

Arhitektura modernog chipseta

Aralica, Antun

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Organization and Informatics / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet organizacije i informatike**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:211:398577>

Rights / Prava: [Attribution 3.0 Unported](#)/[Imenovanje 3.0](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-15**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Organization and Informatics - Digital Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE
VARAŽDIN

Antun Aralica

ARHITEKTURA MODERNOG CHIPSETA

ZAVRŠNI RAD

Varaždin, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

**FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE
VARAŽDIN**

Antun Aralica

Matični broj: 44941/16-R

JMBAG: 0016124303

Studij: Informacijski sustavi

ARHITEKTURA MODERNOG CHIPSETA

ZAVRŠNI RAD

Mentor/Mentorica:

Prof. dr. sc. Igor Balaban

Varaždin, rujan 2024.

Antun Aralica

Izjava o izvornosti

Izjavljujem da je moj završni/diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onima koji su u njemu navedeni. Za izradu rada su korištene etički prikladne i prihvatljive metode i tehnike rada.

Autor potvrdio prihvaćanjem odredbi u sustavu FOI-radovi

Sažetak

Tema ovog završnog rada je arhitektura modernog chipseta. Prva cjelina obuhvaća povijest PC računala od prvih računala do modernih računala. Druga cjelina pokriva računalne standarde koje moderno PC računalo podržava te pojašnjava sposobnosti tih standarda. Treća cjelina opisuje koncept chipseta, opisuje moderne chipsete i procesore za stolna računala, pojašnjava njihove sposobnosti te prikazuje arhitekturu chipseta koje ti chipseti i procesori čine. Zaključna cjelina uspoređuje chipsete i procesore koji su bili obrađeni, identificira trendove u razvoju PC računala te koristi trenutačne tehnologije i prošle trendove radi zamišljanja potencijalne budućnosti chipseta.

Ključne riječi: Intel, AMD, Chipset, Računalo, Matična ploča, Arhitektura, PC, Stolno računalo

Sadržaj

| | |
|---|----|
| Sadržaj..... | v |
| 1. Uvod..... | 1 |
| 2. Metode i tehnike rada..... | 1 |
| 3. Evolucija IBM PC kompatibilnih računala..... | 2 |
| 3.1. Revolucija kućnih računala..... | 2 |
| 3.2. IBM PC i kompatibilni klonovi..... | 3 |
| 3.3. 286 PC računala..... | 4 |
| 3.4. 386 PC računala i IBM-ov gubitak utjecaja..... | 5 |
| 3.5. 486 PC računala i problemi brzine sabirnice..... | 6 |
| 3.6. Pentium računala, Wintel i prvi AMD dizajnirani procesori..... | 6 |
| 3.7. 64-bitni i višejezgreni procesori..... | 8 |
| 3.8. Moderna računala..... | 8 |
| 4. Standardi modernog računala..... | 11 |
| 4.1. Format matične ploče..... | 11 |
| 4.2. Radna memorija..... | 11 |
| 4.3. Utor za procesor..... | 12 |
| 4.4. Proširenja računala..... | 12 |
| 4.5. Sekundarna memorija..... | 12 |
| 4.6. Vanjski priključci..... | 13 |
| 5. Što je chipset?..... | 15 |
| 6. Intel Core procesori i chipseti..... | 16 |
| 6.1. Alder Lake procesori..... | 16 |
| 6.2. Intel 600 serija chipseta..... | 17 |
| 6.3. Raptor Lake procesori..... | 18 |
| 6.4. Intel 700 serija chipseta..... | 19 |
| 7. AMD Ryzen procesori i chipseti..... | 21 |
| 7.1. AMD 7000 serija procesora..... | 21 |
| 7.2. AMD 600 serija chipseta..... | 21 |
| 7.3. AMD Ryzen 8000 serija procesora..... | 23 |
| 8. Rasprava..... | 24 |
| 8.1. Razlike između Intel i AMD proizvoda..... | 24 |
| 8.2. Analiza trendova PC razvoja..... | 25 |
| 9. Zaključak..... | 26 |

| | |
|-----------------------|----|
| Popis literature..... | 27 |
| Popis slika | 33 |
| Popis tablica | 33 |

1. Uvod

Tema završnog rada je arhitektura modernog chipseta. Opseg teme obuhvaća samo chipsete modernih procesora za stolna (*eng. Desktop*) računala, te ne uključuje serverske i laptop chipsete. Pod modernim procesorima se uključuju Intel Core procesori 12., 13. i 14. generacije, kodnih imena Alder Lake i Raptor Lake te AMD Ryzen 7000 i 8000 serije, kodnih imena Raphael i Phoenix. Ove generacije procesora su odabrane pošto su najnovije inačice procesora i zato što međusobno dijele iste chipsete.

Tema se dijeli na tri konceptualne cjeline. Prva cjelina prolazi kroz povijest PC računala. Druga cjelina opisuje moderne standarde računala. Treće poglavlje pokriva moderne Intel i AMD računalne platforme te opisuje arhitekturu chipseta koji podržavaju te platforme. Četvrta i zaključna cjelina analizira moguće putanje daljnjeg razvoja chipseta.

Cilj teme su razumijevanje svrhe i arhitekture modernog chipseta i analiza povijesti računalstva da se može pretpostaviti buduća putanja razvoja chipseta i računalstva.

Tema ima značaja u domeni upravljanja, konfiguriranja i dizajna računalnih sustava, pošto razumijevanje rada chipseta omogućuje otklanjanje greški u radu računala te omogućuje bolje planiranje računalnih sustava.

Motivacija za obradu teme je moja višegodišnja fascinacija s računalima. Od kada sam bio malo dijete sam promatrao svoju braću kako su radili na računalima te sam oduvijek sanjario kako računala rade, tako da je tema meni vrlo bliska.

2. Metode i tehnike rada

Pošto je tema istraživačkog karaktera, glavna metoda rada je istraživanje putem interneta. Dokumentacija proizvođača je najvjerodostojniji izvor te sam se trudio uključiti što više takvih dokumenata, poput tehničkih specifikacija, ili barem službenih izjava poput predstavljanja proizvoda. Stručni časopisi i stručne web stranice su imale nižu težinu od proizvođačke dokumentacije, ali su mogle pokriti rupe koje bi nedostatak dokumentacije ostavile. Pri korištenju ovih izvora uzeo sam vremena da istražim da li bi autor mogao biti vjerodostojan.

3. Evolucija IBM PC kompatibilnih računala

Prije nego što možemo pričati o modernim računalima, potrebno je prvo ispričati dugu i turbulentnu povijest PC računala. Razumijevanje povijesti PC računala je ključ da razumijemo trendove koji su oblikovali PC računala i da bolje shvatimo arhitekturu modernog PC računala. Za bolje shvaćanje evolucije računala, povijest računala je podijeljena na generacije temeljene na epohalnim promjenama u arhitekturi računala, od prvih do današnjih računala. Sljedeći opis povijesti računala opisuje samo neke od važnih promjene u kontekstu PC stolnih računala.

3.1. Revolucija kućnih računala

U ranim danima računalstva, zbog korištenja diskretnih logičkih sklopova koje su zahtijevale tadašnje tehnološke sposobnosti, računala su bila glomazna i iznimno skupa. Jedini potencijalni korisnici računala su bile velike institucije poput državnih organizacija, znanstvenih instituta, sveučilišta, velikih poslovnih subjekata i vojske. Računala su uglavnom bila u formi glavnih računala (*eng. Mainframe computer*), kolosalnih računala koji su zauzimali cijele sobe, zahtijevali ogromnu količinu energije i koji su trebali više obučениh specijalista čija je dužnost bila održavanje i korištenje računala [1]. Sredinom 1960ih, minijaturizacija i razvoj novih tehnologija, poglavito sazrijevanje integriranih sklopova (IC, *eng. Integrated circuit*) i memorije magnetske jezgre (*eng. Magnetic-core memory*), omogućili su da se računalo smanji u cijeni, kompleksnosti i volumenu do te mjere da je bilo isplativo i manjim poslovnim subjektima. Takva smanjena računala su se zvala i miniračunalima (*eng. Minicomputer*) [2].

Razvoj tehnologije je držao svoj brzi tempo te su početkom 1970ih tranzistorska tehnologija i integrirani sklopovi sazrijeli toliko da je bilo moguće ugurati cijeli procesor na jedan čip, te su ti integrirani sklopovi bili proglašeni mikroprocesorima [3]. Prvi mikroprocesor koji je bio javno dostupan je Intelov 4004, 4-bitni procesor namijenjen za kalkulatore koji je bio dovršen 1971. godine [4]. Ovaj korak u razvoju računala je započeo prvi val mikroračunala (*eng. Microcomputer*), računala pogonjena mikroprocesorima koja su bila dovoljno mala i jeftina da su bila praktična i priuštiva široj javnosti. Prvi val mikroračunala se karakterizira kao hobistička računala s vrlo limitiranim sposobnostima, često su se prodavali kao nesastavljeni setovi te su cjenovno bila daleko jeftiniji od miniračunala. Među poznatijim mikroračunalima prvog vala nalaze se Micral N, Altair 8800, Acorn System 1 i Apple 1. Iako primitivna, ova računala su podloga na kojem se razvio drugi val mikroračunala [5].

Drugi val mikroračunala, za razliku od njihovih prethodnika, su daleko bliži konceptu osobnog računala. Ova računala imaju intuitivnije sučelje, daleko su jednostavnija za korištenje i posjeduju mnogo veće sposobnosti koje su učinile računalo korisno i pučanstvu. Uz to, za razliku od prvog vala, većina mikroračunala druge generacije su se prodavala kao sastavljena računala. Upravo ovi pomaci prema jednostavnijem računalstvu su se pokazali ključnima za drugi val mikroračunala, pošto sada mikroračunala nisu bila namijenjena samo hobistima, nego i širom pučanstvu, osobito uredskim radnicima koji su htjeli donijeti svoj rad kući. Upravo zato što su imali korist i u kućanstvu, ova računala su zaslužila naziv kućnih računala (*eng. Home computer*). Među prvim uspješnim kućnim računalima bili su Apple II, Commodore PET i Radio Shack TRS80 koji su se počeli prodavati 1977. godine. Zbog iznimne uspješnosti ovih računala, mnogi drugi modeli mikroračunala su se počeli pojavljivati na tržište, što je započelo mikro revoluciju kućnih računala. U međuvremenu su se u tu utrku mikroračunala uključili i Atari s Atari 400 i 800 računalima, Sinclair ZX80, Texas Instruments TI-99/4, ali sve oči su bile uperene na tadašnjeg giganta računalstva, IBM, u iščekivanju njihovog kućnog računala [5].

3.2. IBM PC i kompatibilni klonovi

Promatrajući razvoj tržišta kućnih računala, IBM je pokazao interes za razvoj vlastitog osobnog računala. William C. Lowe, tadašnji direktor IBM laboratorija u Boca Raton, je uvjeravao povjerenstvo IBM-a da je nemoguće ući u tržište kućnih računala s tadašnjom ustaljenom poslovnom kulturom u tvrtki u nadi da će nagovoriti povjerenstvo da kupi Atari te da koristi njihova računala. Povjerenstvo je odlučilo da će Lowe sastaviti tim od 12 inženjera, čiji rad neće biti pod pomnim okom vodstva kao kod ostalih projekata. Unutar godine dana, taj tim, kojeg je u međuvremenu preuzeo Don Estridge, je uspio stvoriti IBM 5150, računalo poznatije kao IBM PC [6].

Za razliku od bilo kojeg drugog IBM računala do tada, IBM PC je izgrađen na otvorenoj arhitekturi te je koristio postojeće standarde i komercijalno dostupne dijelove vanjskih dobavljača [6]. Tako je PC koristio Intelov 8088 procesor, radnu memoriju s 16KB zalemljene memorije uz mogućnošću proširenja na 64KB memorije, jedan ili dva standardna 5.25" disk čitača te mogućnost ekspanzije računala pomoću I/O sabirnice, što je omogućavalo dodavanje dodatne radne memorije, dodavanje mrežnih, zvučnih i grafičkih kartica, kontrolera vanjskih hardvera i kontrolera dodatnih priključaka. Sa softverske strane, računalo je dolazilo s BASIC interpretatorom u ROM memoriji, te je bilo moguće koristiti PC DOS i CP/M-86 operativne sustave [7].

Što se tiče sposobnosti samog računala, bilo je samo po sebi vrlo impresivno, ali otvorenost arhitekture, dobra dokumentiranost računala i IBM-ov ugled su bili glavni adut računala. IBM PC je vrlo brzo dobilo podršku industrije u pogledu razvoja softvera i hardvera za računalo te je ubrzo nakon dolaska na tržište imalo impresivni katalog programa i hardverskih ekspanzija, što je ponukalo kupce da odaberu IBM-ovo računalo. Glavni aduti IBM PC su na koncu postali i glavne boljke što se tiče IBM-ovog utjecaja na tržište, kada su IBM PC kompatibilni klonovi počeli dolaziti na tržište.

IBM PC je bio izgrađen komponentama koje su bile javno dostupne, izuzev BIOS-a, firmwarea matične ploče. IBM se nadao da je kontrola autorskih prava BIOS-a bila dostatna da odvraća moguće kopije računala, ali brzo su se pojavili PC kompatibilni BIOS-i koji su bili razvijeni metodom čiste sobe (eng. Clean Room implementation). Ta razvojna metodologija, koja se provodi na način da se ne dopusti da razvojni inženjeri ikada pročitaju izvorni kod nego da softver razvijaju samo po opisu što izvorni kod radi, je omogućila razvoj kloniranog BIOS-a van dohvata IBM-ovog autorskog prava nad originalnim BIOS-om [8]. Pošto je ostatak računala bilo moguće kupiti od raznih dobavljača, uključujući i MS DOS, pravno zaštićeni BIOS klonovi su omogućili prodaju PC kompatibilnih klonova. Takvi PC klonovi su, zbog kompatibilnosti s IBM PC softverom, niže cijene i rane nestašice IBM PC računala, poplavili tržište i potisnuli sva ostala mikroračunala [5]. Danas, gotovo sva osobna računala su temeljena upravo na tim IBM PC kompatibilnim klonovima.

3.3. 286 PC računala

IBM je 1984. godine predstavio IBM PC AT (model 5170), računalo kompatibilno s prethodnim PC i PC XT računalima. Glavne značajke tog računala su novi Intelov 80286 (popularno nazvan Intel 286) procesor, proširena radna memorija na 256 KB uz mogućnost dodavanja do 512KB, podrška za tvrde diskove i nove AT sabirnice za ekspanziju računala koji je zamijenio prethodne PC sabirnice. Uz to, PC AT je donio i novu 16-bitnu I/O sabirnicu [9] (Kasnije je 16-bitna sabirnica preimenovana u AT sabirnicu [10]). IBM PC AT je predstavljao novi standard za PC klonove, te kao i kod prethodnika nastupio je novi val PC AT kompatibilnih klonova.

Intel 286 procesor je bio značajan po tome što je bio namijenjen za višezadačne aplikacije s zaštićenim režimom rada (eng. Protected Mode), te je imao i stvarni režim rada (eng. Real Mode) za kompatibilnost s programima razvijenim za IBM PC. Zaštićeni režim rada omogućuje straničenje radne memorije, korištenje virtualne memorije, segmentaciju memorije te je uveo 24-bitnu adresnu sabirnicu, što omogućuje adresiranje 16 MB adresnog prostora. Zbog više mana u ranoj inačici zaštićenog režima, većina programa nisu koristili

zaštićeni režim, ali je još uvijek predstavljao veliki korak u razvoju računala, osobito u domeni razvoja operativnih sustava [11].

Još jedna inovacija u ovoj generaciji računala je bila u arhitekturi matične ploče. Kod ranijih PC računala, matična ploča se oslanjala na diskretne logičke čipove za povezivanje računala, poput zasebnog čipa za generatora takta, upravitelja sabirnice, međuspremnik ili upravitelja prekida sustava [9]. Novi čipovi koji su spajali više logičkih čipova u manji broj specijaliziranih čipova su se počeli pojavljivati, a ti čipovi se mogu smatrati začetkom chipseta u modernom smislu riječi. Neki od mnogih primjera takvih chipseta su NEAT (eng. New Enhanced AT) chipset s 4 čipova [12] i Intel 82230/82231 s 2 čipa [13].

3.4. 386 PC računala i IBM-ov gubitak utjecaja

Industrija koja se preko noći izgradila oko PC klonova se izmaknula kontroli IBM-a, te se IBM odlučio na izradu novog zatvorenog standarda računala. IBM PS/2 serija računala je bila predstavljena 1987. godine. Uz OS/2 višezadačni operativni sustav razvijen u suradnji s Microsoftom, nove integrirane funkcionalnosti u matičnoj ploči i novu MCA sabirnicu zatvorene arhitekture s naprednim funkcionalnostima, IBM se nadao da će s većom kontrolom nad operativnim sustavom i ekspanzijom uspjeti vratiti dio tržišta koje je izgubio od strane proizvođača klonova. PS/2 je u konačnici bio neuspjeh, ali je industrija prihvatila neke inovacije PS/2 platforme, poput PS/2 porta za miš i tipkovnicu, VGA video izlaz i 3.5" diskete. Dva razloga za neuspjeh PS/2 su bili zatvorena arhitektura PS/2 što je otjeralo proizvođače računala i činjenica da je konkurencija bila jedan korak ispred IBM-a [14].

Prva naznaka da je IBM počeo kaskati za ostatkom PC industrije je činjenica da je Compaq, jedan od proizvođača PC kompatibilnih računala, preduhitrio IBM i predstavio prvo računalo s novim Intelovim 80386 procesorom (kolokvijalno Intel 386) pod imenom Deskpro 386. Uz visoke performanse, 386 procesor je uveo i dodatna poboljšanja u upravljanju radnom memorijom, poput integracije MMU čipa (eng. Memory Management Unit), 32-bitnu sabirnicu s podrškom do 4 GB radne memorije, dorađeni zaštićeni režim rada i novi virtualni 8086 (eng. Virtual 8086) režim rada koji je omogućavao pokretanje više instanci programa zamišljenih za stvarni režim rada unutar zaštićenog režima rada [15].

Nakon pojave PS/2 računala, PC industrija nije više htjela pratiti IBM [16]. Napredne značajke, ograničenost ISA sabirnice i zatvorena arhitektura IBM-ove MCU sabirnice je ponukalo konkurente da stvore vlastitu sabirnicu koja bi bila usporediva s MCU sabirnicom ali otvorene arhitekture. Devet velikih proizvođača PC računala su međusobno surađivala da stvore EISA (eng. Extended Industry Standard Architecture) sabirnicu, te su AT sabirnicu

preimenovali u ISA (Industry Standard Architecture) sabirnicu, a PC sabirnicu u 8-bitnu ISA sabirnicu [14].

3.5. 486 PC računala i problemi brzine sabirnice

Intel je 1989. predstavio prvi 486 procesor. Promjene naspram prethodnog 386 procesora su integrirana priručna memorija, integracija sklopa za računanje brojeva s pomičnim zarezom (FPU, eng. Floating Point Unit) i razna poboljšanja u performansama. Uz to, 486 procesori su imali i vrlo visoke radne taktove od 20 MHz do 50 MHz u ranim i486DX procesorima. Veliki skok naspram radnog takta procesora IBM AT računala od 8 MHz je dovelo do problema u radu ISA sabirnice, koja je originalno zamišljena da dijeli radni takt procesora [17].

Da bi se osigurala kompatibilnost starih ISA ekspanzija, sabirnica je dobila vlastiti generator takta [12]. To je opet predstavljalo problem zbog niske protočnosti sabirnice, osobito kod grafičkih ekspanzija zbog rasta popularnosti operativnih sustava s grafičkim sučeljem. Privremeno rješenje kod računala s 386 i 486 procesorom je VESA lokalna sabirnica (eng. VESA Local Bus ili VLB), koja je jednu do dvije VLB ekspanzije spajala direktno s procesorom. Problem kod VLB sabirnice je što je bila usko povezana sa samom arhitekturom 386 i 486 procesora, te nije bilo moguće implementirati VLB sabirnicu s prethodnim ili budućim procesorima [18].

Nedostaci ISA i VLB sabirnice su potaknuli razvoj nove sabirnice, te je predstavljena PCI (eng. *Periphery Component Interconnect*) sabirnica. PCI sabirnica nije bila usko povezana sa arhitekturom procesora kao VLB sabirnica, a nudila je visoku protočnost podataka naspram ISA sabirnice. Uz to, PCI je podržavao softversko podešavanje vanjskih uređaja a radio je u standardnoj konfiguraciji s 32-bitnom sabirnicom i radnim taktom od 33MHz [19]. Uz novu sabirnicu, Intel je razvio i nove chipsete koji su koristili tu sabirnicu [20].

3.6. Pentium računala, Wintel i prvi AMD dizajnirani procesori

Intel je 1993. godine predstavio prve procesore Pentium serije. Glavne značajke tih procesora su 64-bitna podatkovna sabirnica, optimizacije u računanju brojeva s pomičnim zarezom i uvođenje superskalarnosti što je omogućilo izvršavanje više mikronaredbi unutar jednog takta procesora [21]. 1997. godine je izašao Pentium MMX koji je dodao MMX instrukcijski set za brži rad s multimedijom [22], a ubrzo je došao i Pentium II koji je značajan po tome što je dolazio u obliku kartice radi integracije L2 priručne memorije [23], a 1999.

godine izlazi Pentium III sa SSE (*eng. Streaming SIMD Extensions*), instrukcijskim setom koji unaprjeđuje izvršenje SIMD (*eng. Single Instruction Multiple Data*) naredbi koje je MMX uveo [24].

Pojavom sve snažnijih grafičkih kartica pojavio se problem u PCI sabirnici. Pošto je PCI paralelna sabirnica, svi uređaji dijele istu sabirnicu, što znači da se priključenjem uređaja kojem je potrebna velika propusnost podataka cijela PCI sabirnica zaguši. Rješenje ovog problema je bila AGP (*eng. Accelerated Graphics Port*) sabirnica koja se direktno povezivala s procesorom i radnom memorijom [25].

Microsoft je 1995. predstavio Windows 95 operativni sustav koji je postigao veliki uspjeh. Windows 95 je značajan po tome što je prva verzija Windows operativnog sustava koji je u potpunosti integriran s DOS operativnim sustavom, umjesto da se izvršava unutar DOS-a, te po tome što je prvi put imalo korisničko sučelje s Start gumbom [26].

Kroz 10 godina razvoja PC računala, pojavio se veliki broj proizvođača i standarda PC računala, te je standardizacija računala bila prijeko potrebna. Intel i Microsoft su iskoristili svoj utjecaj u pokušaju da standardiziraju računala, a neki od tih standarda se i danas koriste. Primjerice, Intel je predstavio ATX (*eng. AT Extended*) standard 1995. godine koji definira veličinu i oblik matične ploče [27], a u suradnji s Microsoftom je predstavljen vodič PC dizajna (*eng. PC System Design Guide*), godišnji setovi zahtjeva za nova računala [28]. Ta uska suradnja između Microsofta i Intela je dobila naziv Wintel (Windows + Intel) [29].

AMD je 1996. predstavio K5 seriju procesora. AMD je do tada proizvodio čipove temeljene na Intelovom dizajnu, ali K5 je bila prva serija procesora koje je AMD u potpunosti dizajnirao. K5 nije bio uspješan na tržištu ali je predstavljao veliki korak za AMD [30]. Procesori sljedeće generacije K7 (poznati i kao Athlon) je zato bili vrlo popularan zbog boljih performansi naspram Pentium III procesora [31].

2000. godine je predstavljena prvi chipset koji koristi DDR (*eng. Double Data Rate*) memoriju, AMD 760. Glavna značajka DDR memorije je što omogućuje prijenos podataka dva puta unutar jednog takta memorije, te teoretski udvostručuje protok podataka [32]. DDR memorija se zadržala u modernim računalima do danas, naravno u naprednijim inačicama.

3.7. 64-bitni i višejezgreni procesori

S rastom performansi, padom cijena radne memorije i sofisticiranijim softverom, veličine radne memorije su se sve više približavali teoretskom maksimumu 32-bitne adresne sabirnice od 4 GiB. Rješenje ovom problemu je proširenje adresne sabirnice na 64-bitnu sabirnicu, s čime se maksimalna teoretska veličina radne memorije povećava na 16 EiB. AMD je razvio x64 instrukcijski set koji koristi 64-bitnu adresnu sabirnicu te je 2001. predstavljena Athlon 64 serija procesora, prvi procesori s novim instrukcijskim setom [33].

2003. godine Intel je predstavio novu sabirnicu, PCIe (eng. PCI Express), koja je donijela velike promjene u dizajnu sabirnice naspram prethodne PCI sabirnice. Najveća promjena je što je PCIe sabirnica serijalna, a ne paralelna kao PCI. To znači da PCIe uređaji ne dijele istu sabirnicu, nego se dodjeljuju trake (eng. Lanes) svakom priključku, a svaka traka je zasebna serijalna veza koja omogućuje komunikaciju između kontrolera i PCIe uređaja. Paralelni dizajn sabirnice otklanja mogućnost zagušenja sabirnice kada više uređaja pokušava komunicirati u isto vrijeme [34]. S vremenom, PCIe je zamijenio sve ostale vrste sabirnica, te je i danas prisutna na modernim matičnim pločama.

2003. godine je SATA (eng. *Serial ATA*) sučelje došlo na tržište. Značajke SATA sučelja su softversko postavljanje uređaja, bolji format kabela i visoke performanse naspram ATA/IDE sučelja [35].

Druga inovacija u procesorima PC računala je višejezgrenost, što omogućuje paralelno izvršavanje više programa u isto vrijeme. Prvi komercijalni višejezgreni procesori za PC računala su bili AMD Athlon 64 X2 i Intel Pentium D serije procesora koji su izašli 2005. godine [36].

3.8. Moderna računala

NetBurst arhitektura, na kojoj se Intel oslanjao za Pentium 4 procesore, je bio dizajniran za visoke radne taktove, ali je patio od loše efikasnosti procesora, te su bili na lošem glasu zbog visoke radne temperature i visoke potrošnje energije. Intel je 2006. odustao od NetBurst arhitekture te su za stolna računala predstavljeni prvi Intel Core procesori na temelju Intelovih procesora za prijenosna računala [37]. Prva generacija Core serije procesora, Core 2 Duo serija, je temeljena na Conroe arhitekturi te je nudila iznimno visoke performanse i niske radne temperature procesora uz niske cijene procesora u usporedbi s tada aktualnim AMD Athlon 64 procesorima [38].

2005. godine je osnovan UEFI Forum, konzorcij proizvođača PC računala s ciljem da se zamijeni BIOS s novim UEFI standardom. BIOS je u velikoj mjeri ostao nepromijenjen još od originalnih IBM računala te su ograničenja BIOS-a utjecala na performanse i pouzdanost računala. UEFI je pisan u C jeziku što olakšava razvoj novih inačica UEFI-ja te ima potpunu podršku za moderne 32-bitne i 64-bitne procesore. Uz to pomoću emulacije zadržava kompatibilnost s operativnim sustavima koji podržavaju BIOS [39].

2009. godine su predstavljene su prvi dvojezgreni i četverojezgreni procesori Intel Core temeljeni na Nehalem arhitekturi kodnog imena Lynnfield. Ova serija procesora je značajna pošto je uvelike promijenila arhitekturu chipseta [40]. Do dolaska Lynnfield procesora, chipset se dijelio na northbridge i southbridge čipove. Zadaća Northbridge čipa je bila komunikacija između procesora, radne memorije i sabirnice visoke brzine, poput VLB, AGP ili PCIe sabirnice. Southbridge je ostvarivao komunikaciju između Northbridge čipa i perifernih uređaja, poput upravljača sekundarne memorije, uređaja spojene na vanjsku sabirnicu i uređaja integriranih u matičnu ploču [41]. Lynnfield arhitektura je premjestila sve funkcionalnosti northbridge čipa u sam procesor. Lynnfield procesori su u čipu imali DDR3 memorijski kontroler za komunikaciju s radnom memorijom, PCIe kontroler sa 16 traka PCIe 2.0 sabirnice i DMI sabirnicu za komunikaciju sa southbridge čipom koji je sada preimenovan u PCH (*eng. Platform Controller Hub*). Ove funkcionalnosti unutar procesora se zovu Uncore. Uz promjene u chipsetu, noviteti kod Lynnfield arhitekture su višedretvenost procesora i varijabilni radni takt (*eng. Dynamic Frequency Scaling*) [40].

Sljedeća velika iteracija Intel Core procesora, kodnog imena Sandy Bridge, je donijela još bolje performanse i efikasnost, grafički podsustav koji je integriran u procesor, Ringbus unutarnju sabirnicu i nomenklaturu Intel procesora za stolna računala koja je i danas aktualna, a Uncore je preimenovan u sustavnog agenta (*eng. System Agent*) [42]. Ovi procesori su kamen temeljac za moderne Intel procesore, te arhitektura procesora nije vidjela velike promjene do osme generacije Intel Core procesora, kodnog imena Coffee Lake, koji su donijeli porast broja jezgri s maksimalnih četiri jezgre na šest jezgri [43]. Deveta generacija Intel Core procesora je vrlo slična osmoj generaciji, ali je posjedovala hardverske preinake za suzbijanje Meltdown ranjivosti te su predstavljene prvi Core i9 čipovi s osam jezgri [44]. Deseta generacija Core procesora, kodnog imena Skylake, su imali do 10 jezgri [45], a procesori kodnog imena Rocket Lake, je prenamjena Intelovog 10nm mobilnog Sunny Cove procesora u 14nm, te gubi dvije jezgre, sada na maksimalnih osam jezgri [46].

Prvi AMD-ov odgovor na Intelove Core procesore su bili Phenom procesori koji nisu bili uspješni zbog nedostatnih performansi naspram Intel Core procesora [47]. AMD je sve nade stavio na potpuno novu arhitekturu procesora koja je imala vrlo impresivan broj jezgri,

kodnog imena Bulldozer. Problem Bulldozer arhitekture je što je svaki par jezgri dijelio upravljačku jedinicu što je dovelo do razočaravajućih performansi, čak u nekim situacijama i gorih performansi nego Phenom II procesori koje je trebao zamijeniti [48]. Bulldozer je bio toliko kontroverzan da je AMD bio tužen da su lagali o broju jezgri u procesoru [49]. 2017. godine AMD je predstavio novu arhitekturu procesora kodnog imena Zen. Glavna značajka Zen arhitekture je veliki broj „pravih“ jezgri, te je prva generacija Ryzen serije procesora baziranih na Zen arhitekturi imala do 8 jezgri (Za kontekst, tadašnji Intel Core procesori za stolna računala su imala do četiri jezgre), svaka podijeljena u CCX jedinice s četiri jezgre i dijeljenim L3 priručnom memorijom unutar CCX jedinice. Ryzen je doveo i nove promjene u chipsetu. Izuzev chipseta za Fusion APU procesore, AMD chipseti su se oslanjali na northbridge-southbridge arhitekturu. Ryzen procesori, zajedno s Bristol Ridge APU procesorima su integrirali northbridge unutar procesora, a komunikacija s chipsetom se ostvarivala putem PCIe veze [50]. Ryzen 2000 donosi minimalne preinake u arhitekturi procesora, ali koristi bolju tehnologiju proizvodnje za poboljšanje performansi [51].

Ryzen 3000 temeljen na Zen 2 arhitekturi je donio velike promjene u arhitekturi procesora. Najveća promjena naspram prethodnih Ryzen procesora je nova tehnologija proizvodnje. Naspram prethodnih monolitnih procesora koji su koristili jedan čip za sve funkcionalnosti procesora, Zen 2 procesori koriste čiplete (*eng Chiplet*) koji se spoje na supstratu te rade kao jedna jedinica. Zen 2 ima dva tipa čipleta, cIOD čiplet i CCD čiplet (*eng. Core Complex Die*). cIOD čiplet sadrži memorijske kontrolere, PCIe kontrolere, USB kontrolere te Infinity fabric sabirnicu za komunikaciju između čipleta, dok CCD čiplet sadrži dvije CCX jedinice [52].

4. Standardi modernog računala

Kao što nam je povijest PC računala pokazala, od samih začetaka srž arhitekture PC računala je kompatibilnost. Da bi se postigla kompatibilnost između različitih komponenti koje mogu proizvoditi razni proizvođači, potrebni su standardi koje će se proizvođači držati. Razumijevanje ovih standarda će olakšati razumijevanje arhitekture chipseta, pošto sami chipseti uključuju podršku većinu tih standarda u svoje funkcionalnosti. Ovo poglavlje će ukratko objasniti standarde koje moderna računala podržavaju.

4.1. Format matične ploče

Format matične ploče definira fizičku veličinu i oblik matične ploče. Četiri najpopularnija formata matične ploče za stolna računala su ATX, EATX, Micro-ATX i Mini-ATX. ATX format je veličine 305mm x 244mm, EATX je veličine 305mm x 330mm, Micro-ATX je veličine 244mm x 244mm, a Mini-ATX je veličine 170mm x 170mm. Zbog razlike u veličini, sposobnosti matičnih ploča različitih formata se mogu razlikovati, poput sposobnosti napajanja procesora, integriranih funkcionalnosti i količine priključaka. Potrebno je naglasiti da su moderna kućišta kompatibilna s matičnim pločama istog ili manjeg formata od onog za koje je kućište zamišljeno, tako da primjerice Micro-ATX kućište može primiti i Mini-ATX matičnu ploču, ali ne i ATX matičnu ploču [53].

4.2. Radna memorija

Moderna računala podržavaju dva standarda radne memorije: DDR4 i DDR5. DDR4 i DDR5 su generacijske inačice DDR radne memorije te rade na istom principu, ali nisu međusobno kompatibilne. Osnovni princip rada DDR (*eng. Double Data Rate*) radne memorije je da prilikom jednog takta dva puta primaju ili odašilju podatke. To znači da, primjerice, DDR4 radna memorija s taktom od 1333 MHz ima brzinu prijenosa od 2666 MT/s (*eng. Mega Transfers per second*). Najveće generacijske razlike između DDR4 i DDR5 su brzina prijenosa i gustoća radne memorije. Brzina prijenosa DDR4 radne memorije je između 2133 MT/s i 5100 MT/s, dok je brzina prijenosa DDR5 radne memorije između 3200 MT/s i 6400 MT/s [54]. Još jedna razlika između DDR4 i DDR5 radne memorije je što DDR5 ima ECC (*eng. Error Correcting Code*) sklop unutar memorijskog čipa koji povećava sigurnost podataka koji su pohranjeni u radnoj memoriji [55].

4.3. Utor za procesor

Moderni procesori i matične ploče za stolna računala podržavaju jedan od dva različita utora: Intel Core procesori 12., 13. i 14. generacije podržavaju LGA 1700 utor [56], a AMD Ryzen 7000 i 8000 generacije procesora podržavaju AM5 utor [57].

4.4. Proširenja računala

Moderna stolna računala imaju PCIe utore za proširenje. Kao podsjetnik, PCIe je serijska sabirnica koja serijskim trakama direktno povezuje PCIe uređaj s PCIe upravljačem [34]. Brzina PCIe veze ovisi o tome da li se sabirnica spaja s chipsetom ili samim procesorom, generaciji PCIe sabirnice i o količini traka dodijeljenih vezi. Kod modernih računala, PCIe kontroler unutar procesora ima određeni broj PCIe traka koje se mogu koristiti za veze. Ako dizajn matične ploče zahtijeva više PCIe traka nego što je procesor sposoban dodijeliti, chipset omogućuje dodjeljivanje dodatnih traka, ali te trake nisu iste brzine kao trake koje su direktno spojene s procesorom pošto su svi uređaji spojeni na chipset zagušeni vezom između chipseta i procesora. PCIe trake u modernom računalu mogu biti 3.0, 4.0 i 5.0 generacije. Najveća razlika između generacija PCIe sabirnica je u brzini prijenosa. Svaka generacija PCIe sabirnice udvostručuje protočnost podataka po traci, tako da PCIe 3.0 u jednoj traci ima teoretsku maksimalnu protočnost podataka od 8 Gib/s, PCIe 4.0 ima protočnost podataka od 16Gib/s, a PCIe 5.0 protočnost podataka od 32Gib/s. Posljednja razlika između utora je količina traka koja je dodijeljena utoru ili koje uređaj podržava. Svaka traka dodaje svoju protočnost vezi, tako da je, primjerice, veza s četiri trake upola sporija od veze s osam traka. Najčešće veličine veze su x1, x4, x8 i x16 [58].

4.5. Sekundarna memorija

U modernim računalima postoje dva tipa sekundarne memorije, HDD (*eng. Hard Disk Drive*) i SSD (*eng. Solid State Drive*). Glavna razlika u tim tipovima radne memorije je u njihovom principu rada. HDD pogon se oslanja na magnetizirane diskove za spremanje podataka, dok SSD pogon koristi Flash memorijske čipove za spremanje podataka. HDD pogon je u principu sporiji i više sklon kvarovima zbog mehaničke prirode memorije, te prosječni HDD pogon ima brzine pisanja i čitanja oko 250 MB/s. SSD pogoni naspram HDD pogona su skuplji, ali su i daleko brži, te neki SSD pogoni koji koriste NVMe sučelje mogu postizati brzine od 3500 MB/s do 7000 MB/s.

Sekundarne memorije za moderna stolna računala dolaze u tri formata, 2.5" pogoni, 3.5" pogoni i M.2 pogoni. HDD pogoni dolaze u 2.5" i 3.5" formatima, dok SSD pogoni uz te formate mogu dolaziti i u M.2 formatu. 2.5" i 3.5" formati podržavaju SATA sučelje dok M.2 format podržava SATA i sučelja. SATA sučelje. Najveća razlika između SATA i NVMe sučelja je njihova brzina. Maksimalna teoretska brzina SATA 3.0 sučelja je 600 MiB/s, dok se NVMe sučelje spaja putem PCIe sabirnice te je limitiran brzinom PCIe veze tako da, primjerice, teoretska brzina NVME konfiguracije s PCIe 4.0 vezom s 4 trake je 8 GiB/s [59].

4.6. Vanjski priključci

Vanjski priključci spajaju računalo s vanjskim uređajima, poput monitora, miša, tipkovnice, pisača ili vanjske memorije. Te priključke možemo podijeliti na 3 kategorije prema podacima koje prenose: video priključke, audio priključke i podatkovne priključke.



Slika 1: Vanjski priključci moderne matične ploče
(Izvor: MSI [60])

Video priključci povezuju video uređaj s monitorom. Moderna računala podržavaju dva standarda video priključka, HDMI i DisplayPort (skraćeno DP). Verzije HDMI standarda koja su implementirana kod današnjih računala i monitora su HDMI 1.4, HDMI 2.0 i HDMI 2.1, a verzije DisplayPort standarda su DP 1.4, DP 2.0 i DP 2.1. Najveća razlika između HDMI i DP standarda su protočnost podataka i kompatibilnost s ostalim uređajima. Protočnost standarda HDMI 1.4 je 10.2 Gb/s, HDMI 2.0 je 18.0 Gb/s, a protočnost HDMI 2.1 je 48Gb/s, dok protočnost standarda DP 1.4 je 21.6 Gb/s, DP 2.0 je 32.4 Gb/s, a DP 2.1 je 80.0 Gb/s. Protočnost podataka ima utjecaj na kvalitetu, rezoluciju i frekvenciju osvježavanja (*eng. Refresh Rate*) video signala. Što se tiče kompatibilnosti, većina uređaja podržava HDMI standard, dok se DP standard može u većini slučajeva naći na monitorima i računalima [61].

Audio priključci odašiljaju zvučni signal audio uređajima poput zvučnika i slušalica. Audio priključke možemo podijeliti na digitalne i analogne audio priključke. Najčešći analogni priključak je 3.5mm audio priključak (*eng. 3.5mm audio jack*), dok je najčešći digitalni priključak S/PDIF (*eng. Sony/Philips Digital Interconnect Format*). Zvučne kartice mogu imati više 3.5mm konektora ovisno o njihovoj funkciji. Danas, gotovo sve moderne matične ploče imaju integrirane zvučne kartice, te zajedno s njima i analogne audio priključke, dok samo neke matične ploče imaju digitalni S/PDIF priključak [62].

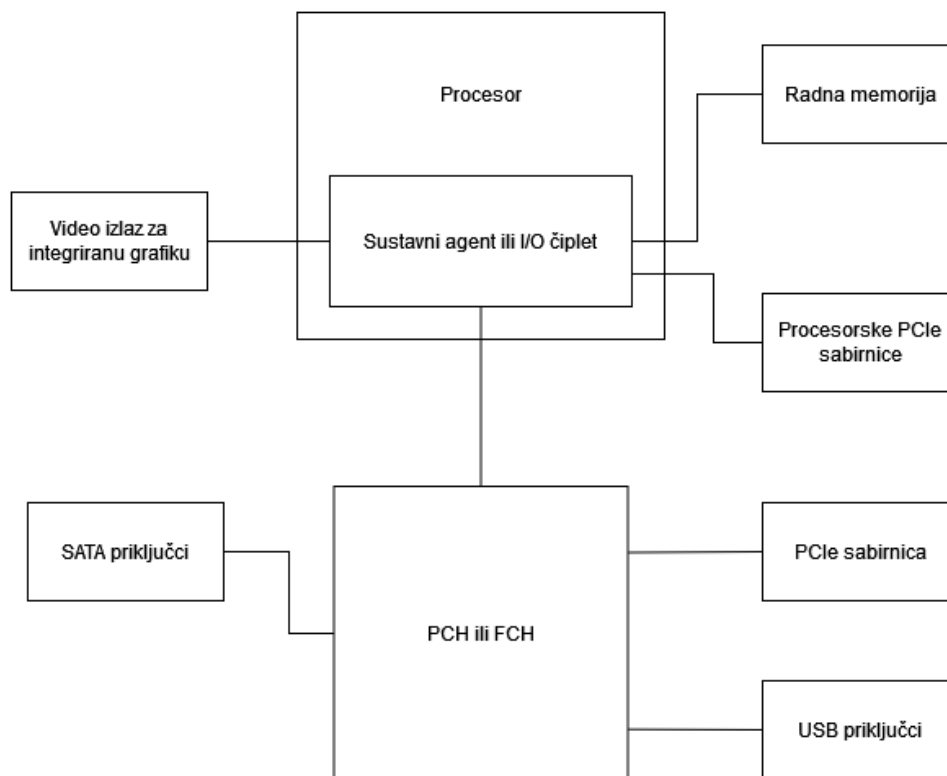
Podatkovni priključci omogućuju komunikaciju između računala i vanjskih uređaja. Najčešći standard podatkovnih priključaka je USB (*eng. Universal Serial Bus*). USB ima više tipova konektora, a tipovi koji se najčešće nalaze na stolnim računalima su USB A i USB C. Uz konektore, USB se može razlikovati i po verziji USB standarda, a najčešće verzije standarda su USB 2.0, USB 3.2 Gen 1, USB 3.2 Gen 2, USB 3.2 Gen 2x2 i USB 4. Svi standardi podržavaju USB C tip konektora, ali USB 3.1 i USB 4.0 ne podržavaju USB A tip konektora. USB 2.0 ima protočnost podataka od 0.48 Gb/s, USB 3.2 Gen 1 ima protočnost od 5 Gb/s, USB 3.2 Gen 2 ima protočnost od 10 Gb/s, USB 3.2 Gen 2x2 ima protočnost od 20 Gb/s, a USB ima protočnost od 20 Gb/s uz mogućnost protočnosti od 40 Gb/s [63]. Drugi standard podatkovnih priključaka je RJ45 (drugo ime je 8P8C) Ethernet priključak koji omogućuje žičano umrežavanje računala [64].

5. Što je chipset?

Prije nego što počnemo dublje ulaziti u rad, potrebno je definirati chipset. U osnovnoj definiciji, chipset je skup čipova koji zajedno obnašaju istu funkciju. U užem kontekstu, chipset povezuje procesor sa svim komponentama računala u jedan sustav. Komponente koje chipset povezuje s procesorom su radna memorija, sekundarna memorija, periferni uređaji i priključci za uređaje koji su integrirani u chipset.

Osnovna arhitektura modernog chipseta uključuje procesor i čip zvan PCH (*eng. Platform Controller Hub*) kod Intel chipseta i FCH (*eng. Fusion Controller Hub*) kod AMD chipseta. Unutar procesora se nalaze memorijski upravljači, PCIe sabirnički upravljači i integrirana grafički uređaj u jednom sklopu koji se zove sustavni agent (*eng. System Agent*) kod Intel chipseta i I/O čiplet kod AMD chipseta. PCH ili FCH povezuju procesor sa sporijim perifernim uređajima te se sastaju od kontrolera za PCIe sučelja, kontrolera za USB priključke, SATA priključke i ostale priključke ovisno o dizajnu PCH ili FCH čipa. Uređaji spojeni na FCH ili PCH su ograničeni vezom između procesora i PCH ili FCH čipa.

U kontekstu arhitekture chipseta, chipset može značiti i sami PCH ili FCH čip [65].



Slika 2: Dijagram modernog chipseta

Autorski rad

6. Intel Core procesori i chipseti

Intel chipseti 600 i 700 serije su moderni chipseti koji su dizajnirani za rad s procesorima koji podržavaju LGA 1700 utor. Ti procesori su Intel Core 12. generacije kodnog imena Alder Lake te Intel Core procesori 13. i 14. generacije kodnog imena Raptor Lake. Ova cjelina detaljnije opisuje arhitekturu chipseta i procesora te prikazuje ponudu chipseta.

Intelova implementacija chipseta se sastoji od dvije cjeline, sustavnog agenta (*eng. System Agent*) koji se nalazi unutar procesora i PCH (*eng. Platform Controller Hub*). Zadaća sustavnog agenta je komunikacija između procesora, radne memorije, PCH i PCIe uređaja spojenih direktno na procesor. Zadaća PCH je komunikacija između perifernih uređaja računala i procesora. [66].

6.1. Alder Lake procesori

Intel Core 12. generacije, kodnog imena Alder Lake, je serija procesora predstavljena 2021. godine. Među novitetima koje Alder Lake donosi su podrška za DDR5 radnu memoriju, PCIe 5.0 upravljač u procesoru, povećanje maksimalne L3 priručne memorije na 30 MB naspram 16MB prethodne generacije, Thread Director koji operativnom sustavu pomaže dodjeljivanje jezgri, povećanje radne frekvencije naspram prethodne generacije i nova integrirana grafika temeljena na Intel Xe arhitekturi. Najveći novitet je u arhitekturnom dizajnu procesora, jer Alder Lake je prva serija procesora za stolna računala koja ima hibridnu arhitekturu [67].

Intelova hibridna arhitektura Alder Lake procesora se sastoji od dva tipa jezgri, P-jezgre (*eng. P-Core*) i E-jezgre (*eng. E-core*). P-jezgre su dizajnirane na temelju Golden Cove mikroarhitekture i dizajnirane su za visoke performanse, a E-jezgre su temeljene na Gracemont mikroarhitekturi i dizajnirane su za visoku efikasnost. Uz to, P-jezgre su višedretvene dok su E-jezgre jednodretvene. Cilj arhitekture je bila kombinacija P-jezgri i E-jezgri radi visokih performansi tokom visokog opterećenja i niske potrošnje energije i manjeg zagrijavanja tokom izvršavanja nisko intenzivnih zadataka. U maksimalnoj konfiguraciji, Alder Lake procesori imaju 8 P-jezgri i 8 E-jezgri te ukupno 24 dretvi [66].

Radi ilustracije sposobnosti Alder Lake procesora, maksimalna konfiguracija Alder Lake procesora je Intel Core i9 12900KS. Core i9 12900KS ima 8 P-jezgri, 8 E-jezgri i ukupno 24 dretve, 30MB L3 predmemorije, 14 MB L2 predmemorije i maksimalni radni takt od 5.5 GHz [68].

Svi procesori 12. generacije dijele istog sustavnog agenta koji ima 16 PCIe 5.0 traka, 4 PCIe 4.0 traka, DMI sabirnicu za komunikaciju s chipsetom, podršku za DDR4 i DDR5 radnu memoriju te podršku za četiri DisplayPort 1.4a ili HDMI 2.0b priključka [69].

6.2. Intel 600 serija chipseta

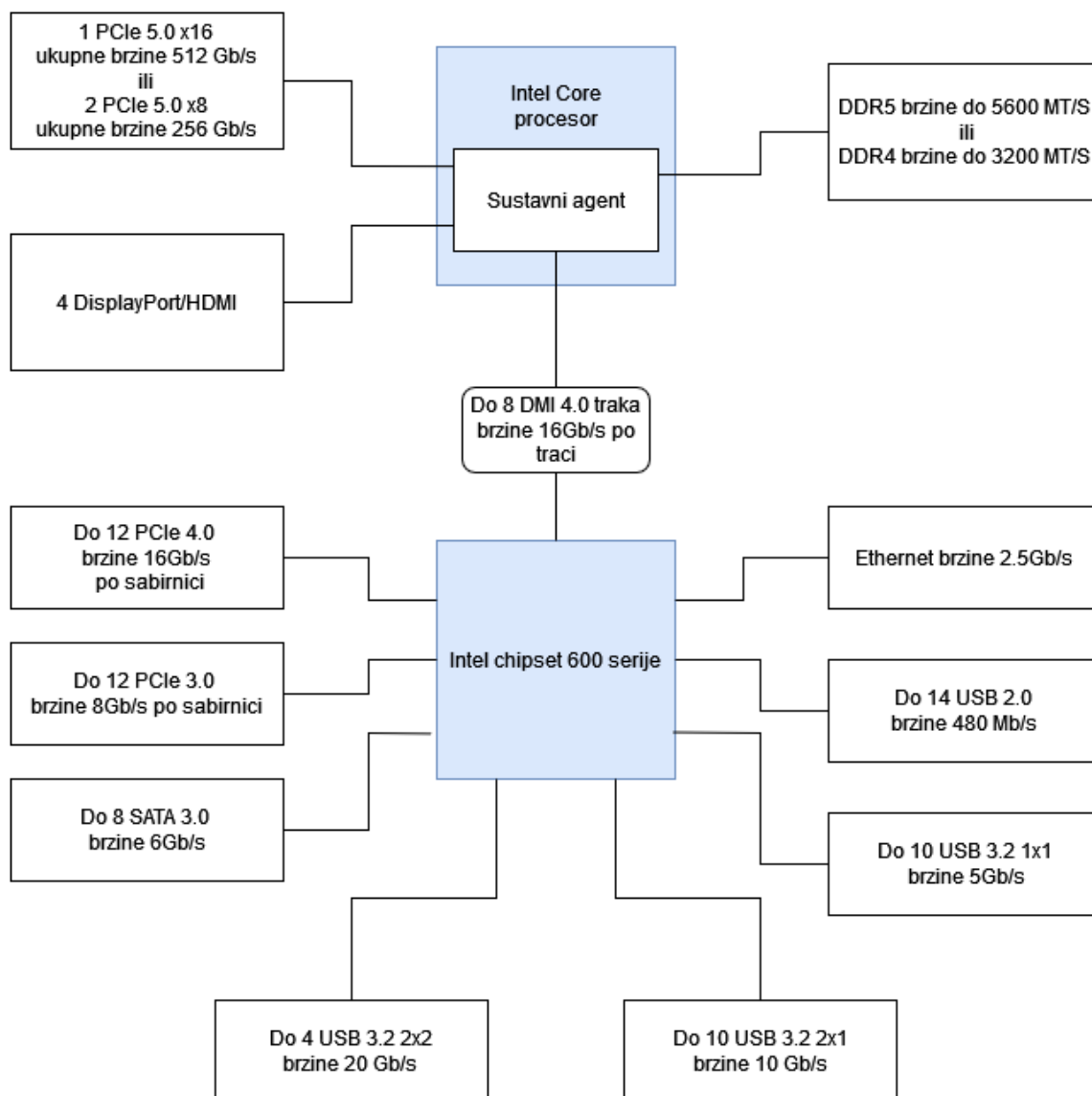
Intel 600 serija chipseta je bila predstavljena zajedno s Alder Lake procesorima. Chipseti ove serije koje su namijenjeni za kućne korisnike su H610, B660, H670 i Z690 chipset.

Neke značajnije funkcionalnosti koje chipset nudi su: ACPI hardverska potpora za upravljanje naponom, PCIe 4.0 kontroler, SATA 3.2 kontroler, USB kontroler, DMI veza s procesorom, kontroler prekida, sat, integrirani zvučni podsustav, integrirani ethernet kontroler, sigurnosne sustave i sustave za upravljanje računalom [70]. Najveća razlika između chipseta je količina i vrsta sabirnica koje se nude perifernim uređajima, a sljedeća tablica prikazuje te razlike.

Tablica 1: Tablica glavnih značajki Intel chipseta 600 serije

| Značajke | H610 | B660 | H670 | Z690 |
|--------------------------|------|------|------|------|
| Broj DMI traka | 4 | 4 | 8 | 8 |
| Maksimalni broj SATA | 4 | 4 | 8 | 8 |
| Maksimalni broj PCIe 3.0 | 8 | 8 | 12 | 12 |
| Maksimalni broj PCIe 4.0 | 0 | 6 | 12 | 12 |
| Ukupni broj USB 2.0 | 10 | 12 | 14 | 14 |
| Maksimalno USB 3.2 1x1 | 2 | 6 | 8 | 10 |
| Maksimalno USB 3.2 2x1 | 2 | 4 | 4 | 10 |
| Maksimalno USB 3.2 2x2 | 0 | 2 | 2 | 4 |

Izvor: Intel [70]



Slika 3: Dijagram sabirnica Intel chipseta 600 generacije

Izvor: prilagođeno od Intel [71]

6.3. Raptor Lake procesori

13. generacija Intel Core procesora, kodnog imena Raptor Lake, je predstavljena 2022. godine. Noviteti Raptor Lake procesora naspram Alder Lake procesora su 8 dodatnih E-jezgri u maksimalnoj konfiguraciji, povećanje radne frekvencije procesora na maksimalnih 6 GHz, povećana količina L2 i L3 predmemorije te redizajn P-jezgri na Raptor Cove mikroarhitekturu procesora [72].

14. generacija Intel Core procesora, koja je bila predstavljena 2023. godine, je mala revizija postojećih Raptor Lake procesora. Arhitektura procesora je ostala ista te je jedina razlika

između te dvije generacije procesora povišenje radnog takta od 100MHz do 200 MHz i dodatne 4 E-jezgre kod i7 procesora [73].

Intel i9 14900KS predstavlja najmoćniji Raptor Lake procesor. Core i9 14900K ima 8 P-jezgri, 16 E-jezgri, 32 dretve, 36MB L3 i 32MB L2 priručne memorije i maksimalni radni takt od 6.2 GHz [74].

Arhitektura sustavnog agenta kod Raptor Lake procesora je ostala gotovo ista, izuzev DDR5 memorijskog kontrolera, koji je dobio podršku za radnu memoriju brzine prijenosa do 5600 MT/s, naspram DDR5 kontrolera na Alder Lake procesorima koji je podržavao brzine prijenosa do 4800 MT/s [69] [75] [68] [74].

6.4. Intel 700 serija chipseta

Intel 700 serija chipseta je bila predstavljena zajedno s Raptor Lake procesorima. U ovoj seriji predstavljena su 3 nova chipseta namijenjena za kućne korisnike, B760, H770 i Z790.

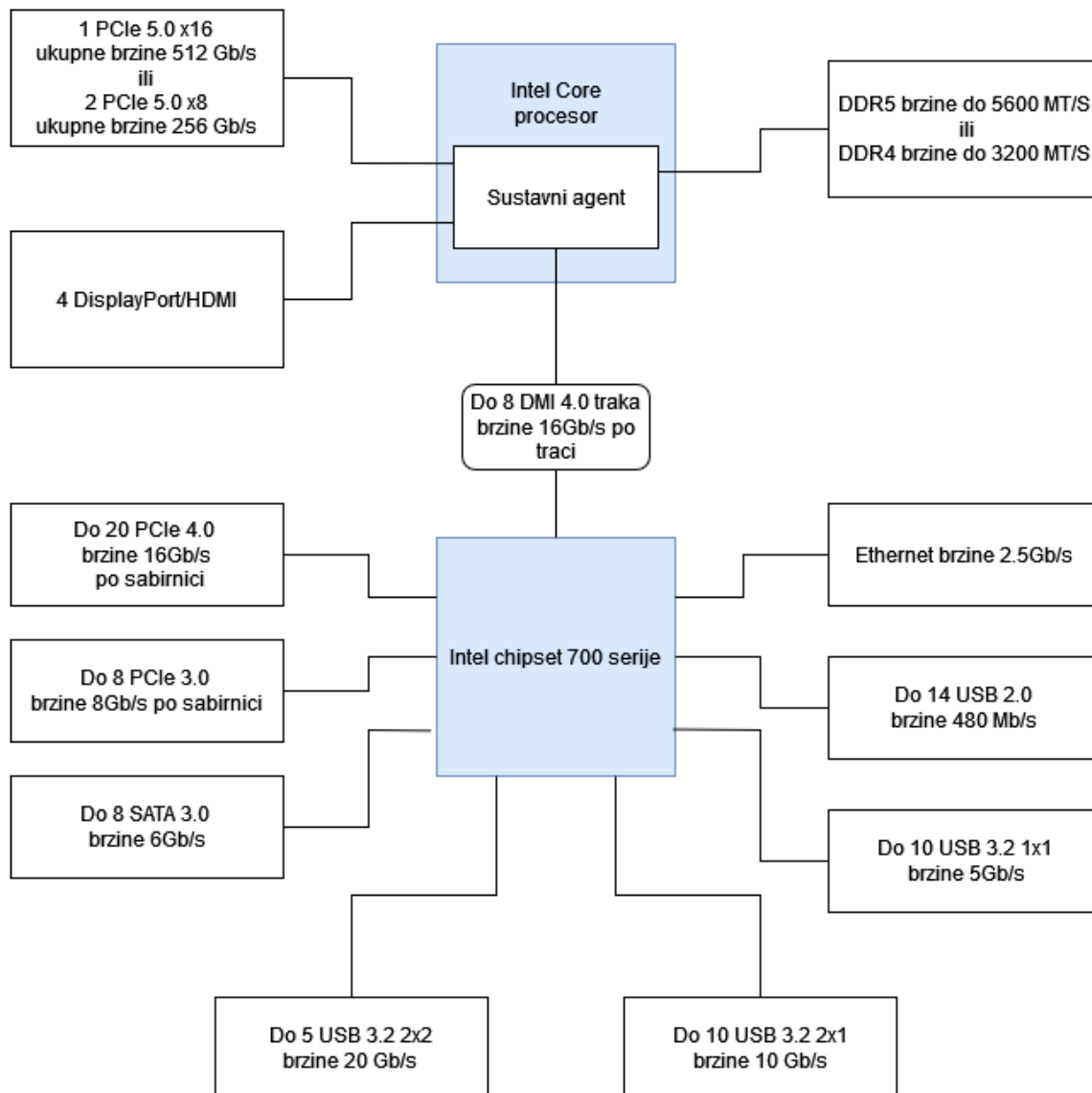
Chipset 700 serije je arhitekturno vrlo sličan chipsetu 600 serije, ali postoji razlika u količini PCIe 3.0 i 4.0 sabirnica, pošto su 4 PCIe 3.0 sabirnice unaprijeđene na 4.0 standard [76].

Sljedeća tablica prikazuje tipove i broj sabirnica koje 700 serija chipseta podržava.

Tablica 2: Tablica glavnih značajki Intel chipseta 700 serije

| Značajke | B760 | H770 | Z790 |
|--------------------------|------|------|------|
| Broj DMI traka | 4 | 8 | 8 |
| Maksimalni broj SATA | 4 | 8 | 8 |
| Maksimalni broj PCIe 3.0 | 4 | 8 | 8 |
| Maksimalni broj PCIe 4.0 | 10 | 16 | 20 |
| Ukupni broj USB 2.0 | 12 | 14 | 14 |
| Maksimalno USB 3.2 1x1 | 6 | 8 | 10 |
| Maksimalno USB 3.2 2x1 | 4 | 4 | 10 |
| Maksimalno USB 3.2 2x2 | 2 | 2 | 5 |

Izvor: Intel [76]



Slika 4: Dijagram sabirnica Intel chipseta 700 serije

Izvor: Prilagođeno od Intela [77]

7. AMD Ryzen procesori i chipseti

Moderna AMD implementacija PC računala se temelji oko AM5 utora za procesor. Chipset koji podržavaju AM5 utor je AMD 600 serija chipseta, a procesori koji podržavaju AM5 su Ryzen 7000 i 8000 serije.

AMD implementacija chipseta se dijeli na dva dijela, I/O čiplet unutar procesora i na FCH koji se nalazi na matičnoj ploči. Zadaća I/O čipleta je komunikacija između procesora, radne memorije, FCH i uređaja spojenih direktno s procesorom, a zadaća FCH je komunikacija sa sporijim perifernim uređajima [78].

7.1. AMD 7000 serija procesora

AMD je 2022. počeo prodavati Ryzen 7000 procesore, kodnog imena Raphael. Ti procesori su temeljeni na novoj Zen 4 arhitekturi. Neke novosti ove generacije procesora su podrška za DDR5 radnu memoriju, podrška za PCIe 5.0 sabirnicu, novi 5 nm proizvodni proces, udvostručena L2 priručna memorija na 1 MB po jezgri i integrirana grafika unutar I/O čipleta [79].

Ryzen procesori se još od Zen 2 arhitekture temelje na čipletima, malim čipovima koji dijele isti supstrat te se pomoću brze veze ponašaju kao jedna jedinica. Kao i prethodni Ryzen 5000 procesori, Ryzen 7000 procesori su došli u običnoj i X3D varijanti. X3D varijanta čipa koristi vertikalno složenu priručnu memoriju, čime se dodaje 64MB priručne memorije na procesor [80].

Najmoćniji Raphael procesor je Ryzen 9 7950X3D. Taj procesor ima 16 jezgri, 32 dretve, 16MB L2 priručne memorije te čak 128 MB L3 priručne memorije, te ima radni takt do maksimalnih 5.7 GHz [81].

I/O čiplet, čija je zadaća komunikacija između procesora, chipseta i radne memorije, je uz DDR5 memorijski upravljač i PCIe 5.0 upravljače s 28 traka dobio i integriranu grafiku temeljenu na RDNA2 arhitekturi [78].

7.2. AMD 600 serija chipseta

Zajedno s novim Raphael procesorima i novim utorom za procesor, AMD je objavio i novi chipset koji bi bio kompatibilan s AM5 utorom. AMD 600 serija chipseta za stolna računala ima tri glavne varijante: A620, B650 i X670, a B650 i X647 chipseti imaju i Extreme

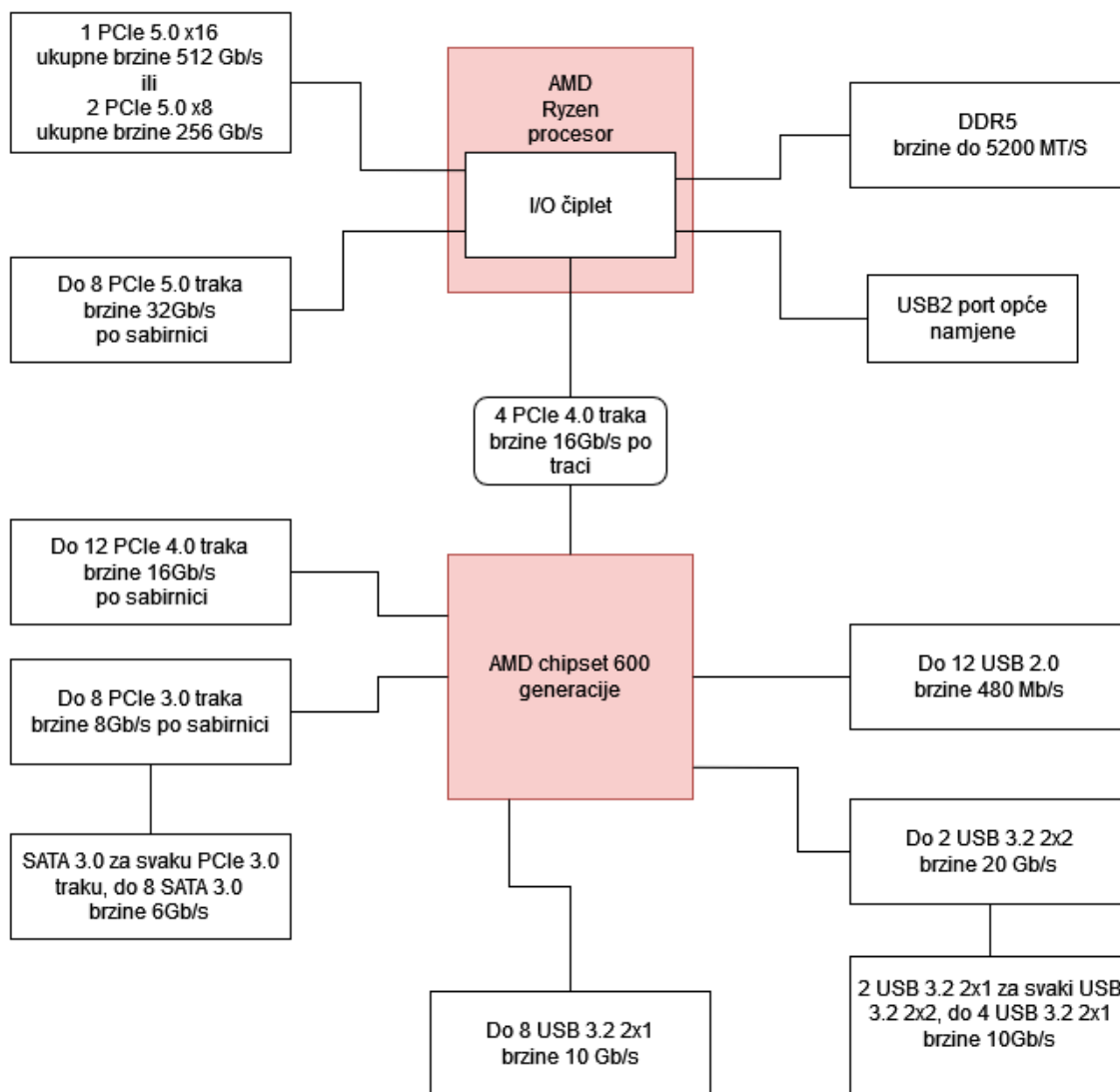
podvarijanate. Extreme podvarijanata je vrlo slična standardnim varijantama, ali dobivaju PCIe 5.0 procesorske sabirnice [82].

A620 je najosnovniji chipset, X670 je najnapredniji chipset a B650 chipset je srednje klase. FCH A620 i B650 chipseti se sastoje od jednog čipa, a FCH X670 se sastoji od dva čipa [78]. Sljedeća tablica će bolje dočarati sposobnosti tih chipseta.

Tablica 3: Tablica glavnih značajki chipseta AMD 600 serije

| Sposobnosti | A620 | B650 | B650E | X670 | X670E |
|-------------------|--------------------------------------|--|---|---|---|
| PCIe (Procesor) | 1 PCIe 4.0 x16 + 1 PCIe 4.0 x4 | 1 PCIe 4.0 x16 Ili 2 PCIe 4.0 x8 + 1 PCIe 4.0 x4 | 1 PCIe 5.0 x16 Ili 2 PCIe 5.0 x8 + 1 PCIe 5.0 x4 + 4 PCIe GPP | 1 PCIe 4.0 x16 Ili 2 PCIe 4.0 x8 + 1 PCIe 5.0 x4 + 4 PCIe GPP | 1 PCIe 5.0 x16 Ili 2 PCIe 5.0 X8 + 1 PCIe 5.0 x4 + 4 PCIe GPP |
| Overclock | RAM | RAM + CPU | RAM + CPU | RAM + CPU | RAM + CPU |
| USB 5 Gb/s | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| USB 10 Gb/s | 2 | 6 | 6 | 12 | 12 |
| USB 20 Gb/s | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| SATA ili PCIe 3.0 | 4 | 4 | 4 | 8 | 8 |

Izvor: AMD [83]



Slika 5: Dijagram sabirnica AMD chipseta 600 generacije

Izvor: Smith, Bonshor [78]

7.3. AMD Ryzen 8000 serija procesora

Ryzen 8000 serija procesora za stolna računala su temeljena na mobilnim procesorima kodnih imena Phoenix i Phoenix 2. Glavne značajke ovih procesora su snažna integrirana grafika i AI akcelerator. Jezgre procesora su temeljene na Zen 4 arhitekturi, ali neki procesori imaju i jezgre temeljene na arhitekturi Zen 4c [84].

Zen 4c je smanjena varijanta Zen 4 arhitekture. Zen 4 i Zen 4c arhitekture čine AMD-ovu implementaciju hibridne arhitekture. Zen 4c cilja na niže radne taktove od oko 3 GHz i Zen 4c jezgra ima 2MB L3 priručne memorije, dok Zen 4 cilja frekvencije iznad 5 GHz i jedna Zen 4 jezgra ima 4 MB L3 priručne memorije [85].

8. Rasprava

8.1. Razlike između Intel i AMD proizvoda

Nakon što smo vidjeli detalje o Intel i AMD chipsetima, bilo bi dobar trenutak da se sada detaljnije prođu sličnosti i razlike između dva proizvođača.

Prva velika razlika je tehnologijama na koje se Intel i AMD oslanjaju u dizajnu procesora. Intel se oslanja na hibridnu arhitekturu procesora, dok AMD koristi čiplet arhitekturu u svojim procesorima.

Hibridna arhitektura Intel procesora implementira dva tipa jezgre u procesor, P-jezgre i E-jezgre. P-jezgre su dizajnirane za visoke performanse dok E-jezgre su dizajnirane za visoku energetska učinkovitost. Procesor dodjeljuje jezgre programima ovisno o njihovoj zahtjevnosti, tako da će se visoko-intenzivni programi izvršavati na P-jezgrama, a nisko-intenzivni programi izvršavati na E-jezgrama. E-jezgre su manje od P-jezgri te ih je moguće gušće rasporediti unutar procesora. Hibridni dizajn omogućuje više performanse kod višedretvenih aplikacija i bolju energetska učinkovitost [86].

Čiplet arhitektura kombinira više čipleta (*eng. Chiplet*) u jedan sustav, a čiplet je maleni integrirani krug koji je optimiziran za neku zadaću. Čipovi temeljeni na čiplet arhitekturi su jeftiniji za proizvodnju iz dva razloga. Zbog manjih veličina čipleta, defekti u proizvodni imaju manji utjecaj na uspješnost proizvodnje, a uz to moguće je kombinirati više proizvodnih procesa za jeftiniju proizvodnju. Sami čipleti su modularne prirode te omogućuju laganu implementaciju raznih funkcionalnosti u čip [87].

Potrebno je naglasiti da oba proizvođača koriste obje tehnologije van domene stolnih računala. Intel je razvio procesore temeljene na chipletima [88], a AMD već ima procesore hibridne arhitekture [89].

Možemo primijetiti razlike između Intel i AMD chipseta. Intel PCH ima više mogućnosti povezivanja i bržu vezu s procesorom naspram FCH unutar AMD chipseta. S druge strane, I/O čiplet podržava više PCIe veza podršku naspram sustavnog agenta unutar Intel Core procesora. Mogli bi reći da se Intel chipset više oslanja na PCH nego što se AMD chipset oslanja na FCH.

8.2. Analiza trendova PC razvoja

Analizom povijesti IBM PC kompatibilnih računala možemo uočiti par trendova koji su imali značajan utjecaj na razvoj PC računala.

Najveći utjecaj je imala otvorenost standarda. Otvorenost IBM PC računala je bila glavni razlog zašto je IBM PC računalo postalo standard koji se u nekoj mjeri zadržao do današnjeg dana, a, primjerice, nedostatak otvorenosti PS/2 arhitekture računala je bio razlog zašto je PS/2 bio neuspješan [90].

Drugi motivator razvoja računala je kompatibilnost standarda. Kao primjer možemo uzeti Windows operativni sustav, koji u ranim inačicama nije bio kompatibilan s većinom DOS sustava te nije bio popularan, dok su Windows 3.0 i Windows 95 vidjeli velikog uspjeha [91] upravo zato što su osigurali kompatibilnost putem korištenja virtualnog 8086 režima rada.

Treći trend kojeg je važno iskazati je integracija komponenti, osobito kod novijih računala. Primjerice, kod originalnog IBM PC računala, gotovo sve sposobnosti su zahtijevale ekspanzijske kartice, uključujući i neke osnovne funkcionalnosti, poput kontrolera za diskete i video izlaz. Današnja PC računala veliki dio funkcionalnosti integriraju u matičnu ploču, a sami procesori i chipseti dobivaju sve više funkcionalnosti, poput memorijskih kontrolera i integrirane grafike [92].

9. Zaključak

Rad je imao tri cilja. Prvi cilj je bio da se iz povijesti računala izluče motivacijske sile iza razvoja računala. Drugi cilj je bio prikaz i pojašnjavanje arhitekture i zadaće chipseta u modernom stolnom računalu. Treći cilj je bio da iskoristimo identificirane trendove u razvoju računala i poznavanje arhitekture chipseta da možemo predvidjeti moguću putanju daljnjeg razvoja chipseta.

Ako pogledamo trenutačne tehnologije, vrlo je velika vjerojatnost da će buduća računala koristiti procesore temeljene na čipletima. Korištenje čipleta bi olakšalo stvaranje sustava na čipu (*eng. System on a Chip*, skraćeno SoC) za stolna računala. SoC, kako ime nalaže, spaja procesor, upravljač radne memorije, upravljače veza, ulazno-izlazne jedinice i ostale sustave potrebne za rad računala u jedan supstrat. Pomak na SoC možemo vidjeti i kao integracija southbridge čipa u procesor. SoC se već masovno koristi kod mobilnih i ugrađenih (*eng. Embedded*) uređaja [93]. Intel i AMD već su napravili x86 SoC procesore, a ti procesori su Meteor Lake laptop procesori i AMD EPYC četvrte generacije za server računala [94] [89].

SoC bi se držao svih trendova koji su bili identificirani. SoC ne bi mijenjao nikakve trenutačne standarde na koje se tržište naviklo. SoC bi mogao postići novu razinu kompatibilnosti s matičnim pločama, pošto bi razlike između raznih matičnih ploča bile samo implementirani priključci, utor za SoC i format matične ploče. Uz to, SoC bi povećao razinu integracije računala na vrlo visoku razinu.

Popis literature

- [1] Computer History Museum, »Mainframe Computers,« [Mrežno]. Available: <https://www.computerhistory.org/revolution/mainframe-computers/7/intro>. [Pokušaj pristupa 11. Rujan 2024.].
- [2] Computer History Museum, »Minicomputers,« [Mrežno]. Available: <https://www.computerhistory.org/revolution/minicomputers/11/intro>. [Pokušaj pristupa 11. 9. 2024.].
- [3] I. S. Josh Schneider, »What is a Microprocessor?,« IBM, 10. Lipanj 2024.. [Mrežno]. Available: <https://www.ibm.com/think/topics/microprocessor>. [Pokušaj pristupa 11. Rujan 2024.].
- [4] Intel, »The Story of the Intel® 4004,« [Mrežno]. Available: <https://www.intel.com/content/www/us/en/history/museum-story-of-intel-4004.html>. [Pokušaj pristupa 9. Rujan 2024.].
- [5] Computer History Museum, »Personal Computers,« [Mrežno]. Available: <https://www.computerhistory.org/revolution/personal-computers/17/intro>. [Pokušaj pristupa 11. Rujan 2024.].
- [6] M. Wall, »IBM PC pioneer William C Lowe dies, aged 72,« BBC, 29. Listopad 2013.. [Mrežno]. Available: <https://www.bbc.com/news/technology-24725678>. [Pokušaj pristupa 11. Rujan 2024.].
- [7] IBM, »IBM PC Technical Reference,« Personal Computer Hardware Reference Library, 1981..
- [8] J. Langdell, »Phoenix Says Its BIOS May Foil IBM's Lawsuits,« *PC Magazine*, p. 56, 10. Srpanj 1984..
- [9] IBM, IBM PC AT Technical Reference, Personal Computer Hardware Reference Library, 1984..
- [10] PC Mag, »Definition of AT bus,« [Mrežno]. Available: <https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/at-bus>. [Pokušaj pristupa 11. Rujan 2024.].
- [11] C. Petzold, »Obstacles To A Grown-Up Operating System,« *PC Magazine*, pp. 170-174, 10. Lipanj 1986..
- [12] Chips and Technologies Inc., »Short Form Catalog Fall 1989,« 1989..
- [13] Intel, »82230/82231 High Integration AT-Compatible Chip Set,« 1989..
- [14] B. Edwards, »The IBM PS/2: 25 Years of PC History,« PCWorld, 9. Srpanj 2012. [Mrežno]. Available: https://www.pcworld.com/article/465931/the_ibm_ps_2_25_years_of_pc_history.html. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [15] T. Thompson i D. Allen, »The Compaq Deskpro 386,« *BYTE*, pp. 84-89, Studeni 1986..
- [16] J. Borrell, »Opening Pandora's Box,« *Macworld*, pp. 21-22, Svibanj 1992..

- [17] PC Magazine, »The First 24 486s: Giant Step or Stepping Stone?,« *PC Magazine*, pp. 97-123, 11. Rujan 1990.
- [18] J. Richter, »Local-bus architecture: a little-understood, much cited graphics technology,« *InfoWorld*, p. 66, 18. Svibanj 1992.
- [19] D. Rowell i R. S. Anthony, »PCI Local Bus Has Arrived,« *PC Magazine*, pp. 187-201, 9. Studeni 1993..
- [20] Intel, »82420/82430 PCIset ISA and EISA bridges,« 1993..
- [21] M. Feibus, »P6 and Beyond,« *PC Magazine*, p. 164, 29. Lipanj 1993.
- [22] C. Metz, »MMX Extends The Desktop,« *PC Magazine*, pp. 100-107, 4. Veljača 1997..
- [23] C. Metz, »Pentium Part II,« *PC Magazine*, pp. 100-104, 10. June 1997..
- [24] C. Metz, »Pentium Hits 500,« *PC Magazine*, pp. 100-137, 23. Ožujak 1999.
- [25] »Intel AGP spec to speed up graphics,« *InfoWorld*, p. 29, 31. Ožujak 1997..
- [26] M. J. Miller, »Getting Ready for Windows 95,« *PC Magazine*, pp. 102-136, 16. Svibanj 1995.
- [27] B. Crothers, »Intel unveils multimedia spec,« *InfoWorld*, p. 31, 7. Kolovoz 1995..
- [28] C. Metz, »Glossary of management initiatives,« *PC Magazine*, p. 130, 30. Lipanj 1998..
- [29] Network World Staff, »Wintel avoids government ire,« *Network World*, pp. 14-15, 8. Lipanj 1998..
- [30] A. Buck, »Microprocessor History - AMD K5,« wccftech, 1. Svibanj 2019.. [Mrežno]. Available: <https://wccftech.com/microprocessor-history-amd-k5/>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [31] C. Venezia, »Athlon vs. PIII at 600 MHz,« *PC Magazine*, pp. 41-44, 21. Rujan 1999..
- [32] G. M. Ung i S. Tarr, »Faster and Cheaper RAM?,« *Maximum PC*, pp. 16-17, Prosinac 2000.
- [33] R. Fisco i K. Karagiannis, »AMD Brings 64-Bit Computing to the Desktop,« *PC Magazine*, pp. 32-34, 28. Listopad 2003..
- [34] R. L. Mitchell, »I/O Moves Into The Express Lane,« *ComputerWorld*, pp. 23-26, 21. Srpanj 2003..
- [35] S. J. Bigelow, »Hard Drive Update,« *PC Magazine*, p. 66, 27. Svibanj 2003..
- [36] G. M. Ung, »Dual Core Academy,« *Maximum PC*, pp. 42-50, Lipanj 2005..
- [37] B. Hardwidge, »Pentium 4 - the CPU Intel got SO wrong,« PCGamesN, 26. Travanj 2024.. [Mrežno]. Available: <https://www.pcgamesn.com/intel/pentium-4>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [38] S. L. Anand, »Intel's Core 2 Extreme & Core 2 Duo: The Empire Strikes Back,« AnandTech, 14. Srpanj 2006.. [Mrežno]. Available: <https://www.anandtech.com/show/2045/19>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [39] G. Goble, »White Paper: A Brave New BIOS,« *Maximum PC*, pp. 62-63, Studeni 2006..
- [40] A. L. Shimpi, »Intel's Core i7 870 & i5 750, Lynnfield: Harder, Better, Faster, Stronger,« AnandTech, 8. Rujan 2009.. [Mrežno]. Available: <https://www.anandtech.com/show/2832>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [41] Intel, »How to Choose a Gaming Motherboard,« Wikipedia, [Mrežno]. Available: <https://www.intel.com/content/www/us/en/gaming/resources/how-to-choose-a-motherboard.html>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].

- [42] A. L. Shimpi, »Intel's Sandy Bridge Architecture Exposed,« AnandTech, 14. Rujan 2010.. [Mrežno]. Available: <https://www.anandtech.com/show/3922/intels-sandy-bridge-architecture-exposed>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [43] I. Cutress, »The AnandTech Coffee Lake Review: Initial Numbers on the Core i7-8700K and Core i5-8400,« AnandTech, 5. Listopad 2017.. [Mrežno]. Available: <https://www.anandtech.com/show/11859/the-anandtech-coffee-lake-review-8700k-and-8400-initial-numbers>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [44] P. Alcorn, »Intel Announces 9th Generation Core CPUs, Eight-core Core i9-9900K,« Tom's Hardware, 8. Listopad 2018. [Mrežno]. Available: <https://www.tomshardware.com/news/intel-9th-generation-coffee-lake-refresh,37898.html>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [45] I. Cutress, »Intel's 10th Gen Comet Lake for Desktops: Skylake-S Hits 10 Cores and 5.3GHz,« AnandTech, 30. Travanj 2020.. [Mrežno]. Available: <https://www.anandtech.com/show/15758/intels-10th-gen-comet-lake-desktop>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [46] I. Cutress, »Intel Rocket Lake (14nm) Review: Core i9-11900K, Core i7-11700K, and Core i5-11600K,« AnandTech, 30. Ožujak 2021.. [Mrežno]. Available: <https://www.anandtech.com/show/16495/intel-rocket-lake-14nm-review-11900k-11700k-11600k>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [47] A. L. Shimpi, »AMD's Phenom Unveiled: A Somber Farewell to K8,« AnandTech, 19. Studeni 2007.. [Mrežno]. Available: <https://www.anandtech.com/show/2378/11>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [48] A. L. Shimpi, »The Bulldozer Review: AMD FX-8150 Tested,« AnandTech, 12. Listopad 2011. [Mrežno]. Available: <https://www.anandtech.com/show/4955/the-bulldozer-review-amd-fx8150-tested/>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [49] A. Shilov, »AMD Bulldozer 'Core' Lawsuit: AMD Settles for \$12.1m, Payouts for Some,« AnandTech, 28. Kolovoz 2019.. [Mrežno]. Available: <https://www.anandtech.com/show/14804/amd-settlement>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [50] I. Cutress, »The AMD Zen and Ryzen 7 Review: A Deep Dive on 1800X, 1700X and 1700,« AnandTech, 2. Veljača 2017.. [Mrežno]. Available: <https://www.anandtech.com/show/11170/the-amd-zen-and-ryzen-7-review-a-deep-dive-on-1800x-1700x-and-1700/>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [51] I. Cutress, »The AMD 2nd Gen Ryzen Deep Dive: The 2700X, 2700, 2600X and 2600 Tested,« AnandTech, 19. Travanj 2018. [Mrežno]. Available: <https://www.anandtech.com/show/12625/amd-second-generation-ryzen-7-2700x-2700-ryzen-5-2600x-2600>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [52] A. Eber, »AMD Ryzen 3000 - A Very Real Problem For Intel,« Hardware Canucks, 21. Lipanj 2019.. [Mrežno]. Available: <https://hardwarecanucks.com/cpu-motherboard/amd-ryzen-3000-a-very-real-problem-for-intel/>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [53] A. Kirkcaldy, »Motherboard Sizes Explained - Everything you need to know about mobo sizes,« PC guide, 6. Rujan 2024.. [Mrežno]. Available: <https://www.pcguide.com/motherboard/faq/sizes-form-factor-explained/>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [54] Crucial, »What's the difference between SDRAM, DDR, DDR2, DDR3, DDR4 and DDR5?,« Crucial, 9. Rujan 2024.. [Mrežno]. Available:

- <https://www.crucial.com/articles/about-memory/difference-among-ddr2-ddr3-ddr4-and-ddr5-memory>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [55] Z. Liu, »DDR5 vs DDR4: Is It Time To Upgrade Your RAM?,« Tom's Hardware, 4. Svibanj 2023.. [Mrežno]. Available: <https://www.tomshardware.com/features/ddr5-vs-ddr4-is-it-time-to-upgrade-your-ram>. [Pokušaj pristupa 13. Rujan 2024.].
- [56] Intel, »Socket LGA 1700 with Comparison to Socket LGA 1200,« Intel, 1. Kolovoz 2024.. [Mrežno]. Available: <https://www.intel.com/content/www/us/en/support/articles/000088168/processors/intel-core-processors.html>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [57] AMD, »Processor Specifications,« AMD, [Mrežno]. Available: <https://www.amd.com/en/products/specifications/processors.html>. [Pokušaj pristupa 11. Rujan 2024.].
- [58] A. Glawion, »Guide to PCIe Lanes: How many do you need for your workload?,« CGDirector, 10. Prosinac 2022.. [Mrežno]. Available: <https://www.cgdirector.com/guide-to-pcie-lanes/>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [59] T. Brant, »SSD vd. HDD: What's the Difference?,« PC Mag, 26. Srpanj 2024.. [Mrežno]. Available: <https://www.pcmag.com/comparisons/ssd-vs-hdd-whats-the-difference>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [60] MSI, »MAG B760 TOMAHAWK WIFI,« MSI, [Mrežno]. Available: <https://www.msi.com/Motherboard/MAG-B760-TOMAHAWK-WIFI>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [61] N. D. Giovanni, »HDMI vs DisplayPort Which one should you use?,« RTINGS.com, 4. Srpanj 2024.. [Mrežno]. Available: <https://www.rtings.com/monitor/learn/hdmi-vs-displayport>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [62] A. Glawion, »Motherboard Audio Ports/Jacks Explained By Color,« CGDirector, 3. Rujan 2022.. [Mrežno]. Available: <https://www.cgdirector.com/motherboard-audio-ports-explained/>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [63] S. Harding, »Breaking down how USB4 goes where no USB standard has gone before,« Ars Technica, 2, Rujan 2022.. [Mrežno]. Available: <https://arstechnica.com/gadgets/2022/09/breaking-down-how-usb4-goes-where-no-usb-standard-has-gone-before/>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [64] D. Schultz, »What is an Ethernet Port? The Complete Guide to Ethernet Ports,« trueCABLE, 13. Lipanj 2024.. [Mrežno]. Available: https://www.truecable.com/blogs/cable-academy/what-is-an-ethernet-port-the-complete-guide-to-ethernet-ports#page_comments=1. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [65] Wikipedia, »Chipset,« Wikipedia, [Mrežno]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Chipset>. [Pokušaj pristupa 16. Rujan 2024.].
- [66] I. Cutress, »Intel 12th Gen Core Alder Lake for Desktops: Top SKUs Only, Coming November 4th,« AnandTech, 27. Listopad 2021.. [Mrežno]. Available: <https://www.anandtech.com/show/16959/intel-innovation-alder-lake-november-4th>. [Pokušaj pristupa 13. Rujan 2024.].
- [67] Intel, »Product Brief 12th Gen Intel Core Desktop Processors,« 2021..
- [68] Intel, »Intel Core i9-12900KS Processor,« Intel, [Mrežno]. Available: <https://ark.intel.com/content/www/us/en/ark/products/225916/intel-core-i9-12900ks-processor-30m-cache-up-to-5-50-ghz.html>. [Pokušaj pristupa 13. Rujan 2024.].
- [69] Intel, »12th Generation Intel Core Processors Datasheet, volume 1 of 2,« 2023..

- [70] Intel, »Intel 600 Series Chipset Family Platform Controller Hub Datasheet, volume 1 of 2,« 2022..
- [71] Intel, »Product Brief The Intel Z690 Chipset with Unlocked 13th Gen Intel Core Desktop Processors,« Intel, 2021.
- [72] G. Bonshor, »Intel Core i9-13900K and i5-13600K Review: Raptor Lake Brings More Bite,« AnandTech, 20. Listopad 2024.. [Mrežno]. Available: <https://www.anandtech.com/show/17601/intel-core-i9-13900k-and-i5-13600k-review>. [Pokušaj pristupa 13. Rujan 2024.].
- [73] N. Evanson, »Intel's new 14th Gen Chips are almost a carbon copy of its 13th Gen, fortunately including the price,« PC Gamer, 16. Listopad 2023.. [Mrežno]. Available: <https://www.pcgamer.com/intels-new-14th-gen-chips-are-almost-a-carbon-copy-of-its-13th-gen-fortunately-including-the-price/>. [Pokušaj pristupa 13. Rujan 2024.].
- [74] Intel, »Intel Core i9 processor 14900KS,« Intel, [Mrežno]. Available: <https://ark.intel.com/content/www/us/en/ark/products/237504/intel-core-i9-processor-14900ks-36m-cache-up-to-6-20-ghz.html>. [Pokušaj pristupa 13. Rujan 2024.].
- [75] Intel, »13th Generation intel Core and Intel Core 14th Generation Processors Datasheet Volume 1 of 2,« 2024..
- [76] Intel, »Intel 700 Series Chipset Family Platform Controller Hub Datasheet, Volume 1 of 2,« 2024..
- [77] Intel, »Intel 700 Series Chipset Brief,« 2022..
- [78] R. Smith i G. Bonshor, »AMD Zen 4 Ryzen 9 9750X and Ryzen 5 7600X Review: Retaking the High-end,« AnandTech, 26. Rujan 2022.. [Mrežno]. Available: <https://www.anandtech.com/show/17585/amd-zen-4-ryzen-9-7950x-and-ryzen-5-7600x-review-retaking-the-high-end/4>. [Pokušaj pristupa 14. Rujan 2024.].
- [79] AMD, »Meet The New AMD Socket AM5 Platform,« AMD, 202. [Mrežno]. Available: <https://www.amd.com/en/partner/articles/socket-am5-change-game.html>. [Pokušaj pristupa 14. Rujan 2024.].
- [80] AMD, »AMD 3D V-cache Technology,« AMD, [Mrežno]. Available: <https://www.amd.com/en/products/processors/technologies/3d-v-cache.html>. [Pokušaj pristupa 14. Rujan 2024.].
- [81] AMD, »AMD Ryzen 9 7950X3D Gaming Processor,« [Mrežno]. Available: <https://www.amd.com/en/products/processors/desktops/ryzen/7000-series/amd-ryzen-9-7950x3d.html>. [Pokušaj pristupa 15. Rujan 2024.].
- [82] G. William, »AMD X670E vs X670 vs B650E vs B650,« Puget Systems, 26. Rujan 2022.. [Mrežno]. Available: <https://www.pugetsystems.com/labs/articles/amd-x670e-vs-x670-vs-b650e-vs-b650-2361/>. [Pokušaj pristupa 14. Rujan 2024.].
- [83] AMD, »AMD Socket AM5 Chipsets,« AMD, [Mrežno]. Available: <https://www.amd.com/en/products/processors/chipsets/am5.html>. [Pokušaj pristupa 14. Rujan 2024.].
- [84] A. Cunningham, »Ryzen 8000G review: An integrated GPU that can beat a graphics card, for a price,« Ars Technica, 29. Siječanj 2024.. [Mrežno]. Available: <https://arstechnica.com/gadgets/2024/01/ryzen-8000g-review-an-integrated-gpu-that-can-beat-a-graphics-card-for-a-price/>. [Pokušaj pristupa 15. Rujan 2024.].
- [85] J. Laird, »AMD's mini Zen 4c cores explained: They're nothing like Intel's Efficient cores,« PC Gamer, 26. Srpanj 2023.. [Mrežno]. Available: <https://www.pcgamer.com/amds-mini-zen-4c-cores-explained-theyre-nothing-like-intels-efficient-cores/>. [Pokušaj pristupa 15. Rujan 2024.].

- [86] N. Rukmabhatla, R. Chabukswar, S. Gohad i M. Chynoweth, »Intel® performance hybrid architecture & software optimizations Part One: Introduction to performance hybrid architecture for 12th Generation Intel Core processors,« Intel, 2021.
- [87] R. P. Filho, »What is a Chiplet, and Why should You Care?,« Keysight, 8. Veljača 2024.. [Mrežno]. Available: <https://www.keysight.com/blogs/en/tech/sim-des/2024/2/8/what-is-a-chiplet-and-why-should-you-care>. [Pokušaj pristupa 16. Rujan 2024.].
- [88] Intel, »2023 Intel Tech Tour: Meteor Lake Architecture Overview,« 22. Rujan 2022.. [Mrežno]. Available: <https://www.intel.com/content/www/us/en/content-details/788851/2023-intel-tech-tour-meteor-lake-architecture-overview.html>. [Pokušaj pristupa 16. Rujan 2024.].
- [89] AMD, »4th Generation AMD EPYC™ Processors,« AMD, Rujan 2024.. [Mrežno]. Available: <https://www.amd.com/system/files/documents/4th-gen-epyc-processor-architecture-white-paper.pdf>. [Pokušaj pristupa 16. Rujan 2024.].
- [90] A. Orłowski, »It's 30 years ago: IBM's final battle with reality,« The Register, 4. Travanj 2017.. [Mrežno]. Available: https://www.theregister.com/2017/04/04/30_years_ago_ibms_final_battle_with_reality/. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [91] H. McCracken, »A Brief History of Windows Sales Figures, 1985-Present,« Time Magazine, 7. Svibanj 2013.. [Mrežno]. Available: <https://techland.time.com/2013/05/07/a-brief-history-of-windows-sales-figures-1985-present/>. [Pokušaj pristupa 12. Rujan 2024.].
- [92] Wikipedia, »Graphics processing unit,« Wikipedia, [Mrežno]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Graphics_processing_unit#INTEGRATED. [Pokušaj pristupa 15. Rujan 2024.].
- [93] Wikipedia, »System on a chip,« Wikipedia, [Mrežno]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/System_on_a_chip. [Pokušaj pristupa 15. Rujan 2024.].
- [94] J. Roach i M. J. White, »Intel 14th-gen Meteor Lake: everything you need to know,« 29. Kolovoz 2024.. [Mrežno]. Available: <https://www.digitaltrends.com/computing/intel-meteor-lake-everything-you-need-to-know/>. [Pokušaj pristupa 16. Rujan 2024.].

Popis slika

| | |
|---|----|
| Slika 1: Vanjski priključci moderne matične ploče | 13 |
| Slika 2: Dijagram modernog chipseta | 15 |
| Slika 3: Dijagram sabirnica Intel chipseta 600 generacije | 18 |
| Slika 4: Dijagram sabirnica Intel chipseta 700 serije | 20 |
| Slika 5: Dijagram sabirnica AMD chipseta 600 generacije | 23 |

Popis tablica

| | |
|---|----|
| Tablica 1: Tablica glavnih značajki chipseta 600 serije..... | 17 |
| Tablica 2: Tablica glavnih značajki Intel chipseta 700 serije | 19 |
| Tablica 3: Tablica glavnih značajki chipseta AMD 600 serije | 22 |