. Sveikieji skaičiai koduojami dvejeto papilymą. Sistema turi specialias instrukcijas one's compliment ir *two's compliment*. Palaikė trigonometrines ir hiperbolines funkcijas, pvz., *Trigonometric vector without prescale*. (Sperry Univac, 1976)

- Intel 4040 palaiko 4-bitų duomenis kaip pagrindinį duomenų tipą. Registrų priima tik beženklij (unsigned), fiksuooto kablelio, dvejetainiu kodu užrašytą skaičių. Slankusis kablelis mikroprocesoriuje nėra palaikomas. (Intel Corporation, 1974)

15. Greitaveika

- AN/UYK-20 atmintis naudoja 750 nanosekundžių skaitymo/rašymo ciklą. Kai kurių instrukcijų valdymas (mikrosekundėmis): poslinkio operacijos – 1.0, sudėtis – 0.84, daugyba 3.6, Load – 1.2, Jump – 1.1, slankiojo kablelio operacijos – 7.7-18.9. Tai Brangus karinis kompiuteris su aukštu našumu. Jis galingesnis, palyginus su Intel 4040. (Sperry Univac, 1976)

- Intel 4040 yra nebrangus mikroprocesorius. Vieno ciklo paprastų instrukcijų laikas ~ 10.8 mikrosekundės. Dvieju 32 Bitų skaičių sudėtis gali trukti apie 850 mikrosekundžių. Nepalaiko daugybos, dalybos. Yra mažos spartos mikroprocesorius. (Intel Corporation, 1974)

16. Spartinanti atmintis

Nei AN/UYK-20, nei Intel 4040 nenaudojo spartinančios atminties.

17. Architektūrų taikymo sritys

-AN/UYK-20 buvo bendrosios paskirties karinių pajégų mikrokompiuteris, sukurtas mažoms ir vidutinėms užduotims kritinėje karinėje aplinkoje. Pagrindinė taikymo sritis – realaus laiko valdymas, gynybos sistemos laivuose bei kitose karinėse aplinkose. Jose mikrokompiuteris efektyviai sumažindavo pagrindinės valdymo sistemos apkrovą. (Sperry Univac, 1976)

-Intel 4040 buvo naudojamas Intel 4/40 mikrokompiuterio gamyboje, skaičiuotuvų gamyboje, taip pat daugelis ankstyvų dienų kompiuterinių žaidimų bei žaidimų mašinų naudojo šį mikroprocesorių. (Wikipedia, 2024)

18. Programinė įranga

- AN/UYK-20 originali programinė įranga nėra viešai paskelbta dėl karinės sistemos statuso.

- Intel 4040 pagrindinė programavimo kalba buvo Assembly. Intellec 4/MOD 40- pilna programinės įrangos kūrimo Sistema, skirta 4040 procesoriaus pagrindu veikiančių mikrokompiuterių projektavimui ir įgyvendinimui.
(Grokikipedia(n.d.))

Šaltiniai:

1. Wikipedia (2024), 10 µm process
https://en.wikipedia.org/wiki/10_%C2%B5m_process
2. Wikipedia (2024), Intel 4040 https://en.wikipedia.org/wiki/Intel_4040
3. Wikipedia (2024), PMOS logic https://en.wikipedia.org/wiki/PMOS_logic
4. Wikipedia (2024), AN/UYK-20 <https://en.wikipedia.org/wiki/AN/UYK-20>
5. Sperry Univac, 1976, AN/UYK-20 technical description
https://bitsavers.org/pdf/univac/military/an_uvk-20/PX10431C_AN_UYK-20_Technical_Description_Nov76.pdf
6. UNIVAC Corp (1976). AN/UYK-20 Technical description (DTIC ADA039170)
https://archive.org/stream/DTIC ADA039170/DTIC ADA039170_djvu.txt
7. Intel Corporation, 1974, 4040 <https://datasheets chipdb.org/Intel/MCS-40/4040.pdf>
8. Grokikipedia https://grokikipedia.com/page/Intel_4040

