

# Kriteriji odabira grafičkog podsustava računala

---

**Hrebak-Pajk, Andrej**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*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:211:230109>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-12**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE  
V A R A Ź D I N**

**Andrej Hrebak Pajk**

**KRITERIJI ODABIRA GRAFIČKOG  
PODSUSTAVA RAČUNALA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Varaždin, 2021.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE**  
**V A R A Ž D I N**

**Andrej Hrebak Pajk**

**Matični broj: 46293/17-R**

**Studij: Primjena informacijske tehnologije u poslovanju**

**KRITERIJI ODABIRA GRAFIČKOG PODSUSTAVA RAČUNALA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Mentor:**

Izv. prof. dr. sc. Igor Balaban

**Varaždin, srpanj 2021.**

*Andrej Hrebak Pajk*

### **Izjava o izvornosti**

Izjavljujem da je moj završni 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**

U ovom radu definirati ću vrste implementacije grafičkog podsustava u računalo i od čega se sastoje: grafički procesor, video memorija, različite vrste izlaznih sučelja (HDMI, DisplayPort,...) i sučelja matične ploče (AGP, PCIe,...). Navesti ću razlike između diskretnog i integriranog grafičkog podsustava, te koje su prednosti i nedostaci korištenja APU-a i grafičke kartice. Usporediti ću arhitekturu i performanse modernog CPU i APU-a. U praktičnom djelu rada, ovisno o cijeni i svrsi korištenja, predložiti ću računalnu konfiguraciju pridajući posebnu pažnju odabiru grafičkog podsustava i monitora. Uz svaki odabir priložit ću testove provedene u nekom od Benchmark alata.

**Ključne riječi:** grafički podsustav, grafička kartica, APU, GPU, Benchmark

# Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Metode i tehnike rada.....	2
3 Vrste implementacije .....	3
4. CPU vs. APU vs. GPU.....	4
4.1. Što je CPU?.....	4
4.2. Što je APU? .....	5
4.3. Sto je GPU .....	6
5. Anatomija .....	7
5.1. GPU .....	8
5.2. VRAM.....	9
5.3. RAMDAC.....	10
5.4. Video BIOS.....	11
5.5. Priklučci za izlazne uređaje.....	11
5.6. Priključak na matičnu ploču računala.....	13
6. Praktični dio.....	15
6.1. Nezahtjevni zadaci .....	15
6.2. Prijenos uživo (Livestream).....	27
6.3. Video igre .....	33
6.4. Odabir monitora.....	46
Zaključak.....	50
Popis literature .....	51
Web izvori .....	51
Popis slika.....	53

# 1. Uvod

Današnji sve brži razvoj IT tehnologija donosi nova bolja i kvalitetnija rješenja raznih tehničkih problema. Računala, tableti, smartphone-i postaju sve brži, manji i pristupačniji, te za istu količinu novaca dobije se više nego prije.

Računalna grafika, osobito u video igrama doživjela je veliki napredak u odnosu na unazad 10-tak godina. Nove aktivnosti poput rudarenje kriptovaluta ili današnja pandemija koja je zbog smanjenog socijalnog druženja popularizirala igranje video-igara, stvorile su potražnju za grafičkim karticama.

Ovu temu sam odabrao jer i sam igram video-igre i interesiraju me nova tehnološka rješenja. U ovom radu nastojati ću prikazati način rada grafičkog podsustava i njegove načine implementacije u računalo, te navesti razlike između integriranih i zasebnih grafičkih sustava, te pobliže objasniti što je to APU.

Analizirati ću postojeće trendove i objasniti neke kriterije prilikom odabira grafičkog podsustava, te predložiti odabir najboljeg rješenja za određene poslovne zadatke u različitim cijenovnim rangovima i priložiti benchmark-ove.

## **2. Metode i tehnike rada**

Za izradu ovoga rada koristio sam internetske stranice poput službenih stranica proizvođača hardware-a, YouTube za recenzije i usporedbu hardware-a i alate za provođenje testova poput Cinebench-a i 3DMark-a.



## 3 Vrste implementacije

Postoje dvije temeljne vrste grafičkih podsustava:

Diskretni ili zasebni – dolaze u obliku tiskane ploče koja se umetne u odgovarajući utor matične ploče (x16 PCIe kod današnjih grafičkih kartica). Ranije su svi grafički podsustavi bili diskretni, a današnji snažniji grafički podsustavi također dolaze u ovom obliku. Kod ovakvih realizacija, video RAM memorija se nalazi na samoj kartici.[1]

Diskretna grafika je GPU koji je odvojen od procesora. Diskretna grafika ima vlastitu memoriju koja se ne dijeli s CPU-om. Budući da je diskretna grafika odvojena od procesorskog čipa, troši više energije i generira značajnu količinu topline. Međutim, budući da diskretna grafika ima vlastitu memoriju i izvor napajanja, ona pruža veće performanse od integrirane grafike. Diskretne grafičke kartice najčešće se nalaze u stolnim računalima. Prijenosna računala i računala malog oblika također mogu sadržavati diskretne grafičke kartice.[2]

Integrirani – ne dolazi zasebno, nego je integriran u neku drugu komponentu računala. Ovisno o komponenti u koju je podsustav integriran razlikujemo:

- integraciju u chipset matične ploče – dijelovi grafičkog podsustava su integrirani u chipset matične ploče. Ovaj način integriranja se koristio ranije, sve dok se nije pojavila i grafika integrirana u centralni procesor.
- integraciju u centralni procesor – kad CPU ima integrirani grafički podsustav, kaže se da procesor ima APU (eng. Accelerated Processing Unit) sposobnosti. Integriranje grafike u procesor je danas u potpunosti zamijenilo integriranje u chipset.

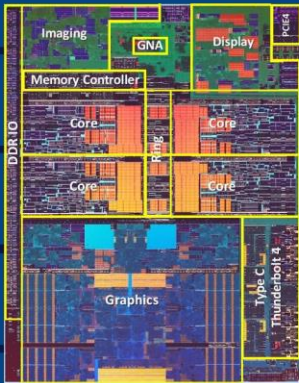
Bez obzira na vrstu integracije, takav grafički podsustav nikad ne dolazi sa posebnom RAM memorijom (kao diskretna grafika). Umjesto toga integrirana rješenja uzimaju dio systemske RAM memorije, u pravilu su jeftina, ali su performanse lošije u odnosu na neke diskretne kartice. Međutim, integrirana rješenja, naročito ona novija koja se integriraju u procesor se stalno unapređuju, i tako su već performansama dosegle jeftinije varijante diskretnih kartica. Budući da integrirana rješenja troše i mnogo manje električne energije, ona su idealne za prijenosna računala, ali i za stolna kod kojih grafičke performanse nisu od presudnog značaja. Međutim, ako se pri kupovini stolnog računala donese odluka da će se koristiti integrirano rešenje, ipak bi trebalo izabrati matičnu ploču koja ima i barem jedan x16 PCIe slot, što će omogućiti kasniju nadogradnju grafičkog podsustava diskretnom karticom.[1]

## 4. CPU vs. APU vs. GPU

### 4.1. Što je CPU?


Središnja procesorska jedinica ili CPU glavni je mozak računala. U ranim računalima CPU je bio raširen na više čipova. Međutim, kako bi se poboljšala učinkovitost i smanjili proizvodni troškovi, CPU se danas nalazi na jednom čipu. Ti se manji procesori također nazivaju mikroprocesorima. Smanjivanje veličine CPU-a također nam je omogućilo dizajn i proizvodnju manjih, kompaktnijih uređaja. Stolna računala mogu se naći kao „sve-u-jednom“ uređaji, prijenosnici postaju sve tanji i sposobniji, a neki su pametni telefoni sada moćniji od svojih prijašnjih verzija. CPU izvodi osnovne računalne procese za računalo. Upute pohranjene u RAM-u uređaja šalju se CPU na izvršenje. To je trodijelni sustav koji se sastoji od faza: dohvaćanje, dekodiranje i izvršenje. To u širem smislu znači primanje ulaznih podataka, razumijevanje onoga što oni jesu i stvaranje željenog rezultata. Koristeći ovo, CPU pomaže u svemu, od učitavanja operativnog sustava, otvaranja programa, pa čak i izvršavanja proračunskih tablica. Operacije koje zahtijevaju puno resursa poput video igara najviše opterećuju CPU. Središnja procesorska jedinica je dostupna u mnogim varijantama, od energetski učinkovitih jedno-jezgrenih čipova do osmero-jezgrenih vrhunskih performansi. Intel koristi svoju Hyper-Threading tehnologiju kako bi se četverojezgreni CPU ponašao kao da je osmojezgreni. To pomaže da se iz procesora istisne najviše snage i učinkovitosti.[3]

## Introducing 11th Gen Intel® Core™ Processor



- New Willow Cove Cores**  
Up to 4 Cores / 8 Threads  
Up to 4.8GHz
- New Converged Chassis Fabric**  
High Bandwidth / Low Latency  
IP and Core Scalable
- New Memory Controller**  
LP4/x-4266 4x32b up to 32GB  
DDR4-3200 2x64b up to 64GB
- 1<sup>st</sup> Integrated Thunderbolt™ 4**  
Full 4x DP/USB/PCIe mux on-die  
Up to 40Gbps bi-directional per port
- 1<sup>st</sup> Integrated PCIe Gen 4 (CPU)**  
Low Latency, High Bandwidth  
SSD or Discrete Graphics Direct CPU Attach
- New Iris® Xe Graphics**  
Up to 96EU – Up to 2x Higher Performance  
Intel® Deep Learning Boost: DP4A for AI
- New 2x MEDIA Encoders**  
Up to 4K60 10b 4:4:4  
Up to 8K30 10b 4:2:0
- New 4 x Display Pipes**  
Up to 1 x 8K60 or 4 x 4K60  
DP1.4 HBR3, BT.2020
- New Image Processing Unit (IPU6)**  
Video up to 4K90 resolutions (initially 4K30)  
Still image up to 42 megapixels (initially 27MP)
- New GNA 2.0**  
**Enhanced Power Management**  
Autonomous DVFS

For more complete information about performance and benchmark results, visit [www.intel.com/11thgen](http://www.intel.com/11thgen) (configuration details in section 3).



Slika 1: Intel Tiger Lake procesori (Izvor: <https://www.anandtech.com/show/16063/intel-launches-11th-gen-core-tiger-lake-processors-and-evo-branding>, 2020)

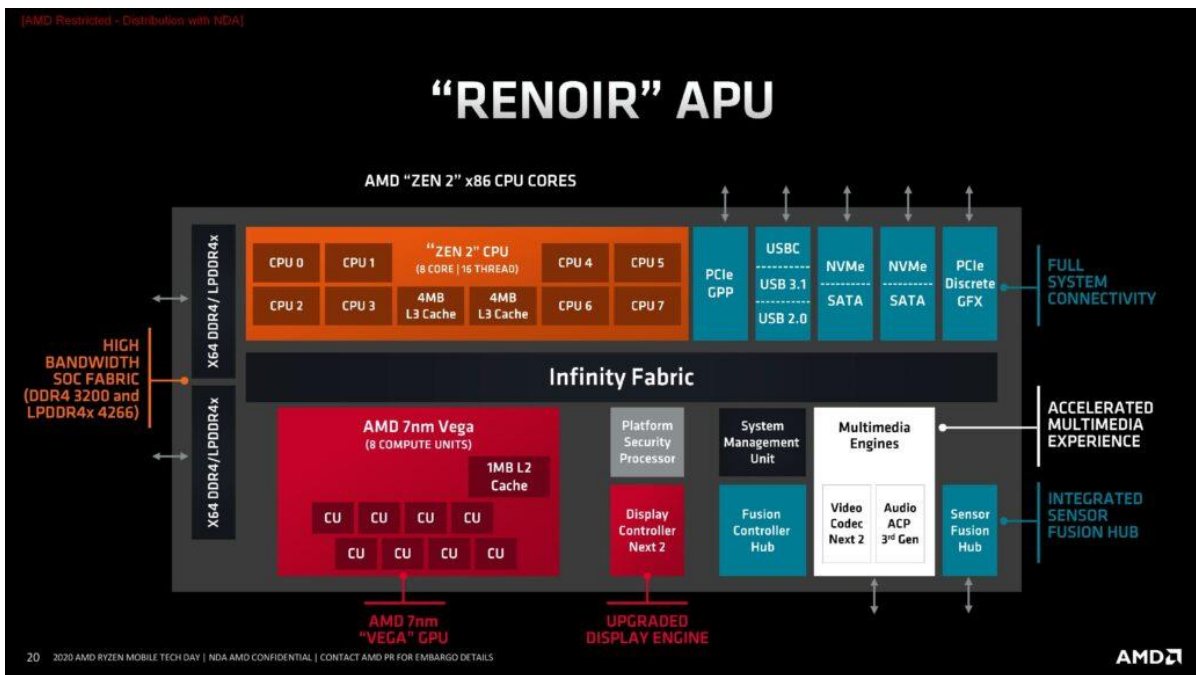
## 4.2. Što je APU?

Ubrzana procesorska jedinica ili APU je izraz koji je osmislio AMD i 2011. objavio prvu generaciju APU-a. Pojednostavljeno, APU se sastoji od CPU i GPU jezgri na jednoj matrici (eng. die). Iako postoji tehnička razlika između APU-a i integriranog GPU-a, njihova je primjena prilično identična: oni služe kao grafička rješenja početne razine za povoljna računala i prijenosna računala. Osim toga, i PlayStation 4 i Xbox One, uključujući poboljšane Pro i X inačice, koriste AMD-ove Jaguar APU-ove.

Trenutno AMD ima nekoliko serija APU-a kompatibilnih s trenutnom AM4 socket-om:

- **A-Series** APU-ovi, koji su najslabiji iz skupine i najčešće se koriste na povoljnim računalima i prijenosnim računalima.
- Nova **Athlon** serija APU-ova, noviji i općenito moćniji od A-serije, dolaze s Vega grafičkim jezgrama.
- **Ryzen** APU-ovi koji su do sada najsnažniji APU-ovi.

U konačnici, APU-ovi su prilično učinkoviti i imaju malu potrošnju energije. Predprošla generacija Ryzen 3 2200G i Ryzen 5 2400G mogu se nadmetati s nekim grafičkim karticama nižeg ranga i bolji su od Intelova integriranog grafičkog rješenja u testovima, što ih čini vrlo privlačnim za igrače s ograničenim budžetom. Ipak, oni su samo privremena rješenja i ne mogu pratiti korak s jeftinim diskretnim grafičkim podsustavom kao što je GTX 1050 ili RX 560.[4]



Slika 2: AMD Ryzen 4000 APU (Izvor: <https://wccfttech.com/amd-ryzen-4000-renoir-desktop-apus-official-launch/>, 2020)

### 4.3. Sto je GPU

#### Razlika CPU i GPU

Glavna razlika između CPU i GPU arhitekture je u tome što je CPU dizajniran za brzo rukovanje širokim rasponom zadataka (mjereno brzinom takta CPU-a), ali je ograničen u paralelnosti zadataka koji se mogu izvoditi. GPU je dizajniran za istovremeno prikazivanje slika i video zapisa visoke rezolucije. Budući da GPU-ovi mogu izvoditi paralelne operacije na više skupova podataka, oni se također često koriste za druge zadatke poput strojnog učenja i znanstvenog računanja. Dizajnirani s tisućama procesorskih jezgri koje se istodobno izvode, GPU-ovi omogućuju masovni paralelizam gdje je svaka jezgra usmjerena na obavljanje učinkovitih izračuna.[5]

#### CPU vs. GPU processing

Iako GPU mogu obraditi podatke brže od CPU-a zbog masivnog paralelizma, GPU-ovi nisu toliko svestrani kao CPU-ovi. CPU imaju velike i široke skupove instrukcija, upravljajući svim ulazima i izlazima računala, što GPU ne može učiniti. U poslužiteljskom okruženju može postojati 24 do 48 vrlo brzih CPU jezgri. Dodavanje 4 do 8 GPU-a na isti taj poslužitelj može pružiti čak 40 000 dodatnih jezgri. Iako su pojedinačne procesorske jezgre brže (mjereno taktom CPU-a) i pametnije od pojedinačnih GPU-ovih jezgri (mjereno raspoloživim skupovima uputa), sam broj GPU-ovih jezgri i ogromna količina paralelizma koje nude više nego čine sigle-core brzine takta i ograničeni skupovi uputa.

GPU-ovi su najprikladniji za ponavljajuće i visoko paralelne računalne zadatke. Osim video renderiranja, GPU-ovi se ističu u strojnom učenju, financijskim simulacijama i modeliranju rizika te mnogim drugim vrstama znanstvenih proračuna. Iako su se u prošlim godinama GPU-ovi koristili za rudarstvo krypto valuta kao što su Bitcoin ili Ethereum, GPU-ovi se uglavnom više ne koriste široko, ustupajući mjesto specijaliziranom hardveru kao što su mrežni nizovi koji se mogu programirati na terenu (FPGA), a zatim integriranim krugovima specifičnim za primjenu (ASIC).[5]

Prednosti APU-a.

**Bolja izvedba.** Spajanje CPU-a i GPU-a u istom čipu značajno je poboljšalo brzinu prijenosa podataka jer sada koriste istu sabirnicu i dijele iste resurse. APU-ovi također podržavaju OpenCL (Open Computer Language), standardno sučelje za paralelno računanje, koje koristi računalnu snagu koju pružaju GPU-ovi. Sa više jezgri, CPU i GPU zadaci koji zahtijevaju veliku procesorsku snagu CPU-a i brzu obradu slike GPU-a mogu iskoristiti performanse koje APU može ponuditi.

**Učinkovito** Kombinacija dva čipa u jedan ne samo da štedi prostor već štedi i snagu. Osim poboljšanja performansi APU-a, AMD također kontinuirano radi na smanjenju potrošnje energije čipa, unatoč tome što već ima malu snagu. Nedavna izdanja odlikuju se niskom toplinskom dizajnerskom snagom (TDP). Na primjer, Ryzen Embedded 1102G ima najniži TDP od samo 6 W.

**Isplativo.** Cijena je vjerojatno najveća prednost AMD-ovog APU-a u odnosu na kombinaciju CPU-a i GPU-a. S cijenom od 100\$ do 400\$, ovisno o značajkama, kupnja APU-a obično košta jeftinije od kupnje CPU-a i GPU-a odvojeno. Iako su vrhunske jedinice prilično skupe, ipak su znatno jeftinije od cijene CPU-a i GPU-a u kombinaciji s istom razinom performansi. To vrijedi i za buduće nadogradnje. Budući da je AMD sada slab kad je u pitanju nadogradivost i kompatibilnost APU-a, korisnici mogu uštedjeti puno pomoću samo nadogradnje jednim čipom u usporedbi s nadogradnjom oba procesora.[6]

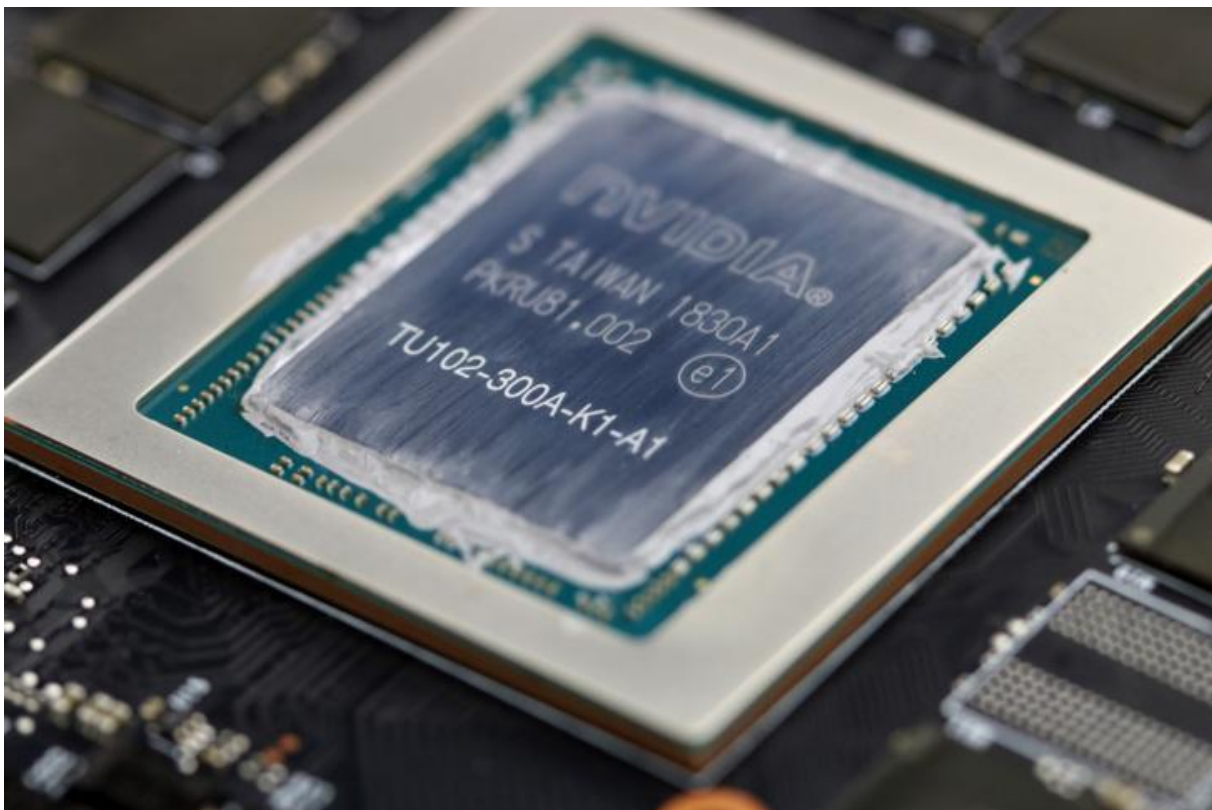
## 5. Anatomija

Moderni diskretni grafički podsustav sastoji se od matične ploče na kojoj su sljedeći dijelovi: GPU (grafički procesor), video BIOS, VRAM (video memorija), RAMDAC (digitalno-analogni konverter), hladnjak, priključci za izlazne uređaje i priključak na matičnu ploču računala.

## 5.1. GPU

Grafička procesorska jedinica (GPU), koja se još naziva i jedinica za vizualnu obradu (VPU), specijalizirani je elektronički sklop dizajniran za brzu manipulaciju i promjenu memorije kako bi se ubrzala izgradnja slika u međuspremniku namijenjenom za izlaz na zaslon. Moderni GPU-ovi vrlo su učinkoviti u manipuliranju računalnom grafikom i obradom slika. Njihova paralelna struktura čini ih učinkovitijima, od centralnih procesnih jedinica opće namjene (CPU), za algoritme koji paralelno obrađuju velike blokove podataka. U osobnom računalu GPU može biti prisutan na video kartici ili ugrađen na matičnu ploču. U određenim slučajevima GPU je zajedno sa CPU ugrađen na isti kalup (eng. die) i naziva se APU.[7]

Pri kupovini grafičke kartice, prvo što bi trebalo provjeriti je tip GPU-a, kao i njegove osobine, jer GPU većinom određuje i ukupne performanse grafičke kartice. Kao svaki procesor i GPU ima svoju brzinu koja se mjeri u MHz. Međutim, slično kao i kod CPU-a, realna brzina zavisi i od optimizacije izvršenja zadataka, kao i od skupa instrukcija i drugih osobina. Prema tome, novija kartica sa boljom optimizacijom i većim skupom podržanih instrukcija može biti brža u odnosu na stariju karticu, koja možda radi na većoj frekvenciji.[8]



Slika 3: Turing GPU (Izvor:

[https://www.guru3d.com/articles\\_pages/geforce\\_rtx\\_2080\\_ti\\_founders\\_review,2.html](https://www.guru3d.com/articles_pages/geforce_rtx_2080_ti_founders_review,2.html), 2018)

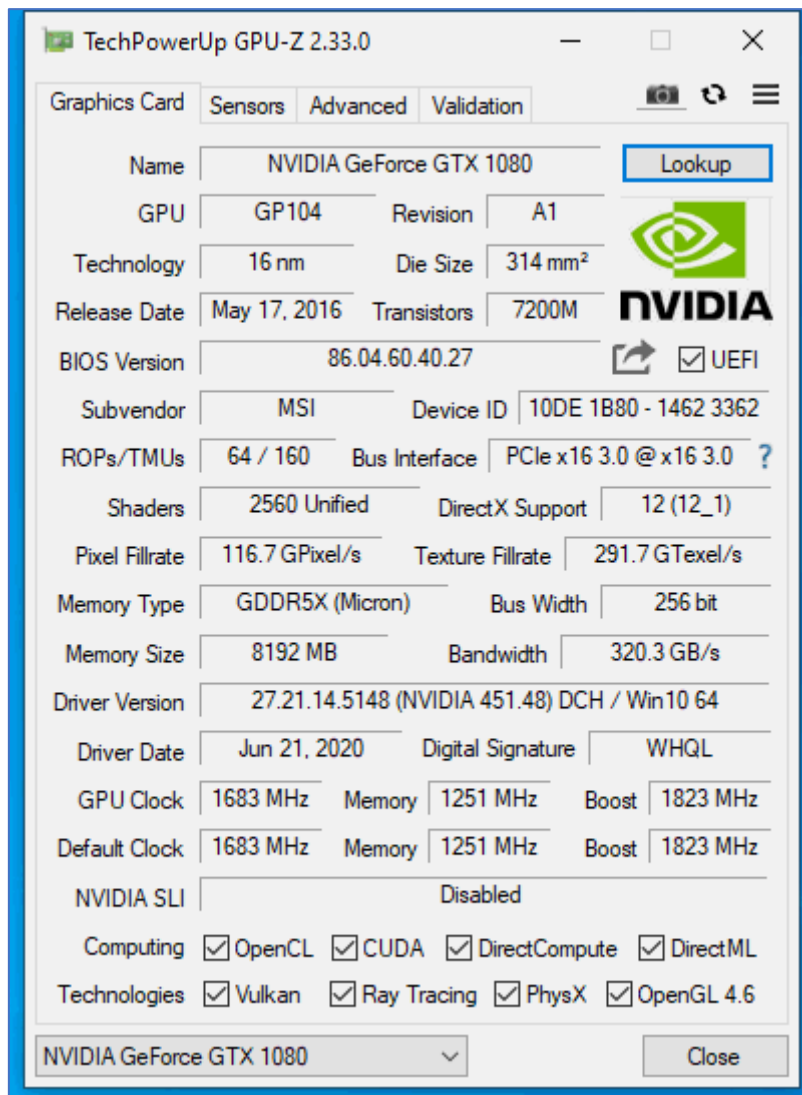
## 5.2. VRAM

Video memorija je memorija koja se nalazi na grafičkoj kartici, u nekim slučajevima na matičnoj ploči i koja je dostupna grafičkom i centralnom procesoru. Uz više video memorije, video kartica i računalo, sposobni su za brži rad s složenijom grafikom. Na starijim grafičkim karticama memorija je bila 8 MB, a na današnjim modernim postiže i do nekoliko gigabajta.[9]

Ona se koristi za spremanje slikovnih podataka koje prikazuje računalo; djeluje kao međuspremnik između CPU-a i video kartice. Kad se na ekranu želi prikazati slika, procesor prvo čita sliku, a zatim ju piše u VRAM. Podatke zatim pretvara RAMDAC (digitalno-analogni konverter) u analogne signale koji se šalju na zaslon. Naravno, cijeli se proces odvija tako brzo, da ga osoba niti ne primjećuje. Za razliku od većine sistemskog RAM-a, VRAM čipovi su dvostruki (eng. dual-ported), što znači da dok zaslon čita s VRAM-a kako bi osvježio trenutno prikazanu sliku, procesor upisuje novu sliku u VRAM. Ovo sprječava da zaslon treperi između ponovnog crtanja slika.

Postoji mnogo različitih vrsta VRAM-a. Jedna od popularnih vrsta naziva se sinkroni grafički RAM (SGRAM). To je jeftina vrsta RAM-a koja se sinkronizira sa satom. To znači da se podaci mogu mijenjati u jednoj operaciji, a ne kao redosljed operacija: čitanje, pisanje i ažuriranje. Ovo omogućava učinkovitiju obradu pozadine i prednjeg plana slike. Druga vrsta VRAM-a je Rambus Dynamic RAM (RDRAM). Dizajniran je od strane Rambusa i uključuje vlasnički Rambusov bus koji ubrzava prijenos podataka kroz VRAM. Treća vrsta VRAM-a je Window RAM (WRAM). Ovaj VRAM s visokim performansama je dvostruki, ima oko 25% veću propusnost od standardnog VRAM-a i obično košta manje. Konačno, tu je i Multibank Dynamic RAM (MDRAM). Ovo je također VRAM visokih performansi, razvijen od strane tvrtke MoSys, koja memoriju dijeli na odjeljke od 32 KB kojima se može pristupiti pojedinačno. To čini prijenos kroz memoriju učinkovitijim i povećava ukupne performanse. Još jedna prednost MDRAM-a je ta što se on može proizvesti s određenom količinom memorije za datu rezoluciju, pa je jeftiniji za proizvodnju od većine ostalih vrsta VRAM-a. Danas grafičke kartice koriste SGRAM.[10]





Slika 4: Performanse moje graficke kartice

### 5.3. RAMDAC

RAMDAC (digitalno-analogni pretvarač memorije s slučajnim pristupom) je mikročip koji pretvara digitalne slikovne podatke u analogne podatke potrebne za prikaz na zaslonu računala. Mikročip RAMDAC ugrađen je u video adapter u računalo. Kombinira mali statički RAM (SRAM) koji sadrži tablicu boja s tri digitalno-analogna pretvarača koji mijenjaju podatke digitalnih slika u analogne signale koji se šalju generatorima boja na zaslonu, po jedan za svaku osnovnu boju - crvenu, zelenu i plavu. Ovisno koju tehnologiju monitor koristi, signali se šalju odgovarajućem mehanizmu.[11]

Prije je to bio zasebni čip, a danas je integriran u GPU. I DAC ima svoju brzinu koja se mjeri u MHz, i uglavnom iznosi 300-400 MHz. Što je brzina veća, to se može postići i veći broj osvježavanja slike (eng. Refresh Rate, mjeri se u Hz) za neku određenu rezoluciju.[8]



## 5.4. Video BIOS

Video BIOS (ili video firmware, kako se još često naziva) igra sličnu ulogu kao i BIOS na matičnoj ploči, i nalazi se u posebnoj ROM memoriji na grafičkoj kartici. Služi za inicijalizaciju grafičke kartice tijekom uključanja računala. Zapravo, grafička kartica se inicijalizira odmah pri uključanju računala, budući da možemo čitati tekst na monitoru već tijekom POST-a. Ova ROM memorija se također može obrisati i ponovno popuniti podacima, budući da i proizvođači grafičkih kartica mogu izdati ažurirane inačice video BIOS-a, iako mnogo rjeđe u odnosu na BIOS matične ploče.[8]

## 5.5. Priključci za izlazne uređaje

DVI, HDMI i DisplayPort su danas najčešći priključci na modernoj grafičkoj kartici. No osim njih postoje S-Video, VGA koji je zamjenio DB13W3, DMS-59 na koji je moguće spojiti dva DVI ili VGA i kompozitni odnosno komponentni video.

### 5.5.1. Digital Visual Interface (DVI)

DVI je engleska skraćenica za složenicu Digital Visual Interface i ime je za video međusklop u računarstvu kojeg je razvio industrijski konzorcij Digital Display Working Group (DDWG). Karakteristika DVI je visoka kvaliteta izlaznog signala, te se koristi za spajanje računala sa LCD zaslonima i digitalnim projektorima. DVI je djelomično kompatibilan sa High-Definition Multimedia Interface (HDMI) u standardnom digitalnom modu (DVI-D), te sa VGA u analognom modu (DVI-A) Postoji nekoliko varijanti DVI.

#### DVI-Analog

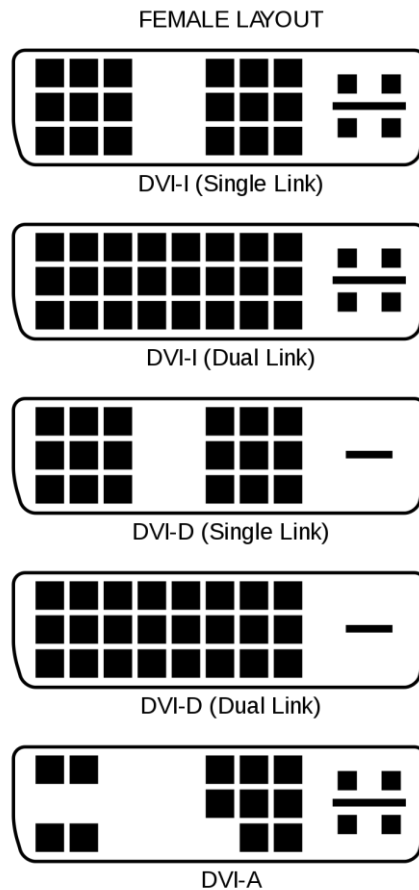
DVI-A je vrsta DVI priključka koji prijenosi samo analogni signal. DVI-A se pomoću adaptera može konvertovati u VGA priključak koji također prijenosi analogni signal.

#### DVI-Digital

DVI-D je vrsta DVI priključka koja može da prijenosi samo digitalni signal. Digitalni signal sa DVI-D kabla, pomoću adaptera može biti konvertiran u HDMI, pa tako možete spojiti kompjuter na televizor sa HDMI priključkom.

#### DVI-Integrated

DVI-I je varijanta DVI koja može da prijenosi i digitalni i analogni signal. DVI priključi na grafičkoj karticu su skoro uvijek DVI-I i provode analogni i digitalni signal, tako da ih sa adapterom možete konvertirati u VGA.[12]



Slika 5: Primjer DVI-a (Izvor: [https://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Visual\\_Interface](https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Visual_Interface), 2021)

### 5.5.2. High-Definition Multimedia Interface (HDMI)

Skraćenica za multimedijско sučelje visoke razlučivosti, HDMI je priključak i kabel koji može prenositi visokokvalitetne i visokopojasne tokove audio i video zapisa između uređaja. HDMI tehnologija koristi se s uređajima kao što su HDTV, Projektor, DVD player ili Blu-ray uređaj.

HDMI standard razvilo je više tvrtki, uključujući Hitachi, Philips, Sony i Toshiba. Jedan HDMI kabel zamjenjuje tri kompozitna audio / video kabela, što olakšava povezivanje dva uređaja za prijenos audio i video signala. HDMI može prenositi standardne, poboljšane i visoke razlučivosti video signala, kao i do 8 kanala digitalnih audio signala.[13]

Standardna 14 mm verzija HDMI priključka poznata je kao "Tip A" i dostupna je kao "utikač" ili "muški" konektor na kablu. HDMI kabel obično sadrži utikač na oba kraja, s HDMI utičnicama tipa A na AV uređajima (izvor, zaslon, ekran, TVG itd.). Priključak HDMI Type A najčešća je inačica koju možete pronaći na većini audio-vizualne opreme i uređaja, od vašeg televizora, Blu-Raya i XBoxa do profesionalne distribucijske opreme, kao što su HDMI distribucijska pojačala, matrični uređaji i signalni preklopnici. Dostupne su i HDMI Mini (Type C) i HDMI Micro (Type D) HDMI priključnice, jer sve manji i manji uređaji, poput naših pametnih telefona i tableta postaju sve naši osobni HD AV izvori. Međutim, postoje ograničenja udaljenosti HDMI prijenosa koji mogu prijeći. U CIE-u preporučujemo da koristite HDMI standardni kabel kategorije 1 da su duljine vjerojatno ne veće od 10 metara. Na raspolaganju su visoko kvalitetni kabeli kategorije 2, pomoću kojih možemo uspješno postići duljine kabela do 15 metara.[14]

### **5.5.3. DisplayPort**

DisplayPort je predstavljen 2006. godine kao dio napora da se zamijene dva starija standarda koja se prvenstveno koriste za računalne prikaze: VGA (Video Graphics Array, analogno sučelje prvi put predstavljeno 1987.) i DVI (Digital Video Interface, uveden 1999). DisplayPort je proizvod bez naknade, ali to nije bilo dovoljno da nadmaši HDMI-ov četverogodišnji zamah. Računala su, sa svojim kraćim tehnološkim ciklusima i često većim potrebama za prikazom, još jedna stvar.

DisplayPort konektori imaju 20 pinova i dostupni su u dvije veličine: DisplayPort i Mini DisplayPort (potonji je izbor izbora za Microsoftov Surface Pro tablet, kao i Macove prije Appleovog usvajanja USB Type-C / Thunderbolt 3).

Priča o DisplayPort kablovima je malo jednostavnija u tome što postoji jedan osnovni dizajn kabela od 5 metara i samo dva konektora.

RBR DisplayPort kabel (smanjena brzina prijenosa) 6,48 Gbps (DisplayPort 1.0)

Standardni DisplayPort kabel za HBR (visoka brzina prijenosa) 10.80Gbps i HBR2 (visoka brzina bita 2) 21.60Gbps

DP8K kabel za HBR3 (visoka brzina prijenosa 3) 32,40 Gbps (DisplayPort 1.3) i UHBR 10 (Ultra High Bit Rate 10) 40 Gbps (DisplayPort 2.0).[15]

## **5.6. Priključak na matičnu ploču računala**

Kao i svaki dio računala tako je i povezivanje na sabirnicu računala tokom godina evoluiralo od ISA XT preko AGP pa sve do današnjeg PCIe X16 3.0. Ovdje ćemo se fokusirati na upravo tu, zadnju verziju.

PCIe (periferna komponenta interconnect express) je standard sučelja za povezivanje komponenti velike brzine. Svaka matična ploča radnog računala ima određeni broj PCIe utora koje možete koristiti za dodavanje GPU-a (aka video kartice aka grafičke kartice), RAID kartice, Wi-Fi kartice ili SSD (SSD (SSD) SSD kartica). Vrste PCIe utora dostupnih na vašem računalu ovisit će o matičnoj ploči koju kupite.

PCIe utora dolaze u različitim fizičkim konfiguracijama: x1, x4, x8, x16, x32. Broj iza x govori koliko traka (kako podaci putuju do i sa PCIe kartice) ima PCIe utor. Utor za PCIe x1 ima jednu traku i može premještati podatke po jedan bit po ciklusu. Utor za PCIe x2 ima dvije trake i može pomicati podatke u dva bita po ciklusu (i tako dalje).

U PCIe x16 utor možete umetnuti PCIe x1 karticu, ali ta će kartica dobiti manju propusnost. Slično tome, možete umetnuti PCIe x8 karticu u utor PCIe x4, ali ona će raditi samo s polovinom propusne širine u odnosu na onu u utoru PCIe x8. Većina GPU-a zahtijeva PCIe x16 utor da radi s punim potencijalom.

PCIe standardi trenutno dolaze u tri različite generacije: PCIe 1.0, PCIe 2.0, PCIe 3.0 i PCIe 4.0. Širina pojasa se udvostručuje sa svakom generacijom.

Kako znate kakve ćete performanse imati s PCIe karticom za proširenje? Vaša će se PCIe kartica izvoditi u poklonu najmanje generacije. Dakle, ako stavite PCIe 2.0 karticu u utor za PCIe 3.0, dobit ćete PCIe 2.0 performanse.

#### **PCIe 4.0**

PCIe 4.0 standard predstavljen je 2017. godine i nudi mu 64 GBps propusnosti. Dostupan je za poslužitelje korporativnog razreda, ali postao je upotrebljiv sa SSD-ovima tek 2019. AMD Ryzen 3000 serije CPU-a koji su predstavljeni u srpnju 2019. bili su prvi stolni procesori koji su podržali PCIe 4.0 x16 izvan okvira. Za potpunu podršku korisnicima će trebati nove matične ploče s pokrenutim X570 čipsetom. [16]

## 6. Praktični dio

Kako bi što bolje primjenio naučeno za svoj praktični rad odlučio sam napraviti prijedlog računalne konfiguracije, ovisno o namjeni računala i cijenovnom rangu, pridajući posebnu pažnju odabiru grafičkog podsustava i monitora. Uz navedene konfiguracije priložiti ću rezultate testova dobivenih u alatima: Cinebench R20, 3DMark, SPECviewperf 13, Blender i rezultate dobivene u modernim video igrama. Aktivnosti za koje sam odlučio napraviti konfiguracije su: zadaci koji ne zahtjevaju diskretni grafički podsustav, livestreaming točnije encoding i igranje video igara. Cijenovni rang sam podijelio na tri djela. Prvi je do 6700 kn (<1000\$), drugi je između 6700 kn i 13400 kn (1000\$-2000\$) i treći je iznad 13400 kn (>2000\$). Cijene sam gledao na Amazonu i na službenim web stranicama samog proizvođača, te je svaki proizvod nov, ne korišten.

### 6.1. Nezahtjevni zadaci

Aktivnosti poput: surfanje webom, gledanje video sadržaja, rad s Microsoft Office alatima, programiranje s određenim programskim jezikom i dr. ne zahtjevaju diskretni grafički podsustav, što više dovoljan je i onaj integrirani. Iz toga razloga bih ovdje preporučio kao najbolje riješnje korištenje laptopa zbog njegove prenosivosti, kompaktnosti i jednostavnosti korištenja. Usporediti ću ponudu macOS i Windows laptopa.

Tablica 1: laptopi do 999\$

	<1000\$	
	MacBook Air	Dell XPS 13
Grafički podsustav	Intel Iris Plus Graphics G4	Intel UHD Graphics 620
Procesor	Intel i3-1000NG4, 1.1GHz dual-core, Turbo Boost do 3.2GHz	Intel i5-10210U, 1.6GHz quad-core, Turbo Boost do 4.2GHz
Radna memorija	8GB 3733MHz LPDDR4X	8GB 2133MHz LPDDR3
Pohrana podataka	256GB SSD	256GB M.2 PCIe NVMe SSD
Zaslon	IPS, 13.3", 2560x1600, 60Hz, 16:10, 400-nit, 227 ppi, True Tone	IPS, 13.3", 1920x1080, 60Hz, 16:9, 400-nit, 166 ppi
Baterija	49.9Wh	52Wh
Portovi	2 Thunderbolt 3 (USB-C), 3.5mm ulaz za slušalice	2 Thunderbolt 3, 1 microSD card reader, 1 USB-C 3.1 Gen 2, 3.5 ulaz za slušalice i mikrofon
Bonus	Touch ID, HD 720p kamera, tri mikrofona,	čitač otiska prsta HD 720p kamera, dva

	Wi-Fi 5, Bluetooth 5, 1.29kg	mikrofona, Wi-Fi 6, Bluetooth 5, 1.29kg
Cijena	999\$	899\$

MacBook Air je u gore navedenoj konfiguraciji najjeftiniji MacBook, što više to je najjeftiniji laptop kojeg Apple ima u ponudi. Budući da se radi o osnovnoj konfiguraciji postoji mogućnost nadogradnje. Gore navedeni model tako može imati: Intel i7 četvero-jezgreni procesor, 16GB radne memorije i SSD veličine 2TB što sve zajedno iznosi 2250\$. [slika 1] Gledajući taj iznos, za 150\$ više može se kupiti MacBook Pro 16" koji ima šestero-jezgreni procesor, diskretni grafički podsustav i druge bolje značajke.

**Customize your MacBook Air - Space Gray**

Retina display with True Tone  
1.2GHz quad-core 10th-generation Intel Core i7 processor, Turbo Boost up to 3.8GHz  
16GB 3733MHz LPDDR4X memory  
2TB SSD storage  
Intel Iris Plus Graphics  
Backlit Magic Keyboard - US English  
Touch ID  
Force Touch trackpad  
Two Thunderbolt 3 ports

**Apple Trade In**  
Get credit toward a new Mac when you trade in your eligible computer. Or recycle it for free.  
[Get started](#)

**Processor**  
Which processor is right for you?

- 1.1GHz dual-core 10th-generation Intel Core i3 processor, Turbo Boost up to 3.2GHz - \$250.00
- 1.3GHz quad-core 10th-generation Intel Core i5 processor, Turbo Boost up to 3.5GHz - \$150.00
- 1.2GHz quad-core 10th-generation Intel Core i7 processor, Turbo Boost up to 3.8GHz

**Memory**  
How much memory is right for you?

- 8GB 3733MHz LPDDR4X memory - \$200.00
- 16GB 3733MHz LPDDR4X memory

**Storage**  
How much storage is right for you?

- 256GB SSD storage - \$800.00
- 512GB SSD storage - \$600.00
- 1TB SSD storage - \$400.00
- 2TB SSD storage

**Keyboard Language**  
Learn more  
Keyboard Language  
Backlit Magic Keyboard - US English

Ships: 1-2 weeks  
Free Shipping  
Get delivery date

\$187.41/mo.\* or \$2,249.00 [Add to Bag](#)

Slika 6: Najsnažnija konfiguracija MacBook Air-a (Izvor:

<https://www.apple.com/shop/buy-mac/macbook-air/space-gray-1.1ghz-dual-core-core-i3-processor-with-turbo-boost-up-to-3.2ghz-256gb#>, 2020)


Bez obzira koja se konfiguracija izabere grafički podsustav će biti integrirani, no kao takav i više je nego dovoljan za svakodnevne aktivnosti i zadatke. Ako je grafička kartica zaista neophodna može se preko Thunderbolta, koji služi za punjenje, prijenos podataka i spajanje na drugi zaslon, spojiti eksterna grafička kartica. [slika 2]



Slika 7 Eksterna grafička kartica (Izvor: <https://www.imore.com/how-set-your-mac-external-gpu>, 2017)

Kao i Air, gore navedeni Dell XPS 13 najjeftiniji je XPS 13 laptop koji se također može cijenovno konfigurirati prema vlastitim željama i potrebama. [slika 3] Za 100\$ više na osnovnom modelu može se odabrati opcija zaslona osjetljivog na dodir, što nije moguće niti na jednom MacBook-u. Najskuplji XPS 13 od 1800\$ donosi i7 šestero-jezgreni procesor, 16GB radne memorije, 1TB SSD i 4K zaslon osjetljiv na dodir. Neovisno o cijeni i ostalim dijelovima grafički podsustav ostaje integrirani kao i kod Air-a.

Analizirani MacBook Air (2020) izašao je 2020. godine u ožujku i u vrijeme pisanja ovog seminara Apple ga nije osvježio novim značajkama. Analizirani XPS 13 (7390) izašao je krajem 2019. godine i u vrijeme pisanja ovog seminara Dell ga je osvježio novim procesorima i ostalim značajkama (9300), međutim najjeftinija konfiguracija je 1100\$ što prelazi ovaj cijenovni rang.



XPS 13 Laptop	XPS 13 Laptop	XPS 13 Laptop	XPS 13 Touch Laptop
<b>\$899.99</b>	<b>\$1,149.99</b>	<b>\$1,149.99</b>	<del>\$1,599.99</del> <b>\$1,499.99</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>10th Generation Intel® Core™ i5-10210U Processor</li> <li>Windows 10 Home</li> <li>Intel® UHD Graphics with shared graphics memory</li> <li>8 GB, LPDDR3, 2133 MHz, Integrated</li> <li>256 GB M.2 PCIe NVMe Solid-State Drive</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10th Generation Intel® Core™ i7-10510U Processor</li> <li>Windows 10 Home</li> <li>Intel® UHD Graphics with shared graphics memory</li> <li>8 GB, LPDDR3, 2133 MHz, Integrated</li> <li>512 GB M.2 PCIe NVMe Solid-State Drive</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10th Generation Intel® Core™ i7-10510U</li> <li>Windows 10 Home</li> <li>Intel® UHD Graphics with shared graphics memory</li> <li>16 GB, LPDDR3, 2133 MHz, Integrated</li> <li>256 GB M.2 PCIe NVMe Solid-State Drive</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10th Generation Intel® Core™ i7-10710U</li> <li>Windows 10 Home</li> <li>Intel® UHD Graphics with shared graphics memory</li> <li>16 GB, LPDDR3, 2133 MHz, Integrated</li> <li>256 GB M.2 PCIe NVMe Solid-State Drive</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>13.3-in. display</li> <li>Starting at 2.56 lbs<sup>i</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>13.3-in. display</li> <li>Starting at 2.56 lbs<sup>i</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>13.3-in. display</li> <li>Starting at 2.56 lbs<sup>i</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>13.3-in. touch display</li> <li>Starting at 2.56 lbs<sup>i</sup></li> </ul>

Slika 3

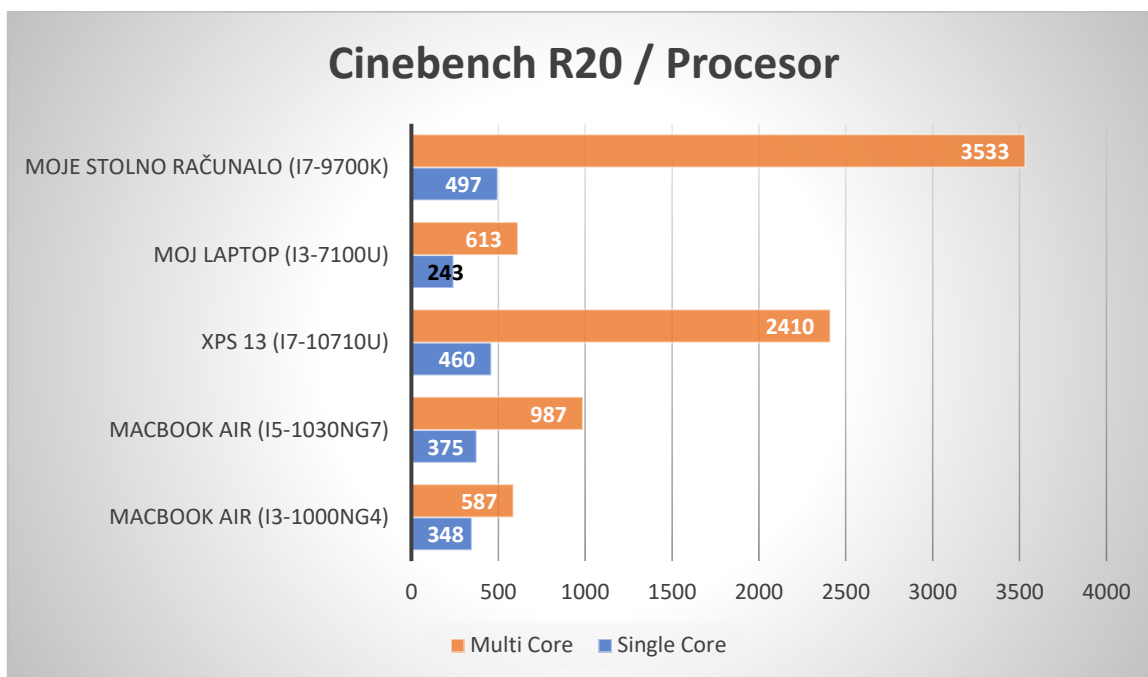
Slika 8: Ponuda Dell XPS 13 laptopa (Izvor: <https://www.dell.com/en-us/shop/laptops/13/spd/xps-13-7390-laptop>, 2019)

Sada sljede Benchmark-ovi za MacBook Air 2020 (i3 i i5 verzija), Dell XPS 13 (najskuplja konfiguracija) i za dodatnu usporedbu vlastiti laptop i stolno računalo. Razlog zašto sam odabrao dva procesora za Air je taj što je i5 četvero-jezgreni i prilikom konfiguriranja košta 100\$ više, što je puno bolja opcija makar cijena prelazi 999\$. Prilikom istraživanja najskuplja konfiguracija XPS 13 imala je najviše recenzija i provedenih Benchmark-ova, stoga sam je odabrao, plus procesor ima šest jezgri. Usporediti ću performanse dvo, četvero i šestero-jezgrenog procesora.

Tablica 2: Moj laptop i stolno računalo

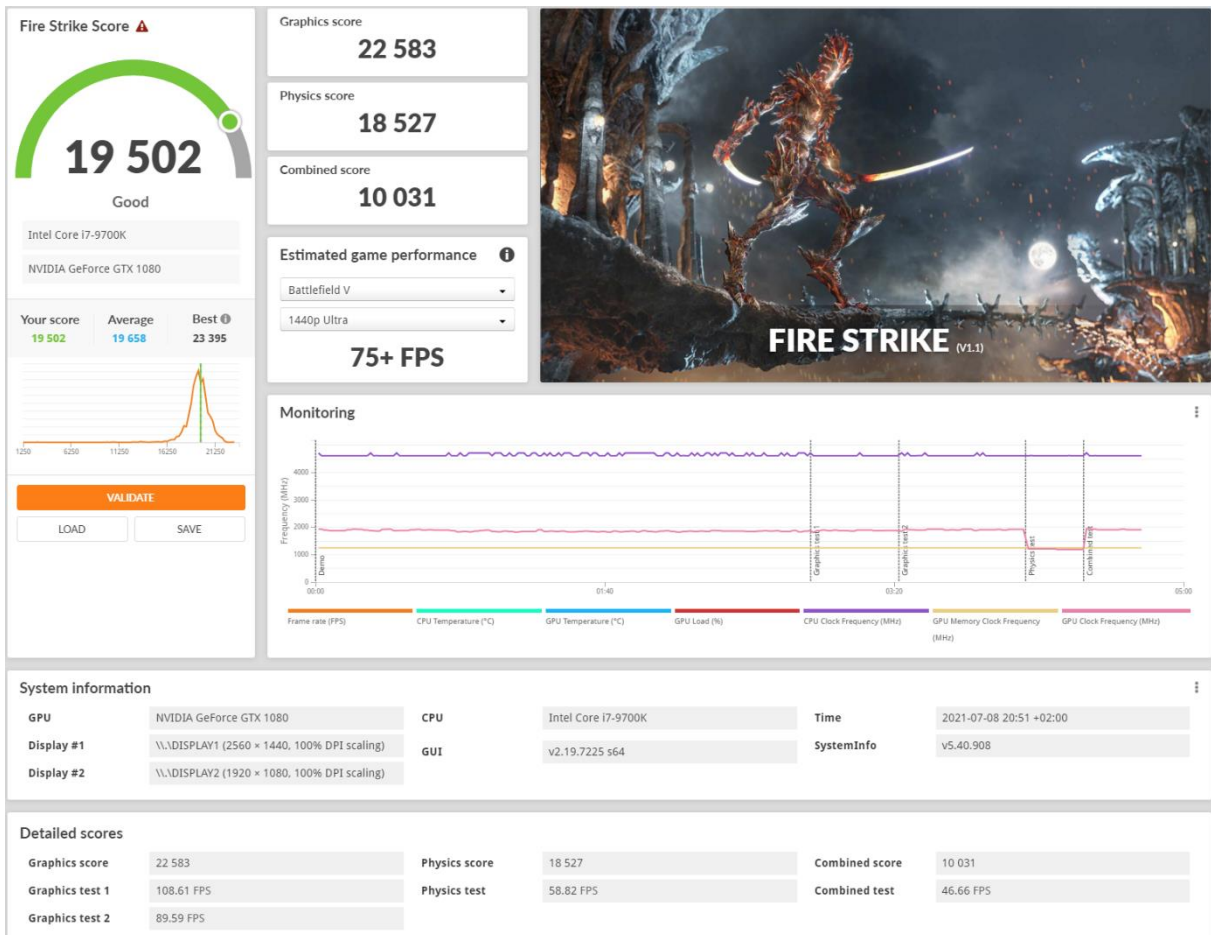
	Laptop	Stolno računalo
	<a href="#">Asus UX410UAK</a>	/
Grafički podsustav	Intel HD Graphics 620	NVIDIA GeForce GTX 1080 8GB GDDR5X
Procesor	Intel i3-7100U, 2.4GHz dual-core	Intel i7-9700K, 3.6GHz eight-core, Turbo Boost do 4.9GHz
Radna memorija	4GB 2133MHz DDR4	16GB 3000MHz DDR4
Pohrana podataka	256GB SSD	512GB M.2 NVMe SSD 5TB HDD
Zaslون	IPS, 14", 1920x1080, 60Hz, 16:9	ASUS ROG Swift PG279QE IPS, 27", 2560x1440, 165Hz, 16:9, 109ppi, 4ms, 400 nit, G-SYNC
Baterija	48Wh	/
Portovi	1 SD card reader, 2 USB 2.0, 1 USB-C, 1 USB 3.0, 1 HDMI port, 3.5 ulaz za slušalice i mikrofون	/
Bonus	HD 720p kamera, Wi-Fi 4, Bluetooth 4.2	AIO CPU hladnjak





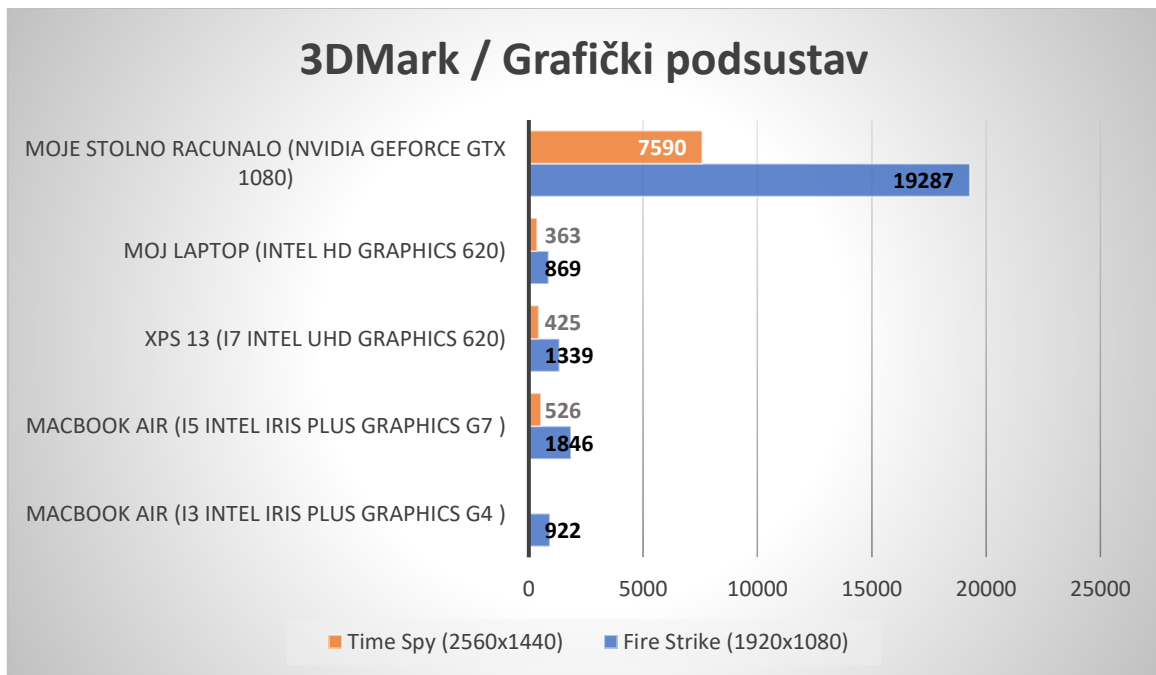
Cinebench je sintetički Benchmark koji služi za testiranje sirove snage CPU-a. Temelji se na Cinema 4D software-u koji je razvio MAXON. Radi na način da render-a sliku i kao rezultat dobivaju se Single i Multi Core vrijednosti. U odnosu na R15, R20 zahtjeva 8 puta više računске snage i 4 puta više memorije za render slike, stoga rezultati se ne mogu uspoređivati. Cinebench je besplatan.

3DMark je Benchmark razvijen od strane UL-a. Osim testiranje CPU-a nudi testove za: mobilne uređaje, različite rezolucije, tehnologije poput DLSS-a i ray tracing-a. Ja ću koristiti Fire Strike i Time Spy. Rezultat testa je 3DMark score koji što je veći označava bolje performanse. Kao kod Cinebench-a rezultati između verzija se ne mogu uspoređivati zbog DirectX API. Ja koristim 3DMark Advanced Edition koji se plaća. [slika 4]



Slika 4

Slika 9: Fire Strike na mojem stolnom racunalu



Provedeni testovi pokazali su očekivane rezultate. Single Core rezultat je više manje isti kod svih modela mobilnih procesora dok Multi Core rezultat raste s brojem jezgri. Pobjedu je odnjelo stolno računalo, no XPS 13 s i7 nije bio daleko, osobito u Single Core testu. Zanimljivo će biti vidjeti usporedbu desktop procesora sa snažnijim mobilnim procesorima u većem cijenovnom rangu. Tvrdnja od ranije, kako je bolje potrošiti 100\$ više i uzeti četvero-jezgreni MacBook Air, nije se baš opravdala jer je Single Core rezultat skoro pa identičan, a Single Core performanse su bitne u svakodnevnim zadacima. Što se tiče grafičkog testa pobjedu je opet odnjelo stolno računalo, što ne iznenađuje jer se radi o grafičkoj kartici sa vlastitom video memorijom naspram integriranih grafičkih podsustava koji dijele radnu memoriju sa procesorom. Za usporedbu GPU u mojoj grafičkoj kartici ima brzinu 1607MHz, dok mobilni procesor s integriranim grafičkim procesorom (i5-1030NG7) ima 300MHz. Upravo taj i5 model se pokazao kao najbolji u testu, zbog toga što ima najnoviju generaciju grafičkog podsustava.

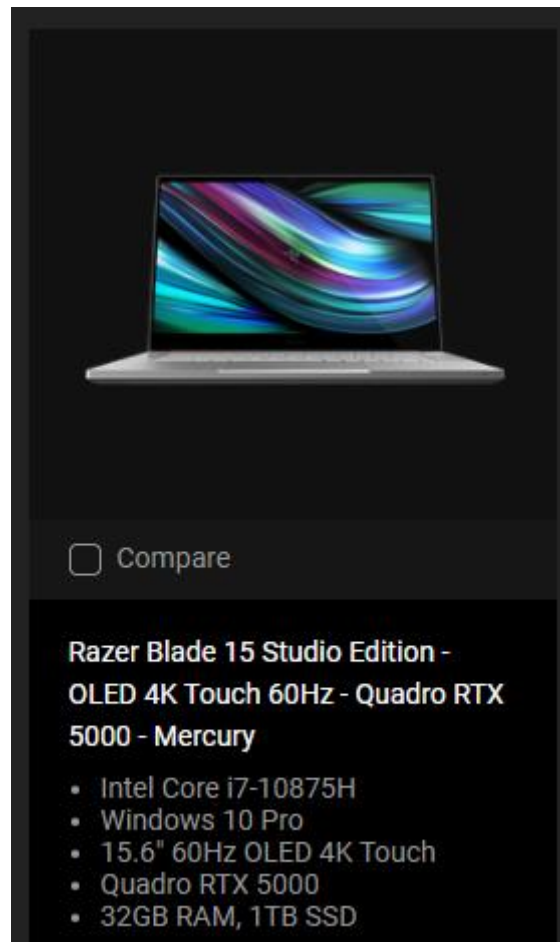
Tablica 3: laptopi između 1000\$-2000\$

	1000\$-2000\$	
	MacBook Pro 13-inch	Razer Blade 15 Base Edition
Grafički podsustav	Intel Iris Plus Graphics G7	NVIDIA GeForce GTX 1660Ti 6GB GDDR6
Procesor	Intel i5-1038NG7, 2.0GHz quad-core, Turbo Boost do 3.8GHz	Intel i7-10750H, 2.6GHz six-core, Turbo Boost do 5.0GHz
Radna memorija	16GB 3733MHz LPDDR4X	16GB 2933MHz DDR4
Pohrana podataka	512GB SSD	256GB M.2 NVMe SSD
Zaslon	IPS, 13.3", 2560x1600, 60Hz, 16:10, 500-nit, 227 ppi, True Tone	IPS, 15.6", 1920x1080, 144Hz, 5ms, 349 nit, sRGB, factory calibrated
Baterija	58Wh	65Wh
Portovi	4 Thunderbolt 3 (USB-C), 3.5mm ulaz za slusalice	1 Thunderbolt 3, 3 USB 3.1 Gen 1, 1 USB-C 3.2 Gen 2, 1 Ethernet port, 1 HDMI 2.0, 3.5 ulaz za slusalice i mikrofona
Bonus	Touch Bar, Touch ID, HD 720p kamera, tri mikrofona, Wi-Fi 5, Bluetooth 5, 1.4kg	HD 720p kamera
Cijena	1799\$	1599\$

MacBook Pro 13" kao i Air ima više konfiguracija ovisno o cijeni. Može se birati između i5 i i7 osme generacije i i5 i i7 desete generacije procesora. Za usporedbu sam odabrao i5 desete generacije s integriranim grafičkim podsustavom. Najskuplja konfiguracija donosi i7 četvero-jezgreni procesor, 32GB radne memorije i SSD veličine 4TB po cijeni od 3600\$. Kao i Air svaka konfiguracija ima integrirani grafički podsustav.

Razer Blade 15 Base Edition je osnovni model ove veličine laptopa i u ovoj konfiguraciji također najjeftinji. Za 200\$ manje od MacBook-a dobiju se dvije jezgre više i grafički podsustav koji može biti diskretni (Nvidia GeForce GTX 1660Ti) ili integrirani (Intel UHD Graphics). Po imenu laptopa se može naslutiti kako postoje druge snažnije i skuplje konfiguracije. Jedna od njih sadrži i7 osmero-jezgreni procesor, 32GB radne memorije i Nvidia Quadro RTX 5000 diskretni grafički podsustav s 16GB radne memorije uparen s 4K OLED zaslonom osjetljivim na dodir. [slika 5]

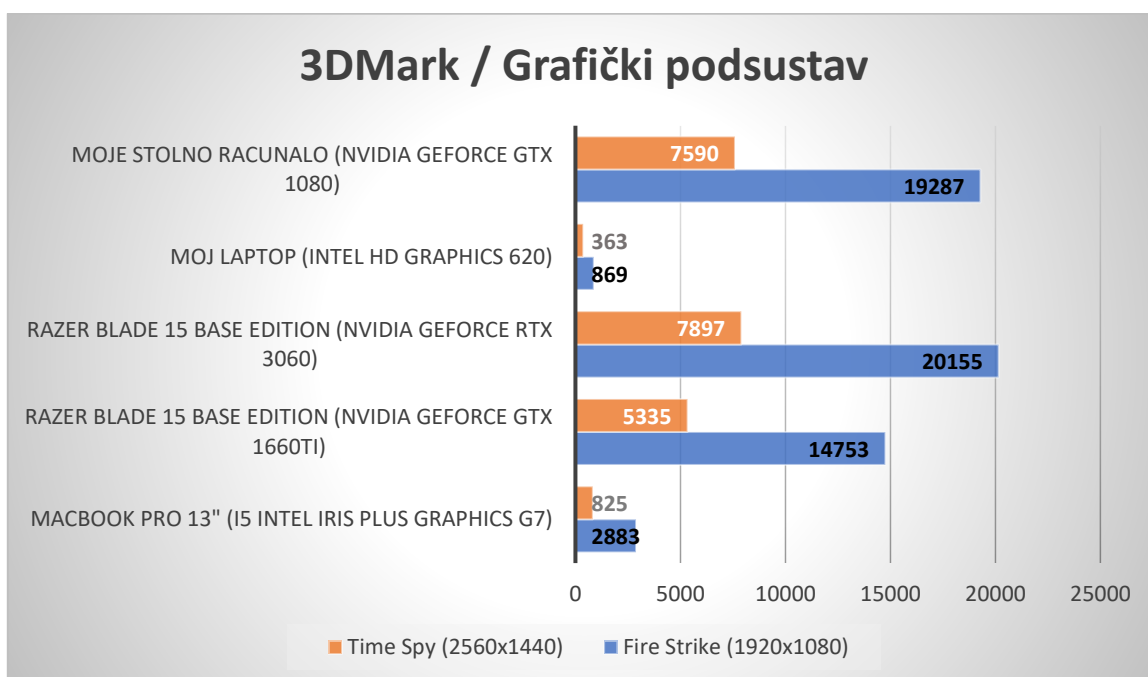
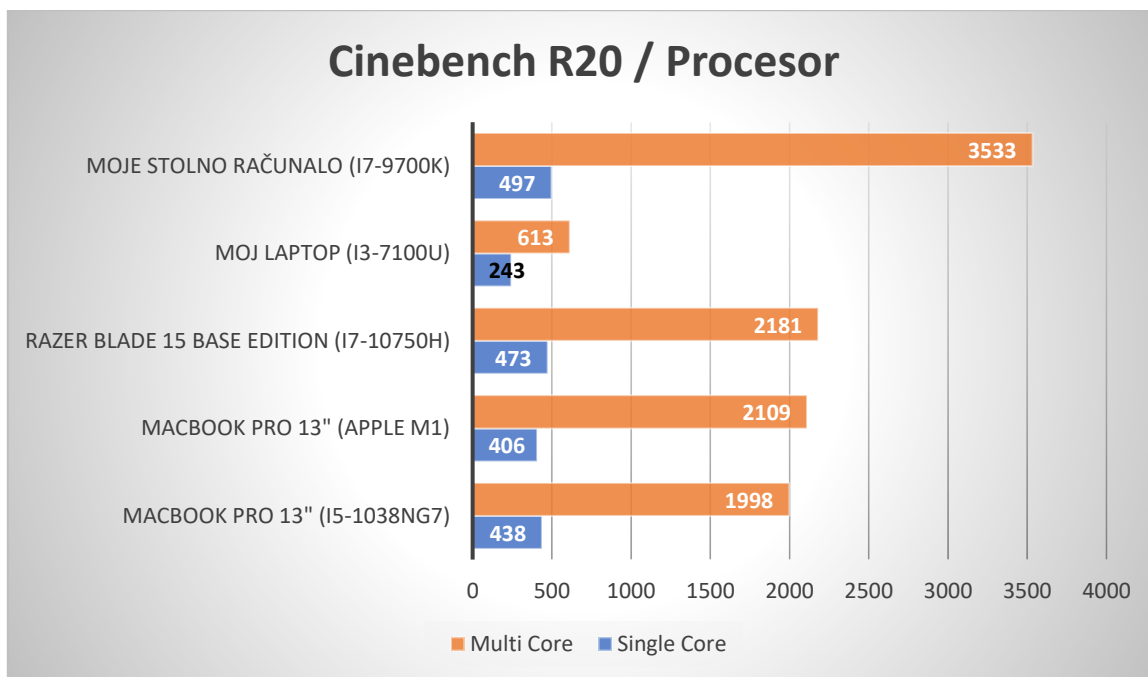
Analizirani MacBook Pro 13" izašao je u prvoj polovici prošle godine i u vrijeme pisanja ovog seminara Apple ga je osvježio novim procesorom (Apple M1) i ostalim značajkama. Analizirani Razer Blade 15 Base Edition izašao je 2020. godine i u vrijeme pisanja ovog seminara Razer ga je osvježio novim procesorima i grafičkim podsustavima.



Slika 5:

Slika 10: Jedna od snažnijih Razer Blade 15 konfiguracija (Izvor: <https://www.razer.com/shop/pc/gaming-laptops?query=:newest:category:system-laptops:system-display:15%2Binch&sortCode=price-desc>, 2021)

Sada sljede Benchmark-ovi za MacBook Pro 13" (Intel i5 vs. Apple M1), Razer Blade 15 Base Edition (GTX 1660Ti vs. RTX 3060) i za dodatnu usporedbu vlastiti laptop i stolno računalo. Usporediti ću performanse konfiguracija koje sam ja odabrao za vrijeme pisanja seminara i njihovih osvježeni verzija.



Nakon provedenih testova najbolji rezultat ostvario je Razer Blade 15 Base Edition s Nvidia GeForce RTX 3060. Radi se o osvježenoj proslogodišnjoj verziji laptopa koja je 100\$ skuplja i donosi isti i7 šestero-jezgreni procesor, 16GB radne memorije, 512GB SSD i RTX 3060 sa 6GB radne memorije. Novi diskretni grafički podsustav donosi novu arhitekturu, brži GPU i bržu memoriju. Iz toga razloga ostvario je bolji rezultat od grafičke kartice u mojem stolnom računalu bez obzira što se radi o laptop verziji.

Tablica 4: Razlike u diskretnim grafičkim podsustavima

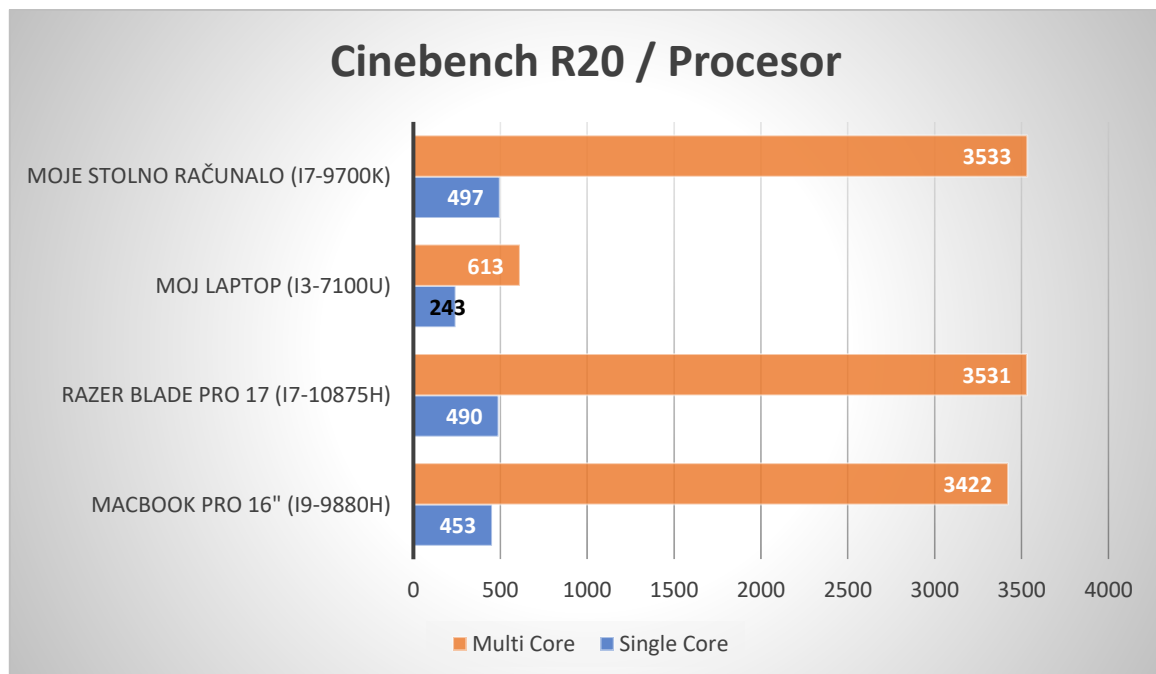
	GTX 1080 (Desktop verzija)	GTX 1660Ti (Laptop verzija)	RTX 3060 (Laptop verzija)
Arhitektura	Pascal	Turing	Ampere
Tehnologija	16nm	12nm	8nm
Brzina GPU-a	1607-1733 (Boost) MHz	1455-1590 (Boost) MHz	900-1283-1703 (Boost) MHz
Vrsta memorije	8GB GDDR5X	6GB GDDR6	6GB GDDR6
Brzina memorija	10000MHz	12000MHz	14000MHz

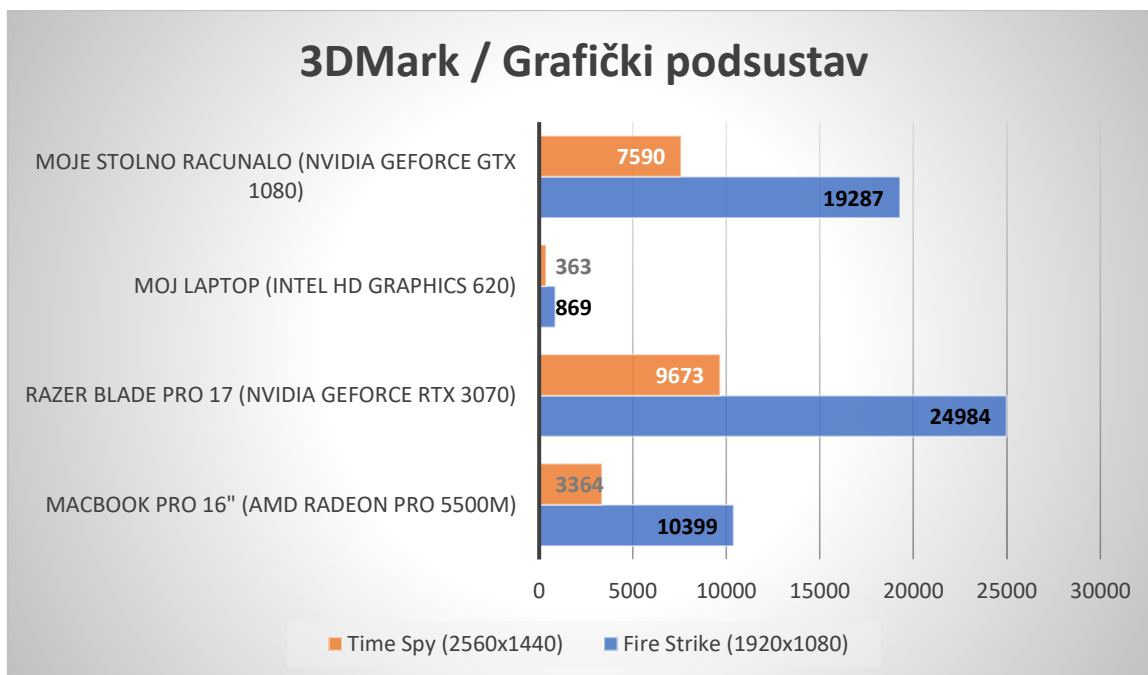
MacBook Pro 13" sa Apple M1 procesorom i 300\$ nižom cijenom čini se kao bolja opcija. Single i Multi Core performanse gotovo su iste kao kod Intel verzije, a integrirani grafički podsustav zaostaje 24% u određenim testovima za GTX 1650Ti koja je laptop diskretni grafički podsustav. Izborom M1 verzije količina radne memorije se prepоловила kao i broj Thunderbolt portova.

Tablica 5: laptopi od 2000\$ i nadalje

	>2000\$	>2000\$
	<a href="#">MacBook Pro 16-inch</a>	<a href="#">Razer Blade Pro 17</a>
Grafički podsustav	AMD Radeon Pro 5500M 4GB GDDR6	NVIDIA GeForce RTX 3070 8GB GDDR6
Procesor	Intel i9-9880H 2.3GHz eight-core Turbo Boost do 4.8GHz	Intel i7-10875H, 2.3GHz eight-core, Turbo Boost do 5.1GHz
Radna memorija	16GB 2666MHz DDR4	16GB 2933MHz DDR4
Pohrana podataka	1TB SSD	512GB PCIe NVMe SSD
Zaslon	IPS, 16", 3072x1920, 16:10, 500-nit, P3, True Tone	IPS, 17.3", 2560x1440, 165Hz, 300nit, sRGB, factory calibrated
Baterija	100Wh	70.5Wh
Portovi	4 Thunderbolt 3, 3.5mm ulaz za slušalice	1 Thunderbolt 3, 1 SD card reader 3 USB 3.2 Gen 2, 2 USB-C 3.2 Gen 2, 1 2.5Gb Ethernet port, 1 HDMI 2.1, 3.5 ulaz za slušalice i mikrofona
Bonus	Touch Bar, Touch ID, HD 720p kamera, tri mikrofona	HD 720p kamera, Windows Hello
Cijena	2799\$	2599\$

Kao i u prijašnjim cjenovnim rangovima tako i u ovom najvećem postoje različite konfiguracije. Ja sam se odlučio za MacBook Pro 16" sa i9 osmero-jezgrenim procesorom, AMD diskretnim grafičkim podsustavom, 16GB radne memorije i 1TB SSD. Svaku navedenu komponentu moguće je konfigurirati prilikom kupnje što može cijenu povećati preko 6000\$. Kao Windows opcija Razer Blade Pro 17 dolazi sa desetoj generacijom i7 osmero-jezgrenog procesora, Nvidia diskretnim grafičkim podsustavom, 16GB radne memorije i 512GB SSD. Kao nadogradnja dostupni su: različiti diskretni grafički podsustavi, veličine radne memorije i SSD-a i vrste zaslona. Kako se ovdje radi o aktivnostima koje nisu zahtjevne za grafički podsustav laptopi u ovom cjenovnom ranku su i pretjerani za takve aktivnosti. Sada sljede Benchmark-ovi za odabrane laptope.





Rezultati testova dali su očekivane rezultate. Bez obzira što se radi o mobilnim verzijama procesora i grafičkih podsustava prijenosna računala mogu konkurirati mojem stolnom računalu. Naravno takve performanse dolaze i s cijenom, stoga ovakvi laptopi teško nalaze opravdanje za kupnju ako se koriste za surfanje webom, gledanje video sadržaja, rad s Microsoft Office alatima i dr. S druge strane idealni su za aktivnosti poput montaže videa, igranje video igara i animacija.

U zadnjih par godina laptopi su razvojem tehnologije postali snažniji, lakši i cijenovno pristupačniji. Veći broj jezgri, diskretni grafički podsustav, 4K zaslon osjetljiv na dodir, SSD samo su neke od značajki koje su prije bile dostupne samo na stolnim računalima.

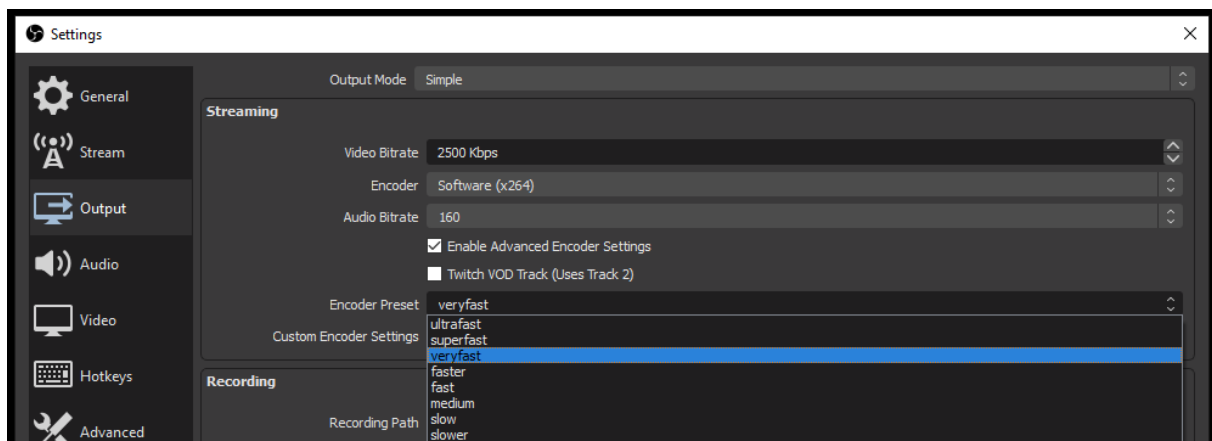


## 6.2. Prijenos uživo (Livestream)

Sljedeća aktivnost je livestreaming, točnije proces pod nazivom encoding. Opisati ću što je encoding, prednosti, nedostatke i razlike između software i hardware encodera. Uz pomoć primjera pokazati ću OBS postavke i koji je encoder bolji. Za kraj ću opisati konfiguraciju s dva računala i capture card-om.

Za streaming program odabrao sam Open Broadcaster Software (OBS), još postoje Streamlabs, Xsplit i dr., a za streaming platformu Twitch uz koju postoje YouTube, Facebook Gaming i dr.

Encoding je proces sažimanja (eng. compressing) video i audio datoteka kako bi se one uspješnije i lakše poslale preko mreže. Kod livestreaming-a video igara slike (eng. frames) koje stvara grafički podsustav, uz pomoć encodera sažimaju se u manji format što smanjuje njihovu kvalitetu i štedi prostor. Encoding je potreban jer bi slanje nesažetog videa preko mreže trajalo predugo, a video se mora interpretirati na bilo kojem uređaju od stolnog računala do mobitela. Za drugi razlog zaslužan je proces pod nazivom transcoding. Suprotan izraz encoding-u je decoding koji radi upravo suprotno, u realnom vremenu raspakirava (eng. uncompressing) sažeti video. Postoje dvije vrste encodera: software (x264) i hardware (NVENC).



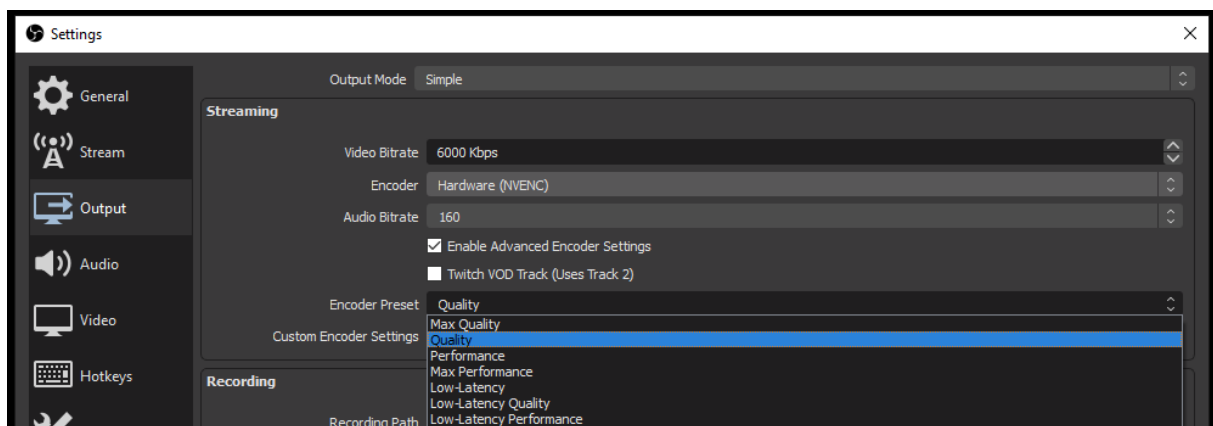
Slika 11: x264 sa pripadajucim opcijama

Software encoder ili x264 kao primarni resurs koristi središnju procesorsku jedinicu (CPU). Za odabir kvalitete slower opcija je najbolja, dok je ultrafast najlošija. [slika 6]

Što zapravo znače te opcije? Prilikom odabira slow ili slower opcije CPU provodi više vremena u procesu encoding-a što rezultira slikom bolje kvalitete, međutim CPU ograničava

resurse drugim zadacima. Na veryfast i sličnim opcijama CPU provodi manje vremena u encoding-u, pa je slika lošija, ali je manje stresno za procesor.

Hardware encoder u ovom slučaju Nvidia encoder (NVENC) za encoding koristi grafički podsustav gdje se ne gube performanse kada se igra i stream-a u isto vrijeme. Razlog tome je što grafički podsustav ima fizički dio posvećen isključivo encoding-u. Alternative x264 opcijama mogu se vidjeti na slici dolje. [slika 7] AMD također ima vlastiti encoder, ali NVENC je puno bolji i zbog toga se fokusiram na njega.



Slika 12: NVENC opcije kvalitete

Osim računala koje će nam služiti za igranje i streaming važna je i internetska veza. Na temelju upload brzine odrediti ćemo bitrate koji nam dalje određuje rezoluciju i framerate (slike po sekundi, FPS). [slika 8] Rezolucija se odnosi na veličinu videa na ekranu, a što je ona veća stream će biti oštiji. Framerate se odnosi na koliko često se animirane slike šalju prema Twitchu. Maksimalni bitrate tj. količina podataka koja se šalje Twitch-u prilikom streaming-a je 6000kbps.

Upload Speed	Bitrate	Resolution	Framerate
3 Mbps	2,500	1024x576	30
4 Mbps	3,500	1280x720	30
6 Mbps	5,000	1280x720	60
8-10 Mbps	6,000	1920x1080 *	60

Slika 13: Bitrate u odnosu na brzinu upload-a (Izvor: <https://www.nvidia.com/en-us/geforce/guides/broadcasting-guide/>, 2021)

Za usporedbu x264 i NVENC-a odabrao sam sljedeću konfiguraciju:

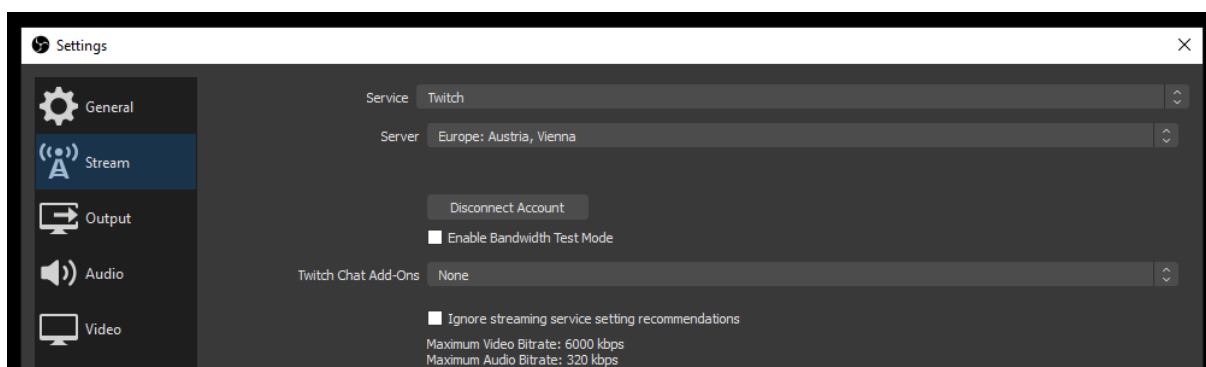
Tablica 6: Testna konfiguracija

Grafički podsustav	NVIDIA GeForce RTX 2060 SUPER 8GB GDDR6
Procesor	AMD Ryzen 3 3300X 3.8GHz quad-core, Max Boost do 4.3GHz
Radna memorija	16GB 3200MHz DDR4

Ostali dijelovi nisu bitni tj glavni cilj je pokazati kako za igranje i streaming nisu potrebna dva računala i skupe konfiguracije. Stream će biti u 1080p rezoluciji, 60 FPS-a što je bitrate od 6000kbps. Brzina upload-a mora biti veća od preporučenih 8-10Mbps jer ne želimo da stream troši sav bandwidth ako se radi od 1080p rezoluciji. Preporuča se da 75% brzine upload-a pripada streamu dok ostalo odlazi na igru i druge programe poput Discorda.

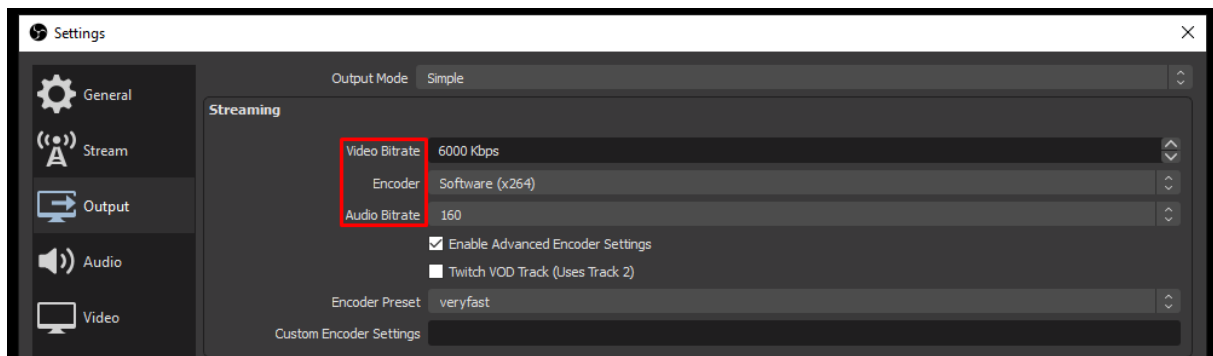
Postavke u OBS-u su sljedeće:

1. U prozoru „Stream“ možemo vidjeti s kojom smo se streaming platformom povezali tj. gdje se šalju podaci. U ovom slučaju to je Twitch. Povezati se možemo uz pomoć Twitch stream ključa ili ako povežemo Twitch račun i OBS.



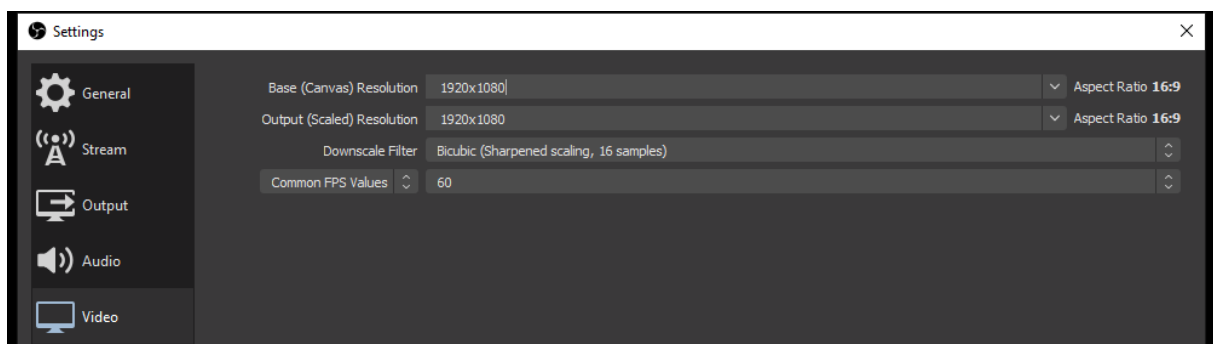
Slika 14

2. U prozoru „Output“ koji sam ranije spominjao možemo odabrati video i audio bitrate kao i encoder. Osim za streaming imamo opcije za snimanje (recording), ali ćemo ih za sad zanemariti.



Slika 15

3. U prozoru „Video“, Base Resolution je rezolucija monitora tj. igre koju igramo, Output Resolution je rezolucija u kojoj želimo stream-ati i Common FPS Values je FPS koji želimo ostvariti. Druga i treća stavka ovise o bitrate-u.



Slika 16

Igra koju ćemo testirati je DOOM Eternal i koristiti ćemo x264 veryfast. Možemo vidjeti kako je CPU na 100% [slika 12], međutim to nema nikakvog utjecaja na igranje i ostvaruje se između 120 i 150FPS-a, dok s druge strane stream izgleda ovako:



x264 encoder s opcijom veryfast u 1080p 60FPS-a



Slika 17: CPU na 100% upotrebe

Kao jedno od mogućih rješenja je u OBS-u pod prozorom „Advance“ promijeniti Process Priority sa Normal u High što će maknuti igru iz prvog plana i CPU će se više posvetiti encodingu. Rezultat toga je bolji stream, ali FPS u igri pada i do 90 što je do 60FPS-a manje. Još jedno rješenje je u prozoru „Output Resolution“ tj. smanjiti rezoluciju na 720p ali ostaviti 60FPS-a. Rezultat toga je, da će se FPS u igri povećati, padovi neće biti toliki, ali će stream biti u 720p rezoluciji.

Battlefield V će nam poslužiti za demonstraciju NVENC quality opcije. Kao i s DOOM-om javljaju se isti problemi s x264. Igra ima sve postavke na ultra kako bi što više posla zadali grafičkoj kartici, jer da je obrnuto s niskim postavkama imali bi veći FPS, a CPU bi još teže pratio. Korištenjem NVENC-a oslobađamo CPU od encodinga i dobivamo više FPS-a. Još jedan od problema koji se može javiti na streamu je ako FPS nije konzistentan, već se stalno mijenja. Rješenje toga je, da unutar igre zaključamo FPS kako bi izbjegli skokove i padove.



NVENC encoder s opcijom quality u 1080p 60FPS-a

Još jedno od rješenja za gore navedene probleme je streaming uz pomoć dva računala. Jedno računalo služi za igranje, a drugo je posvećeno streamu kako bi se te dvije aktivnosti razdvojile i ne imale utjecaj jedne na drugu. Stari hardware isto može poslužiti kao drugi PC ako zadovoljava minimalne specifikacije propisane od strane streaming platforme. Kako se ovdje radi o dva zasebna sistema koristi će se x264 i nema potrebe za NVENC-om jer će CPU u streaming računalu raditi sav encoding. Računala će se međusobno povezati preko capture card-a. Ja sam izabrao Elgato HD60 S vanjski capture card koja se spaja preko USB-a i košta 160\$. Prednosti su: lakoća korištenja i mogućnost streaming-a s konzola. Postoje i unutarnje capture kartice koje se spajaju preko PCIe-a.



Slika 18: Elgato HD60 S, 1080p 60FPS

Kod povezivanja računala HDMI kabel koji je s jedne strane spojen na gaming računalo spajamo u IN HDMI na capture card-u i zatim spajamo capture card preko USB-a u streaming računalo. Sljedeći je korak u Display settings provjeriti da se preko HDMI kabela duplicira slika sa gaming računala. Na streaming računalu unutar OBS-a treba dodati capture card kao izvor slike kako bi se ona pokazala na ekranu. Unutar OBS preview-a trebalo bi se vidjeti što god se radi na gaming računalu.

Uz današnju tehnologiju i podršku streaming postaje sve popularnija aktivnost počevši od zabave pa sve do posla od kojega se može pristojno živjeti. Iz gore navedenog vidi se da nije potrebno skupa konfiguracija kako bi se ušlo u taj svijet.

### 6.3. Video igre

U ovom poglavlju aktivnost je igranje video igara. Slično kao za prvu aktivnost napraviti ću po jednu konfiguraciju za svaki cijenovni rang. Komponente će biti u preporučenoj maloprodajnoj cijeni proizvođača. Cilj je igranje u 1080p rezoluciji s minimalno 60FPS-a što naravno, ovisi i o samoj igri. Iz toga razloga svaka konfiguracija će imati diskretni grafički podsustav.

Tablica 7: Konfiguracija za video igre do 1000\$

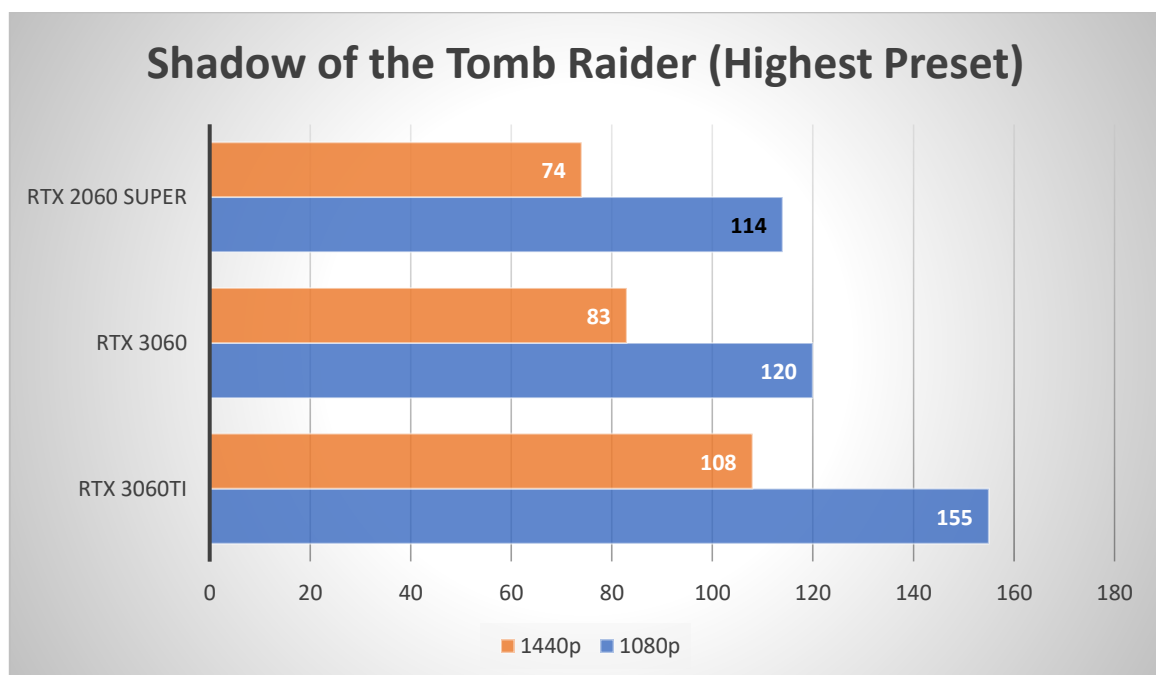
	<1000\$	
Grafički podsustav	MSI GeForce RTX 3060 VENTUS 2X 12GB GDDR6	330\$
Procesor	AMD Ryzen 5 5600X, 3.7GHz six-core, Max Boost do 4.6GHz	300\$
Radna memorija	Corsair VENGEANCE LPX 16GB 3200MHz DDR4 C16	90\$
Pohrana podataka	WD Blue SN550 500GB M.2 NVMe SSD	60\$
Matična ploča	MSI B450 TOMAHAWK MAX	105
Napajanje	EVGA 600 GD 80+ GOLD 600W	60\$
Kućiče	Phanteks Eclipse P300A Mesh Edition	50\$
Cijena		995\$

Za ovu konfiguraciju izabrao sam AMD Ryzen 5 5600X šestero-jezgreni procesor. Za 300\$ procesor dolazi sa hladnjakom i moguće je na njemu napraviti overclock jer je otključan.

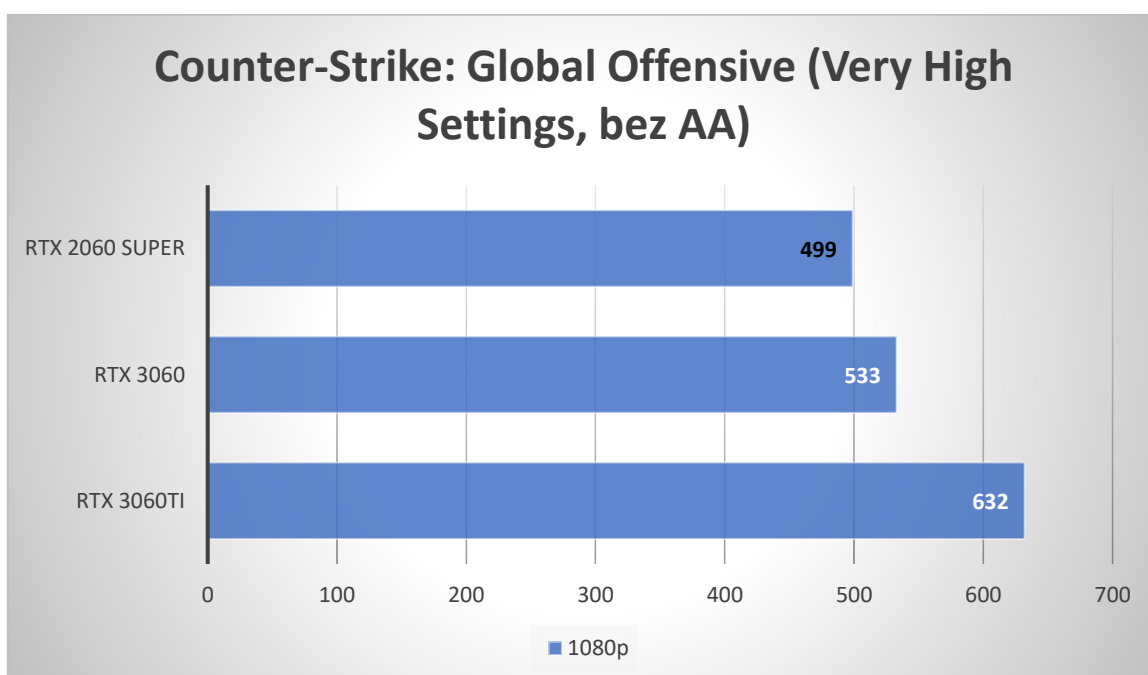
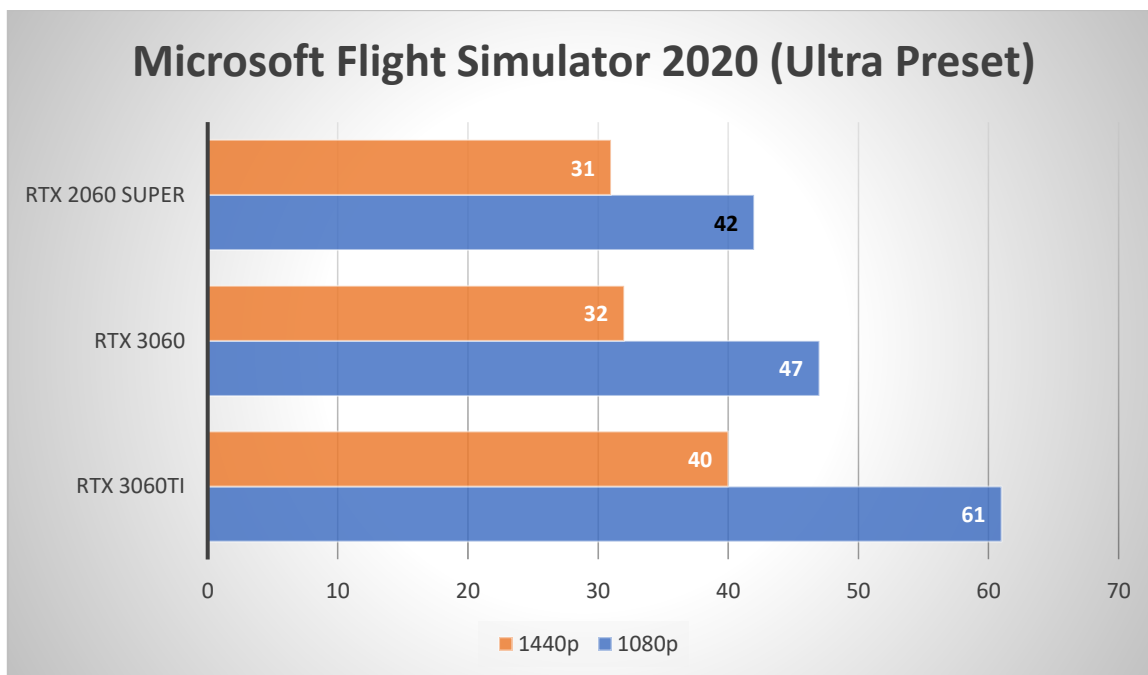


16GB radne memorije više je nego dovoljno za svakodnevne aktivnosti i igranje. U budućnosti se može nadograditi pohrana podataka s HDD od par TB jer će se SSD od 500GB poprilično brzo popuniti s obzirom na veličnu današnjih igara. Citanje SSD-a je 2400MB/s, a pisanje 1750MB/s. Napajanje je 600W sa 80+ gold ocjenom i dovoljno je za sadašnju konfiguraciju i u budućnosti ako se procesor overclock-a, gdje bi definitivno dobro došao novi hladnjak. Grafički sustav je diskretni u obliku grafičke kartice RTX 3060 sa 12GB radne memorije, brzinom GPU-a od 1320MHz do 1777MHz i 3 DisplayPort-a 1.4 i 1 HDMI 2.1.

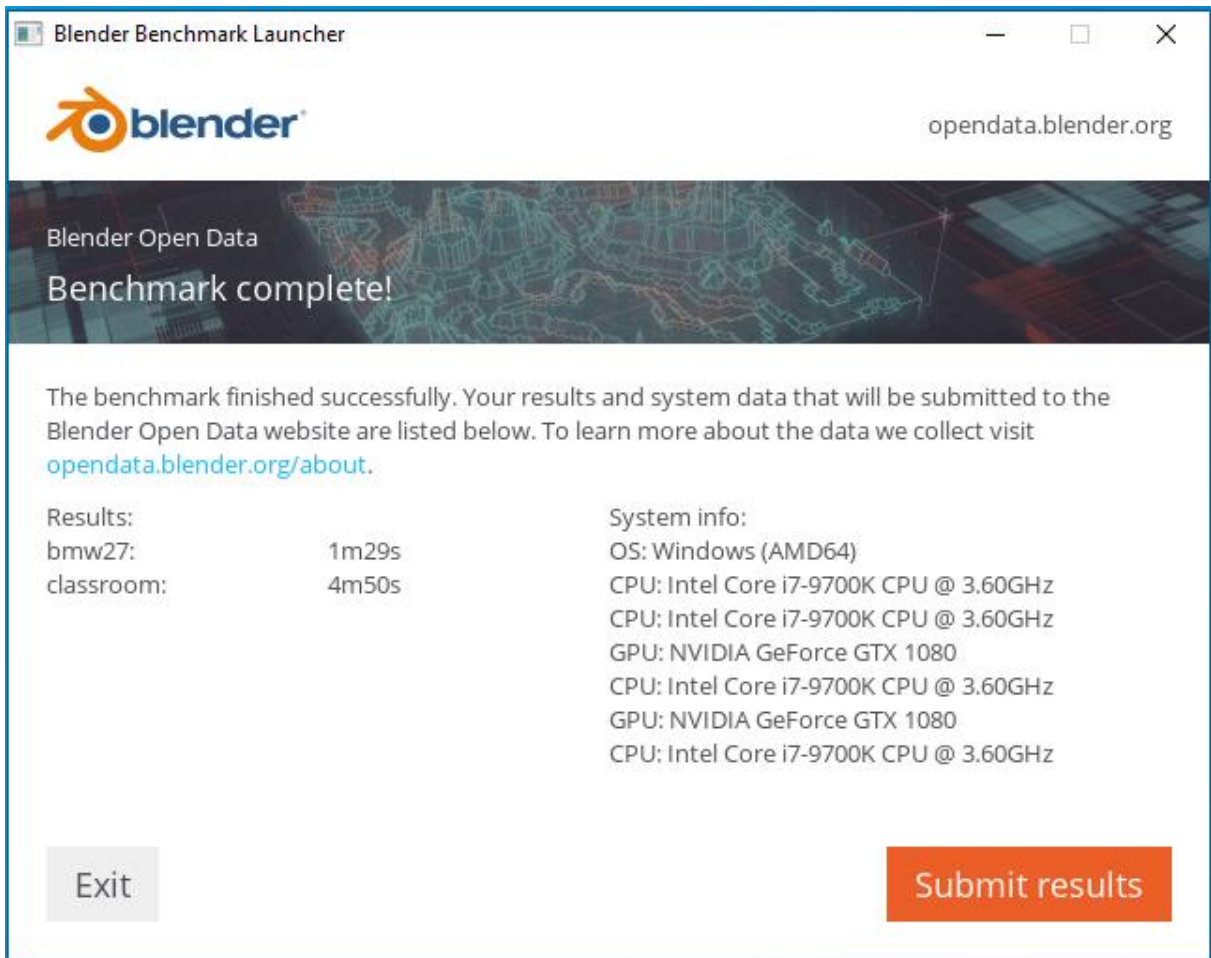
Sljede testovi između RTX 3060, RTX 3060Ti koja je za stepenicu iznad i prošle generacije RTX 2060 SUPER:



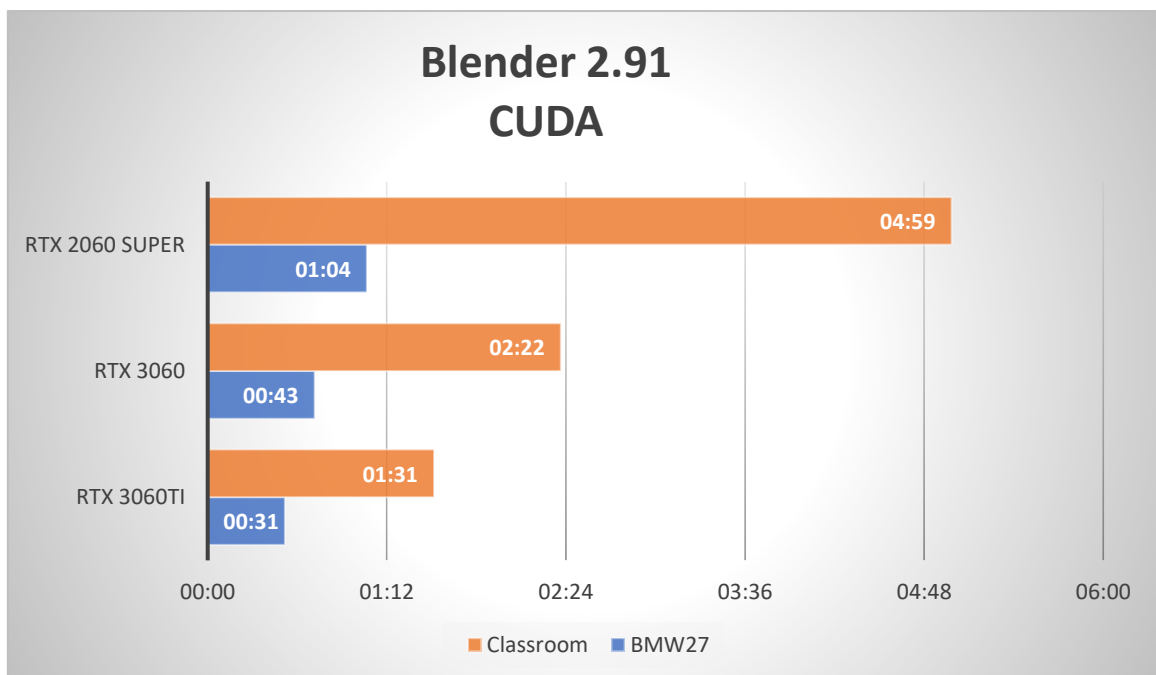




Blender točnije u ovom slučaju Blender Open Data je besplatni Benchmark za testiranje CPU i GPU-a. Nudi se 7 testova od koji sam ja izabrao BMW27 i Classroom. Rezultat je vrijeme u kojem je GPU render-ao scenu. Verziju sam odabrao 2.91. Dobiveno vrijeme može se uspoređivati s drugima online. Najbolji rezultat ima RTX 3090 sa 9.52s u BMW27 i 34.41 u Classroom testu. Blender je besplatni software otvorenog koda koji služi za izradu animiranih filmova, vizualnih efekata, 3D modela itd.



Slika 19: Rezultat mojeg računala u Blenderu



Iz testova se vidi, da se u gotovo svakoj igri u 1080p rezoluciji dobije preko 60FPS-a na maksimalnim grafičkim postavkama. Međutim, što ako nije tako ili se rezolucija poveća na 1440p? U igri Assassins Creed Valhalla, Ultra High Quality na 1080p rezoluciji 63FPS-a, dok 1440p donosi 50fpsa. Pitanje je što se može napraviti, a da se poveća FPS bez zamjene hardware-a, a to su same postavke igre. Jedna od tih postavki je Ambient Occlusion, točnije kako objekti blokiraju i reflektiraju svjetlo na druge objekte. Najmanje zahtjevna opcija je Screen space ambient occlusion (SSAO), dok je Horizon Based Ambient Occlusion (HBAO) puno zahtjevnija metoda i pruža neznatno bolju kvalitetu. [slika 15]



Slika 20: Opcije Ambient Occlusiona (Izvor:

<https://www.gamedesigning.org/learn/ambient-occlusion/>, 2021)

Ovakva konfiguracija će bez problema pokretati starije i e-sports naslove kao što su League of Legends i Counter-Strike: Global Offensive u 1080p rezoluciji s puno više od 60FPS-a. Kada se rezolucija poveća na 1440p ovisno o igri treba se „igrati“ s postavkama, ali 60FPS-a je i dalje ostvarivo. O tehnologiji kao što je ray tracing i DLSS govorit ću u sljedećem cijenovnom rangu. Ova konfiguracija također je sposobna za streaming jer je jača od testne korištene za demonstraciju encodera.

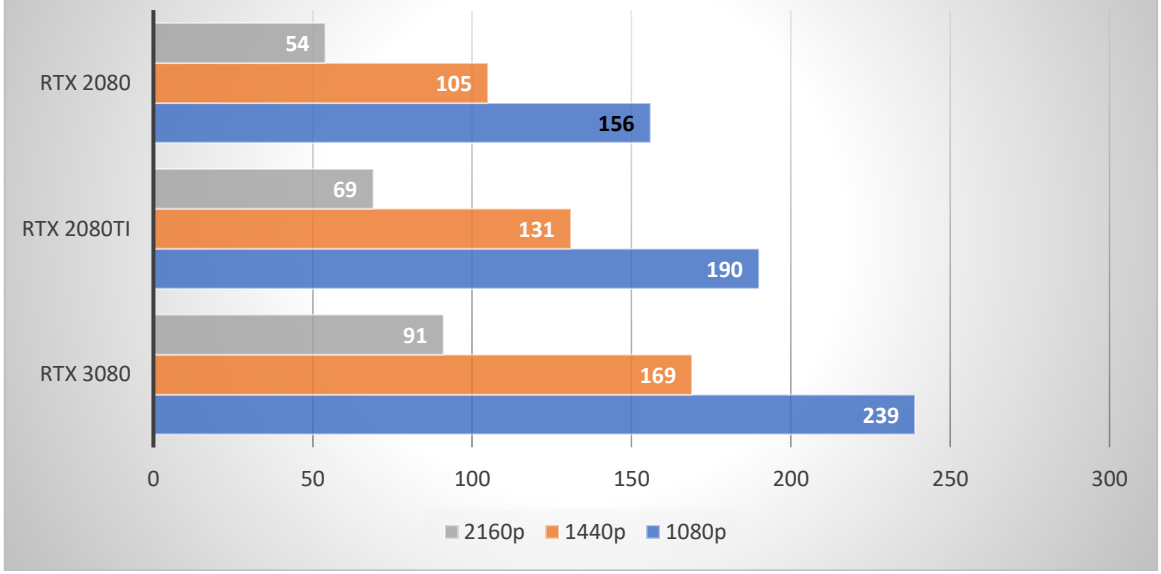
Tablica 8: Konfiguracija za video igre od 1000\$ do 2000\$

	1000\$-2000\$	
Grafički podsustav	NVIDIA GeForce RTX 3080 10GB GDDR6X	700\$
Procesor	Intel i7-11700K, 3.6GHz eight-core, Turbo Boost do 5.0GHz	400\$
Radna memorija	Corsair VENGEANCE RGB PRO 16GB 3200MHz DDR4 C16	105\$
Pohrana podataka	Samsung 980 500GB M.2 NVMe SSD	60\$
	WD Black Performance 4TB HDD	150\$
Matična ploča	Asus PRIME Z590-A	280\$
Napajanje	Corsair TX650M 80+ GOLD 650W	110\$
Kućište	Corsair 4000D Airflow	95\$
Bonus	Noctua NH-D15	100\$
Cijena		2000\$

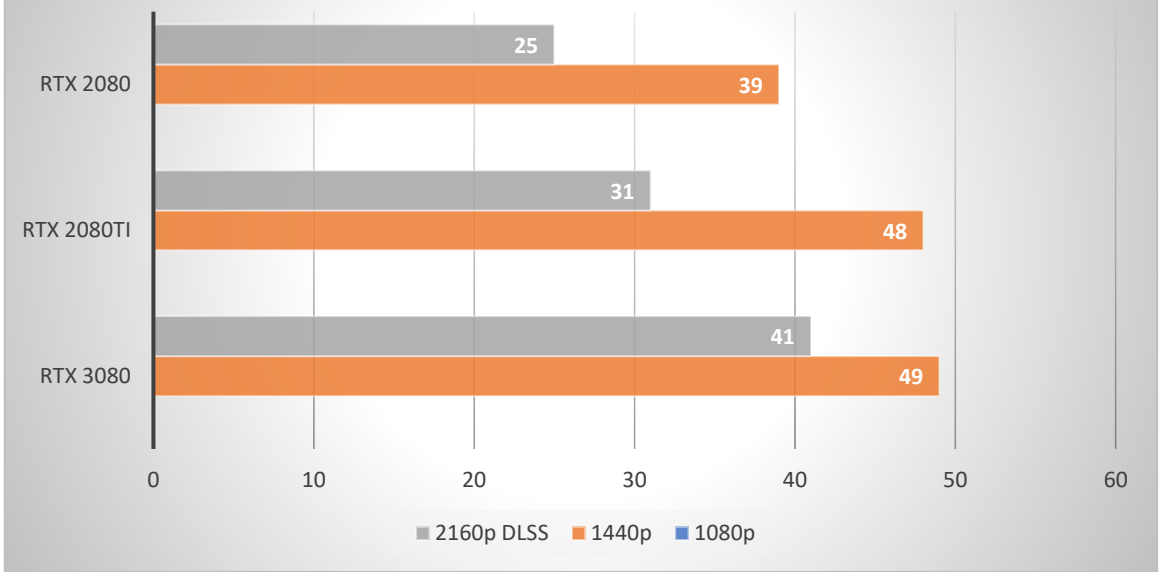
Ovdje sam za središnju procesorsku jedinicu odabrao Intel i7-11700K osmero jezgri procesor koji je također otključan, ali dolazi bez hladnjaka. Stoga je potrebno investirati u hladnjak kako bi računalo uopće radilo. Odabrani Noctua hladnjak je jedan od boljih hladnjaka i zadovoljavajući je za overclock. Radna memorija je mogla ostati ista kao i u prijašnjem cijenovnom rangu i uštedilo bi se 15\$. Razlika je što ovaj RAM ima RGB osvjetljenje što pridonosi estetici. Čitanje SSD-a je 3100MB/s, a pisanje 2600MB/s. Grafički sustav je diskretni u obliku grafičke kartice RTX 3080 sa 10GB radne memorije, brzinom GPU-a 1440MHz do 1777MHz i 3 DisplayPort-a 1.4 i 1 HDMI 2.1.

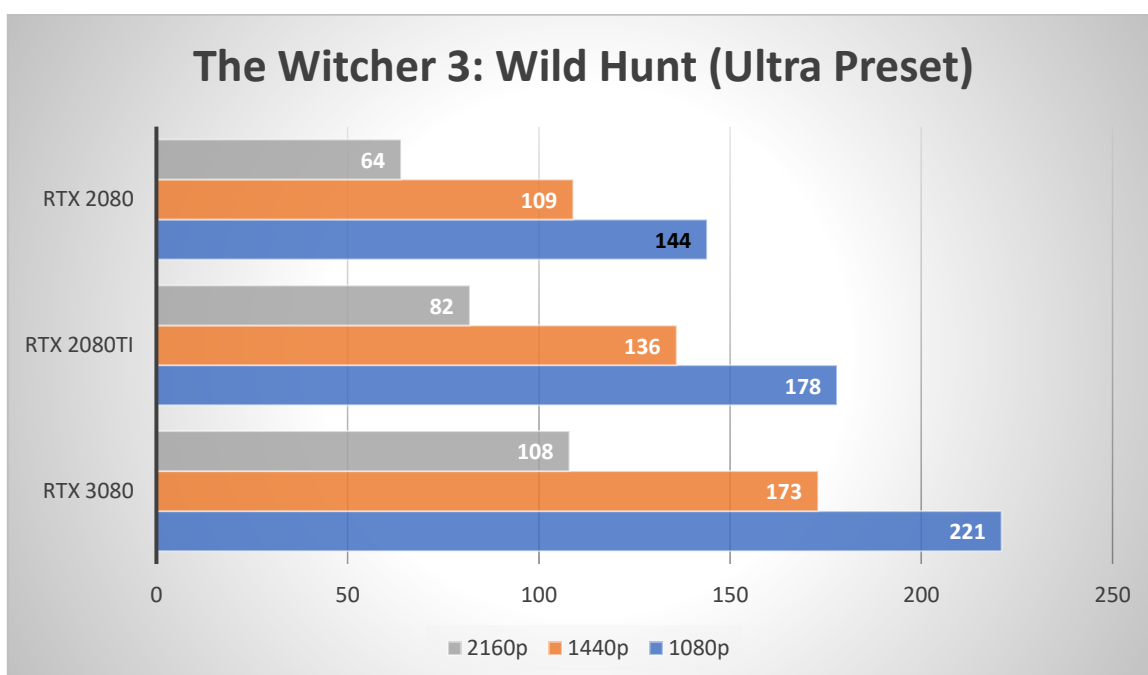
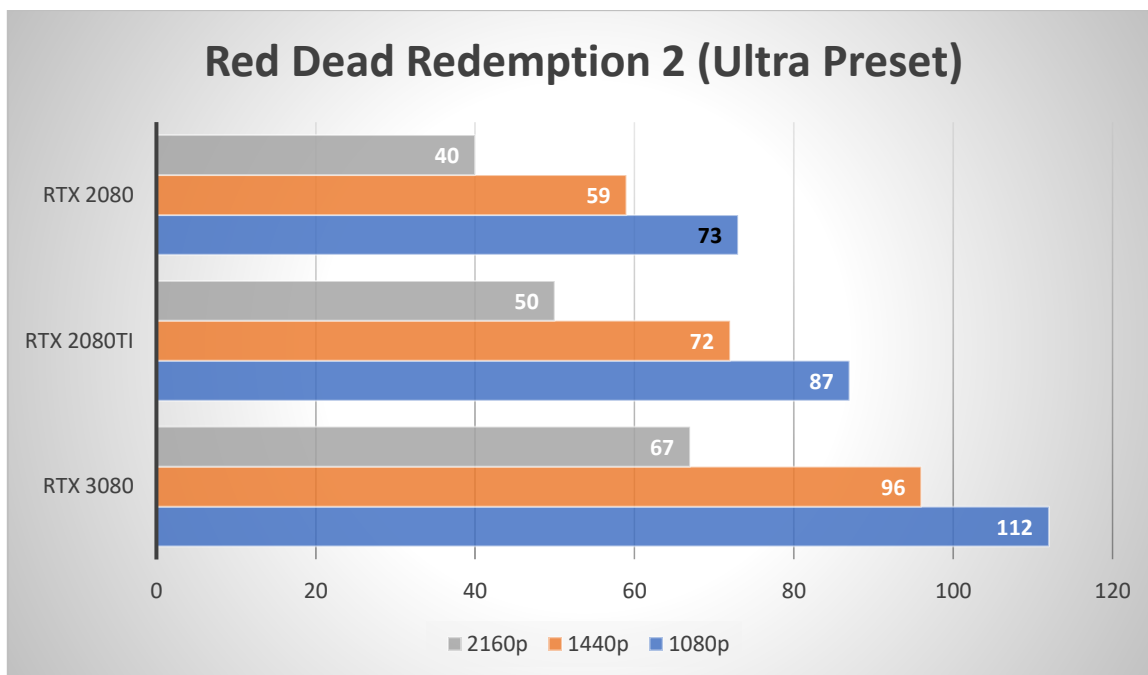
Sljede testovi između RTX 3080, prošle generacije RTX 2080 i RTX 2080Ti koja je za stepenicu iznad RTX 2080:

### Shadow of the Tomb Raider (Highest Preset)



### Microsoft Flight Simulator 2020 (Ultra Preset)



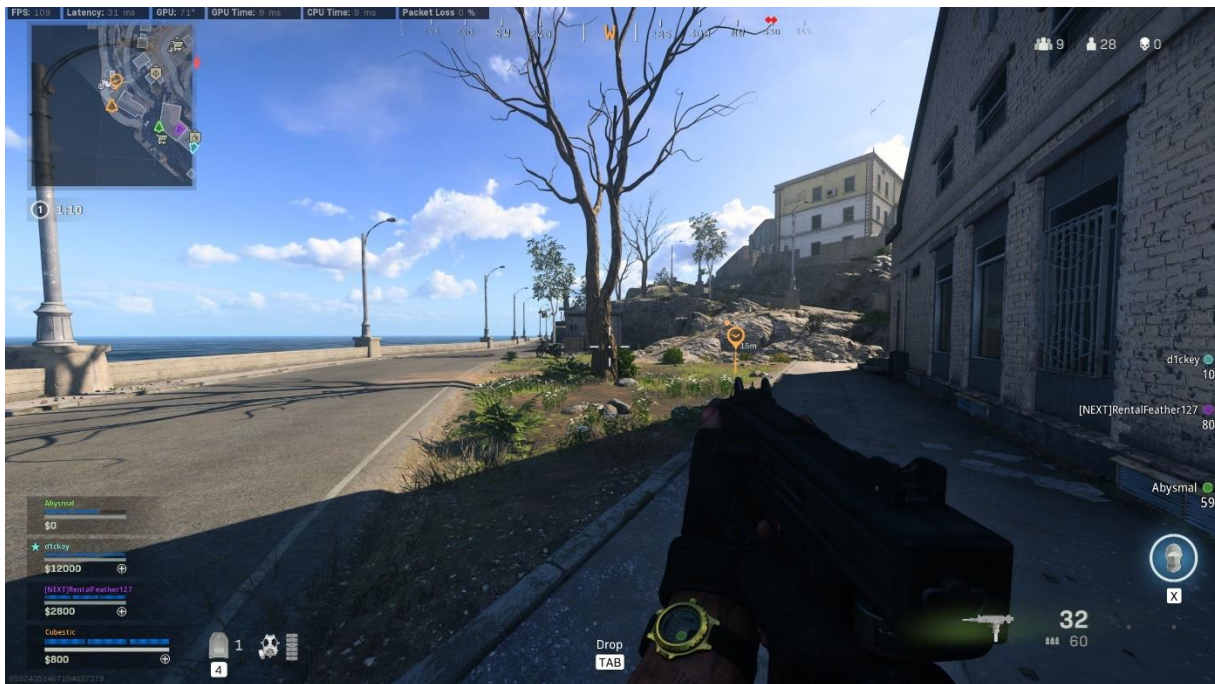


Vrijeme u Blenderu test BMW27 je 0:27 sekundi.

U starijim igrama poput The Witcher 3 koji je izasao 2015. i na 2160p (4K) rezoluciji FPS je u troznamenkastim vrijednostima. Shadow of the Tom Raider iz 2018. koja koristi DirectX 12 API također ne predstavlja problem RTX 3080 gdje FPS ide preko 200 u 1080p rezoluciji. U proslogodišnjem Flight Simulatoru koji je vrlo zahtjevna igra i na 4K ostvaruje se



41 FPS uz pomoć DLSS-a što je igrivo jer igra nema brzog kretanja već se fokusira na vizuale. Isto tako svaka igra ima postavke namještene do kraja, što znači da se ne mora birati između visokog FPS-a i bogatstva grafike. U odnosu na proslododišnju generaciju osobito RTX 2080Ti koja je kostala 1200\$, RTX 3080 se čini kao mnogo bolja opcija. Grafička postavka koje se može smanjiti da bi se FPS još više povećao je Anti-aliasing. To je tehnika koja eliminira „nazubljene“ linije i rubove. Za primjer ćemo uzeti Call of Duty Warzone sa isključenim Enhanced subpixel morphological anti-aliasing (SMAA) i Filmic SMAA T2X.



Slika 21: Filmic SMAA T2X

SMAA je vrsta post-process Anti-aliasing koja zaglađuje piksele istom metodom koju koriste MLAA i FXAA ali koristeći manje računarske snage. Svaki piksel se malo zamuti nakon što se rendera, a što znači da ponekad slike mogu biti previše zamućene.





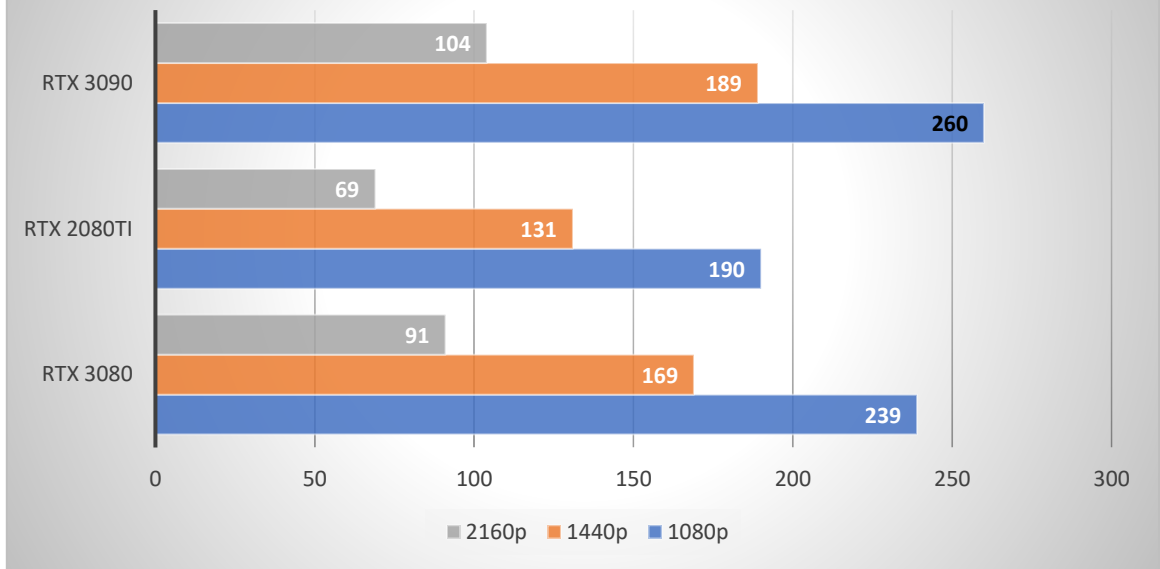
Tablica 9: Konfiguracija za video igre iznad 2000\$

	>2000\$	
Grafički podsustav	EVGA GeForce RTX 3090 FTW3 ULTRA GAMING 24GB GDDR6X	1890\$
Procesor	AMD Ryzen 9 5950X, 3.4GHz sixteen-core, Max Boost do 4.9GHz	800\$
Radna memorija	Corsair VENGEANCE RGB PRO 32GB 4000MHz DDR4 C16	330\$
Pohrana podataka	Samsung 980 PRO 1TB M.2 NVMe SSD	200\$
	WD Black Performance 4TB HDD	150\$
Matična ploča	Asus ROG Crosshair VIII Hero	400\$
Napajanje	Corsair RM1000x 80+ GOLD 1000W	190\$
Kućište	Lian Li PC-011 Dynamic	150\$
Bonus	Corsair iCUE H150i ELITE CAPELLIX	190\$
Cijena		4300\$

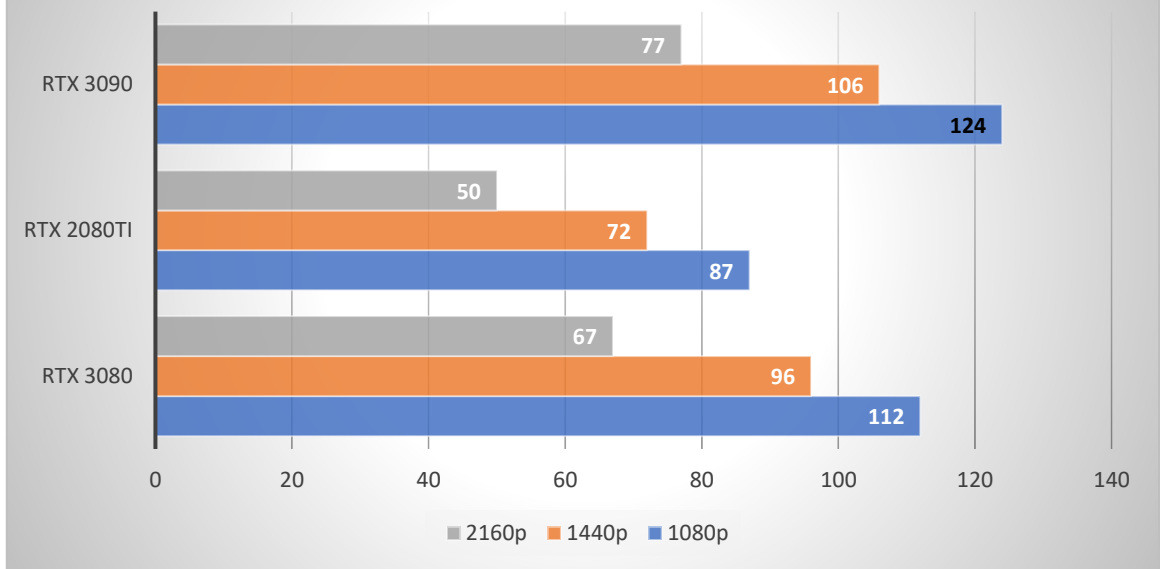
Ovaj cijenovni rang nema ograničenja pa su moguće bilo kakve kombinacije. Od potpunog vodenog hlađenja do više diskova u RAID-u. Ovakva konfiguracija može se koristiti za gaming, streaming i profesionalne zadatke. Procesor ima 16 jezgri moguće ga je overclockati i u Cinebench R20 ostvaruje rezultat preko 10000 u Multi Core-u. Radna memorija se može povećati i na 64GB. Citanje SSD-a je 7000MB/s, a pisanje 5000MB/s. Grafički podsustav je RTX 3090 koja je trenutno vrh ponude RTX 30 serije. 24GB radne memorije, GPU brzine od 1395MHz do 1800MHz, 1 HDMI 2.1, 3x Display Port-a 1.4a.

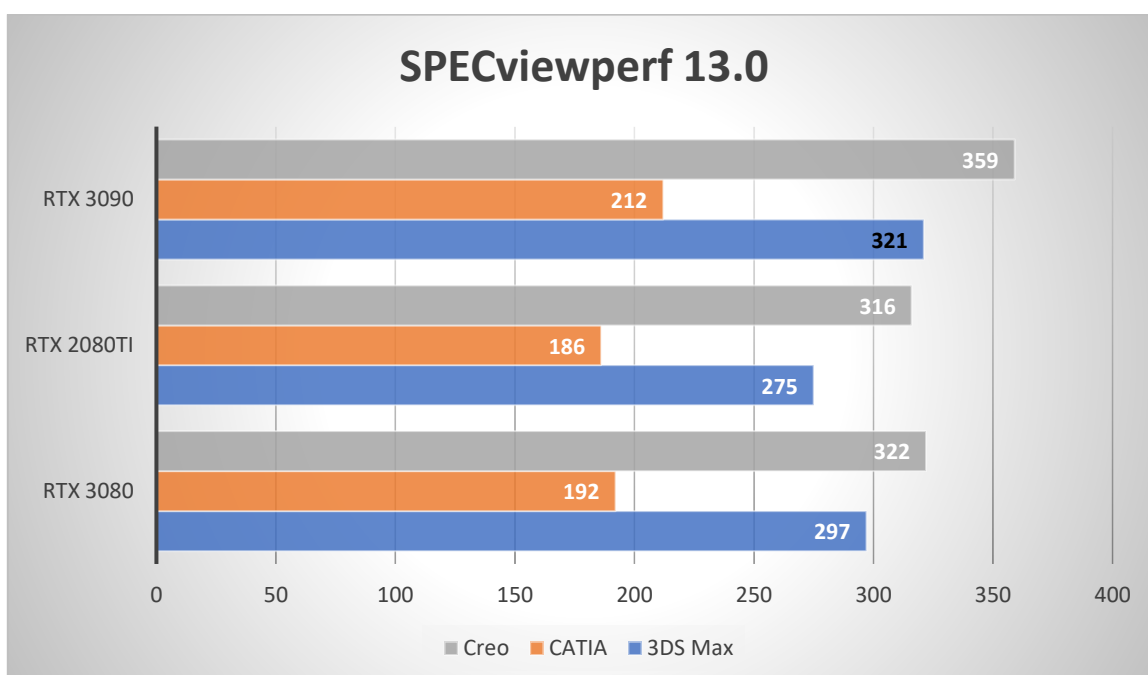
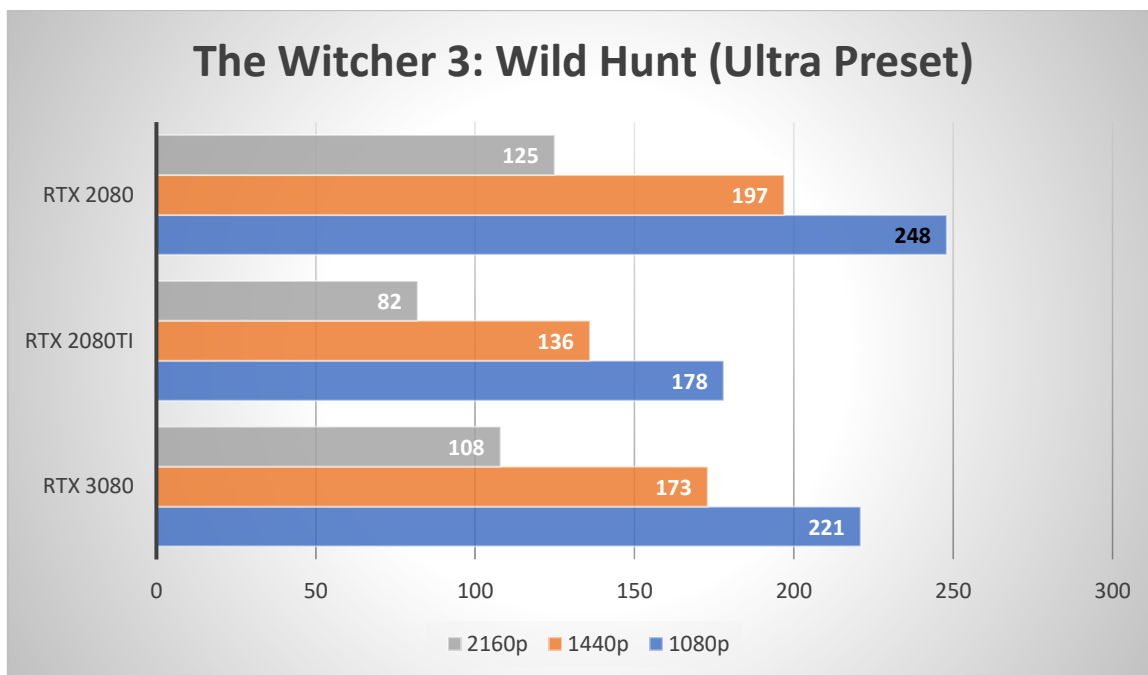
Sljede testovi između RTX 3090, RTX 3080 i RTX 2080Ti:

### Shadow of the Tomb Raider (Highest Preset)



### Red Dead Redemption 2 (Ultra Preset)





SPECviewperf 13 je Benchmark za mjerenje grafičkih performansi temeljen na stvarnim profesionalnim aplikacijama. Testovi se zovu viewsets i predstavljaju grafički sadržaj i ponašanje iz stvarnih aplikacija. 3ds Max i Maya predstavljaju video i medija aplikacije, CATIA Creo, Simens NX i Solidworks predstavljaju dizajn i proizvodnju, Energy i Medical predstavljaju energetske i medicinske aplikacije Svaki viewset sadrži više modela i grafičkih opcija. Rezultat

Benchmark-a je Composite Score koji se temelji na geometrijskoj sredini mnogo različitih scena i render modela.

Osim DLSS-a, Nvidia na svojim karticama ima i ray tracing tehnologiju. Ray tracing rendera svjetlo i sijenu u sceni simulirajući i prateći svaku zraku svjetla koja dolazi od izvora osvjetljenja. Algoritam prati put svjetla i simulira kako svjetlo komunicira sa virtualnim objektima. Ovakva tehnologija nije nova jer se koristi u filmovima osobito onima sa CGI-em (Computer-generated imagery). Nedostatak je što je potrebna velika računarska snaga.

## 6.4. Odabir monitora

Za igranje video igara s visokim FPS-om potreban je odgovarajući monitor. Kao primjer možemo uzeti bilo koju igru od gore navedenih u kojoj ostvarujemo preko 100FPS-a i igramo ju na monitoru od 60Hz. To znači da monitor osvježava sliku 60 puta u sekundi i prikazuje samo 60FPS-a. Iz toga razloga potreban je odgovarajući monitor jer inače nema smisla imati snažnu i skupu grafičku koja je sposobna pokretati igre u 60 i više FPS-a. Predložiti ću tri monitora neovisno o cijenovnom rangu, već će glavni faktor biti rezolucija



Slika 23: ASUS ROG SWIFT 360Hz PG259QN (Izvor:

<https://rog.asus.com/monitors/23-to-24-5-inches/rog-swift-360hz-pg259qn-model/>, 2021)

- 24.5"
- 1920x1080
- 360HZ
- 1ms
- IPS
- NVIDIA G-SYNC i ULMB



Slika 24: ALIENWARE 27 AW2721D (Izvor: <https://www.dell.com/en-us/shop/alienware-27-gaming-monitor-aw2721d/apd/210-axsw/monitors-monitor-accessories>, 2021)

- 27"
- 2560x1440
- 240Hz
- 1ms
- IPS
- NVIDIA G-SYNC



Slika 25: LG 27GN950-B (Izvor: <https://www.lg.com/us/monitors/lg-27gn950-b-gaming-monitor>, 2021)

- 27"
- 3820x2160
- 144Hz
- 1ms
- IPS
- AMD FreeSync

Svaki monitor dolazi u različitoj rezoluciji dok su druge značajke više manje iste. Rezolucija je broj piksela u redu i broj piksela u stupcu. Što je ona veća, veći je broj piksela i slika je detaljnija i oštija. Refresh rate koji se iskazuje u Hz je broj koliko puta u sekundi se monitor osvježi sa novim informacijama. 360Hz znači 360 puta se slika osvježi u sekundi. Trenutno na tržištu to je najveći refresh rate i takav monitor namjenjen je esports naslovima koji su dobro optimizirani i nisu zahtjevni za hardware. 60Hz monitori prikazuju novi frame svakih 16.67ms, 144Hz svakih 6.94ms, 240Hz svakih 4.17ms i 360Hz svakih 2.78ms. Iz toga se može vidjeti da što je veći refresh rate nema velikih smanjenja u milisekundama i ljudsko oko gotovo neće moći vidjeti razliku između npr. 240Hz i 360Hz. Cijena 360Hz monitora je 700\$.



1ms označava respons time što je vrijeme potrebno monitoru za promjenu iz jedne boje u drugu. Respons time obično je povezan sa vrstom LCD panela gdje postoje tri vrste:

- Twisted Nematic (TN) imaju loše boje, ali zato niski respons time
- In-Plane Switching (IPS) velika paleta točnih boja ali je respons time visokog
- Vertical Alignment (VA) sredina između TN i IPS sa niskim respons time-om i bogatim bojama.

TN više nije popularan kao unazad par godina, današnji monitori ostvaruju niski respons time i sa IPS matricom, stoga ne mora se birati između boja i niskog respon time-a.

Jedna od posebnih značajki je G-Sync od Nvidie ili FreeSync od AMD-a. Kidanje zaslona (eng. screen tearing) vizualni bug gdje monitor prikazuje informacije iz više frame-ova odjednom. To se događa kada igrin framerate nije isti kao framerate monitora. G-Sync monitori imaju variabilni refresh rate, što znači da se mogu sinkronizirati maksimalni i minimalni refresh rate sa framerate-om Nvidia grafičke kartice



Slika 26: Screen tearing (Izvor: [https://en.wikipedia.org/wiki/Screen\\_tearing](https://en.wikipedia.org/wiki/Screen_tearing), 2021)

# Zaključak

Mnogi poslovi u kojima se koristi računalo, da bi se mogli kvalitetno realizirati moraju imati i kvalitetna tehnička rješenja.

U ovom radu sam uz teorijski dio gdje je opisan grafički podsustav i njegovi djelovi, te primjena u praktičnom djelu napravio istraživanja tj. usporedbu konfiguracija nekoliko računala za nekoliko aktivnosti. Kao rezultat toga istraživanja došao sam do zaključka, da je glavni kriterij za odabir grafičkog podsustava: aktivnost i cijena.

Koliko je korisnik spreman platiti kako bi unaprijedio svoje iskustvo ili posao kojim se bavi. Ako radi terenski posao izvan ureda onda je za njega laptop najbolje rješenje. Ako je posao zahtjevan trebat će mu diskretni grafički podsustav, a za sve drugo dovoljan je integrirani. Želi li se stream-ati ili igrati video-igre diskretni grafički podsustav je pravo rješenje.

Stoga je pravi odabir grafičkog podsustava rješenje za kvalitetnu provedbu aktivnosti.



# Popis literature

## Web izvori

[1] ELF 2017/2018, Poslovna informatika, Ulazno-izlazne jedinice racunala, preuzeto s <https://elfarchive1718.foi.hr/mod/lesson/view.php?id=47746&pageid=919> 8.7.2021.

[2] Intel, What Is the Difference Between Integrated Graphics and Discrete Graphics?, preuzeto s <https://www.intel.com/content/www/us/en/support/articles/000057824/graphics.html> 8.7.2021

[3] Makeuseof, What Is the Difference Between an APU, CPU, and GPU?, James Frew, 24.4.2020., preuzeto s <https://www.makeuseof.com/tag/what-is-the-difference-between-an-apu-a-cpu-and-a-gpu-makeuseof-explains/> 8.7.2021.

[4] Gamingscan, APU vs CPU vs GPU – What's The Difference?, Thomas Bardwell, 11.11.2020., preuzeto s <https://www.gamingscan.com/apu-vs-cpu-vs-gpu/> 30.6.2021.

[5] Omnisci, How CPU and GPU Work Together, preuzeto s <https://www.omnisci.com/technical-glossary/cpu-vs-gpu> 11.7.2021.

[6] linuxhint, What is an Accelerated Processing Unit? Glynis Navarrete, sijecanj 2021., preuzeto s <https://linuxhint.com/what-is-an-accelerated-processing-unit/> 30.6.2021.

[7] Wikipedia, Graphics processing unit, preuzeto s [https://en.wikipedia.org/wiki/Graphics\\_processing\\_unit](https://en.wikipedia.org/wiki/Graphics_processing_unit), 11.7.2021.

[8] ELF 2017/2018, Poslovna informatika, Ulazno-izlazne jedinice racunala, preuzeto s <https://elfarchive1718.foi.hr/mod/lesson/view.php?id=47746&pageid=920> 10.7.2021.

[9] Computerhope, Video memory, 21.5.2018. preuzeto s <https://www.computerhope.com/jargon/v/vidememo.htm> 9.7.2021.

[10] Techterms, VRAM, preuzeto s <https://techterms.com/definition/vram> 11.7.2021.

[11] Whatistechtarget, RAMDAC (random access memory digital-to-analog converter), rujan 2005, preuzeto s <https://whatistechtarget.com/definition/RAMDAC-random-access-memory-digital-to-analog-converter> 11.7.2021. 5.7.2021.

[12] Electronic, Sta je DVI?, preuzeto s <https://electronic.ba/2016/04/28/sta-je-dvi-digital-visual-interface/> 11.07.2021

[13] Computer Hope, HDMI, 27.2.2019. preuzeto s <https://www.computerhope.com/jargon/h/hdmi.htm> 1.7.2021.

[14] Ciegroup, What is HDMI?, preuzeto s <https://cie-group.com/how-to-av/videos-and-blogs/what-is-hdmi-high-definition-multimedia-interface> 1.7.2021.

[15] Pcworld, HDMI vs. DisplayPort: Which display interface reigns supreme?, Michael Brown & Jon L. Jacobi, preuzeto s <https://www.pcworld.com/article/2030669/hdmi-vs-displayport-which-display-interface-reigns-supreme.html> 1.7.2021.

[16] Tomshardware, What Is PCIe? A Basic Definition, Scharon Harding, 8.2.2021. preuzeto s <https://www.tomshardware.com/reviews/pcie-definition,5754.html> 11.7.2021

# Popis slika

Slika 1: Intel Tiger Lake procesori (Izvor: <a href="https://www.anandtech.com/show/16063/intel-launches-11th-gen-core-tiger-lake-processors-and-evo-branding">https://www.anandtech.com/show/16063/intel-launches-11th-gen-core-tiger-lake-processors-and-evo-branding</a> , 2020).....	5
Slika 2: AMD Ryzen 4000 APU (Izvor: <a href="https://wccfttech.com/amd-ryzen-4000-renoir-desktop-apus-official-launch/">https://wccfttech.com/amd-ryzen-4000-renoir-desktop-apus-official-launch/</a> , 2020) .....	6
Slika 3: Turing GPU (Izvor: <a href="https://www.guru3d.com/articles_pages/geforce_rtx_2080_ti_founders_review,2.html">https://www.guru3d.com/articles_pages/geforce_rtx_2080_ti_founders_review,2.html</a> , 2018)8	
Slika 4: Performanse moje graficke kartice.....	10
Slika 5: Primjer DVI-a (Izvor: <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Visual_Interface">https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Visual_Interface</a> , 2021) ...	12
Slika 6: Najsnažnija konfiguracija MacBook Air-a (Izvor: <a href="https://www.apple.com/shop/buy-mac/macbook-air/space-gray-1.1ghz-dual-core-core-i3-processor-with-turbo-boost-up-to-3.2ghz-256gb#">https://www.apple.com/shop/buy-mac/macbook-air/space-gray-1.1ghz-dual-core-core-i3-processor-with-turbo-boost-up-to-3.2ghz-256gb#</a> , 2020) .....	16
Slika 7 Eksterna grafička kartica (Izvor: <a href="https://www.imore.com/how-set-your-mac-external-gpu">https://www.imore.com/how-set-your-mac-external-gpu</a> , 2017).....	17
Slika 8: Ponuda Dell XPS 13 laptopa (Izvor: <a href="https://www.dell.com/en-us/shop/laptops/13/spd/xps-13-7390-laptop">https://www.dell.com/en-us/shop/laptops/13/spd/xps-13-7390-laptop</a> , 2019) .....	18
Slika 9: Fire Strike na mojem stolnom racunalu .....	20
Slika 10: Jedna od snažnijih Razer Blade 15 konfiguracija (Izvor: <a href="https://www.razer.com/shop/pc/gaming-laptops?query=:newest:category:system-laptops:system-display:15%2Binch&amp;sortCode=price-desc">https://www.razer.com/shop/pc/gaming-laptops?query=:newest:category:system-laptops:system-display:15%2Binch&amp;sortCode=price-desc</a> , 2021) .....	22
Slika 11: x264 sa pripadajucim opcijama .....	27
Slika 12: NVENC opcije kvalitet .....	28
Slika 13: Bitrate u odnosu na brzinu upload-a (Izvor: <a href="https://www.nvidia.com/en-us/geforce/guides/broadcasting-guide/">https://www.nvidia.com/en-us/geforce/guides/broadcasting-guide/</a> , 2021) .....	29
Slika 14 .....	29
Slika 15 .....	30
Slika 16 .....	30
Slika 17: CPU na 100% upotrebe .....	31
Slika 18: Elgato HD60 S, 1080p 60FPS .....	33
Slika 19: Rezultat mojeg računala u Blenderu .....	36
Slika 20: Opcije Ambient Occlusiona (Izvor: <a href="https://www.gamedesigning.org/learn/ambient-occlusion/">https://www.gamedesigning.org/learn/ambient-occlusion/</a> , 2021) .....	37
Slika 21: Filmic SMMA T2X .....	41
Slika 22: SMAA off .....	42

Slika 23: ASUS ROG SWIFT 360Hz PG259QN (Izvor: <a href="https://rog.asus.com/monitors/23-to-24-5-inches/rog-swift-360hz-pg259qn-model/">https://rog.asus.com/monitors/23-to-24-5-inches/rog-swift-360hz-pg259qn-model/</a> , 2021).....	46
Slika 24: ALIENWARE 27 AW2721D (Izvor: <a href="https://www.dell.com/en-us/shop/alienware-27-gaming-monitor-aw2721d/apd/210-axsw/monitors-monitor-accessories">https://www.dell.com/en-us/shop/alienware-27-gaming-monitor-aw2721d/apd/210-axsw/monitors-monitor-accessories</a> , 2021).....	47
Slika 25: LG 27GN950-B (Izvor: <a href="https://www.lg.com/us/monitors/lg-27gn950-b-gaming-monitor">https://www.lg.com/us/monitors/lg-27gn950-b-gaming-monitor</a> , 2021) .....	48
Slika 26: Screen tearing (Izvor: <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Screen_tearing">https://en.wikipedia.org/wiki/Screen_tearing</a> , 2021).....	49