

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Davor Jovanovič

## **Testiranje mobilnih telefonov**

DIPLOMSKO DELO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE  
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

Ljubljana, 2018



UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Davor Jovanovič

## **Testiranje mobilnih telefonov**

DIPLOMSKO DELO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE  
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

MENTOR: pred. mag. Igor Škraba

Ljubljana, 2018



To delo je ponujeno pod licenco *Creative Commons Priznanje avtorstva – Deljenje pod enakimi pogoji 2.5 Slovenija* (ali novejšo različico). To pomeni, da se tako besedilo, slike, grafi in druge sestavine dela kot tudi rezultati diplomskega dela lahko prosto distribuirajo, reproducirajo, uporabljajo, priobčujejo javnosti in predelujejo, pod pogojem, da se jasno in vidno navede avtorja in naslov tega dela in da se v primeru spremembe, preoblikovanja ali uporabe tega dela v svojem delu lahko distribuirajo predelava le pod licenco, ki je enaka tej. Podrobnosti licence so dostopne na spletni strani [creativecommons.si](http://creativecommons.si) ali na Inštitutu za intelektualno lastnino, Streliška 1, 1000 Ljubljana.



Izvorna koda diplomskega dela, njeni rezultati in v ta namen razvita programska oprema je ponujena pod licenco *GNU General Public License*, različica 3 (ali novejša). To pomeni, da se lahko prosto distribuirajo in/ali predelujejo pod njenimi pogoji. Podrobnosti licence so dostopne na spletni strani <http://www.gnu.org/licenses>.



Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Testiranje mobilnih telefonov

Benchmarking of mobile phones

Tematika naloge:

V nalogi predstavite zgodovinski razvoj mobilne telefonije in posamezne generacije mobilne tehnologije. Opišite zgradbo modernih mobilnih telefonov in predstavite posamezne komponente. Preglejte aplikacije za testiranje mobilnih telefonov in izvedite testiranje nekaj izbranih modelov mobilnih telefonov višjega cenovnega razreda. Analizirajte rezultate testov in jih primerjajte s podatki o prodaji teh mobilnih telefonov.



*Na tem mestu bi se zahvalil mentorju pred. mag. Igor Škrabi za pomoč pri pisanju te diplomske naloge, prav tako pa bi se rad zahvalil družini, prijateljem in vsem ostalim, ki so me podpirali pri študiju, in prodajni enoti A1 Slovenija v Kranju, kjer sem si izposodil mobilne telefone za testiranje.*



# Kazalo

**Povzetek**

**Abstract**

<b>Poglavje 1</b>	<b>Uvod .....</b>	<b>1</b>
<b>Poglavje 2</b>	<b>Zgodovina razvoja mobilne telefonije .....</b>	<b>3</b>
2.1	Nastanek in razvoj brezžične telefonije .....	3
2.1.1	Prve ideje za uporabo brezžične telefonije .....	3
2.1.2	Sistemi in storitve za komuniciranje .....	3
2.2	Nastanek in razvoj mobilne telefonije .....	4
2.2.1	Generacije storitev in sistemov mobilne tehnologije .....	5
2.3	Nastanek in razvoj prenosnega mobilnega telefona.....	11
2.3.1	Prvi mobilni telefon: Motorola DynaTAC 8000X .....	11
2.3.2	Telefoni med letoma 1990 in 2000.....	12
2.3.3	Telefoni med letoma 2000 in 2010.....	14
2.3.4	Telefoni od leta 2010 do danes.....	16
<b>Poglavje 3</b>	<b>Zgradba mobilnega telefona.....</b>	<b>21</b>
3.1	Osnovna plošča .....	22
3.1.1	Procesor .....	22
3.1.2	Notranji pomnilnik .....	24
3.1.3	Zunanji pomnilnik .....	25
3.1.4	Kamera.....	26
3.1.5	Senzorji.....	27
3.1.6	Antena.....	28
3.2	Baterija.....	29
3.3	Zaslon.....	30

3.4	Kartica SIM.....	31
3.5	Operacijski sistem .....	33
3.5.1	Operacijski sistem Android.....	33
3.5.2	Operacijski sistem iOS.....	34
<b>Poglavje 4</b>	<b>Testiranje komponent mobilnih telefonov.....</b>	<b>37</b>
4.1	Aplikacije uporabljene za testiranje .....	37
4.1.1	Aplikacija AnTuTu Benchmark.....	37
4.1.2	Aplikacija Basemark OS II .....	38
4.1.3	Aplikacija GeekBench 4 .....	38
4.1.4	Aplikaciji AndroBench in GFXBench GL Benchmark .....	39
4.2	Predstavitev testiranih mobilnih telefonov.....	39
4.2.1	Lastnosti telefona Samsung Galaxy S8+ .....	39
4.2.2	Lastnosti telefona iPhone 8 Plus .....	41
4.2.3	Lastnosti telefona OnePlus 5.....	42
4.2.4	Lastnosti telefona Huawei P10 Plus.....	43
4.2.5	Lastnosti telefona HTC U11 .....	44
4.3	Analiza rezultatov testov .....	45
4.3.1	Rezultati testov v aplikaciji AnTuTu Benchmark.....	45
4.3.2	Rezultati testov v aplikaciji Basemark OS II.....	53
4.3.3	Rezultati testov v aplikaciji GeekBench 4 .....	55
4.3.4	Rezultati testov v aplikacijah AndroBench in GL Benchmark.....	66
4.3.5	Rezultati testov odzivnosti sistema in kamere .....	72
<b>Poglavje 5</b>	<b>Primerjava testnih in prodajnih rezultatov.....</b>	<b>77</b>
<b>Poglavje 6</b>	<b>Sklepne ugotovitve .....</b>	<b>81</b>
<b>Literatura.....</b>		<b>83</b>

## Seznam uporabljenih kratic

<b>kratica</b>	<b>angleško</b>	<b>slovensko</b>
<b>0G</b>	Zero generation	Nična generacija mobilne tehnologije
<b>1G</b>	First generation	Prva generacija mobilne tehnologije
<b>2G</b>	Second generation	Druga generacija mobilne tehnologije
<b>3G</b>	Third generation	Tretja generacija mobilne tehnologije
<b>3GPP</b>	3rd Generation Partnership Project	Projekt partnerjev tretje generacije mobilnih tehnologij
<b>4G</b>	Fourth generation	Četrta generacija mobilne tehnologije
<b>5G</b>	Fifth generation	Peta generacija mobilne tehnologije
<b>ADC</b>	Analog-to-digital converter	Analogno-digitalni pretvornik
<b>AES</b>	Advanced Encryption Standard	Napredni standard šifriranja
<b>AMLOED</b>	Active-matrix organic light-emitting diode	Organska dioda, ki oddaja svetlobo z vgrajeno aktivno matriko
<b>AMPS</b>	Advanced Mobile Phone System	Napredni sistem mobilnih telefonov
<b>AT&amp;T</b>	American Telephone and Telegraph Company	Ameriško telekomunikacijsko podjetje
<b>CMOS</b>	Complementary metal-oxide-semiconductor	Vrsta polprevodniške tehnologije
<b>CSS</b>	Cascading Style Sheets	Kaskadne stilske predloge
<b>DAC</b>	Digital-to-analog converter	Digitalno-analogni pretvornik
<b>DDR</b>	Double data rate	Dvojna hitrost podatkov
<b>DSP</b>	Digital Signal Processor	Signalni procesor

<b>EDGE</b>	Enhanced Data rates for GSM Evolution	Tehnologija 3. generacije mobilne telefonije
<b>GPRS</b>	General Packet Radio Service	Paketni prenos podatkov
<b>GPS</b>	Global Positioning System	Standard za globalno pozicioniranje
<b>GPU</b>	Graphics Processing Unit	Grafični procesor
<b>GSM</b>	Global Systems for Mobile	Sistem mobilne telefonije
<b>HSPA</b>	High Speed Packet Access	Hitri paketni dostop
<b>HTML5</b>	HyperText Markup Language 5	Označevalni jezik
<b>ICCID</b>	Integrated Circuit Card Identifier	Identifikator kartice z integriranim vezjem
<b>IMSI</b>	International mobile subscriber identity	Mednarodna identiteta mobilnih naročnikov
<b>IMTS</b>	Improved Mobile Telephone Service	Izboljšana brezžična telefonska storitev
<b>IoT</b>	Internet of Things	Internet stvari
<b>IPS</b>	In-plane Switching	Zaslonska tehnologija pri LCD zaslonih
<b>ISO</b>	International Organization of Standardization	Mednarodna organizacija za standardizacijo
<b>ITU-R</b>	International Telecommunications Union- Radio communications sector	Mednarodna zveza za telekomunikacije
<b>JPEG</b>	Joint Photographic Experts Group	Metoda izgubnega stiskanja digitalnih slik
<b>LCD</b>	Liquid-crystal Display	Zaslon s tekočimi kristali
<b>LED</b>	Light-emitting Diode	Dioda, ki oddaja svetlobo
<b>LTE</b>	Long Term Evolution	Standard za mobilne komunikacije
<b>MCC</b>	Mobile Country Code	Mobilna koda države
<b>MMS</b>	Multimedia Messaging Service	Multimedijska sporočila
<b>MNC</b>	Mobile Network Code	Koda mobilnega omrežja

<b>MSIN</b>	Mobile Subscriber Identity Number	Identifikacijska številka mobilnega naročnika
<b>MTS</b>	Mobile Telephone Service	Brezžična telefonska storitev pred mobilnim omrežjem
<b>NFC</b>	Near-field communication	Tehnologija za komunikacijo na kratke razdalje
<b>NMT</b>	Nordic Mobile Telephone	Prvo mobilno telefonsko omrežje
<b>OLED</b>	Organic light-emitting diode	Vrsta LED-diode
<b>PIFA</b>	Planar Inverted-F Antenna	Vrsta antene za mobilne telefone
<b>PIN</b>	Personal identification number	Osebna identifikacijska številka
<b>PUK</b>	Personal unblocking code	Osebna koda odblokiranja
<b>RISC</b>	Reduced instruction set computer	Računalnik z manjšim naborom ukazov
<b>SAR</b>	Specific absorption rate	Stopnja specifične absorpcije EMS
<b>SIM</b>	Subscriber identity module	Identifikacijska kartica naročnika
<b>SMS</b>	Short Message Service	Besedilna sporočila
<b>TLC</b>	Triple-level cell	Vrsta flash pomnilniške celice
<b>UICC</b>	Universal Integrated Circuit Card	Pametna kartica za zaščito osebnih podatkov
<b>UMTS</b>	Universal Mobile Telecommunications System	Sistem 3. generacije mobilne telefonije
<b>USB</b>	Universal serial bus	Univerzalno serijsko vodilo
<b>UX</b>	User Experience	Uporabniška izkušnja
<b>VGA</b>	Video Graphics Array	Analogni grafični standard
<b>WAP</b>	Wireless Application Protocol	Protokol za dostop do informacij preko brezžičnega omrežja
<b>WiMAX</b>	Worldwide Interoperability for Microwave Access	Družina brezžičnih komunikacijskih standardov
<b>WML</b>	Wireless Markup Language	Označevalni jezik za brezžične naprave



## **Povzetek**

**Naslov:** Testiranje mobilnih telefonov

Cilj diplomskega dela je raziskati področje mobilne telekomunikacije in predvsem področje mobilnih telefonov ter njihove zgradbe. Glavni cilj je testiranje komponent z »benchmark« aplikacijami ter analiza teh rezultatov. Najprej sta predstavljena kratka zgodovina razvoja področja mobilne telekomunikacije skozi različne generacije in še predstavitev razvoja mobilnih telefonov skozi obdobja. V tretjem poglavju so predstavljene glavne komponente mobilnih telefonov in njihovo delovanje z namenom lažjega razumevanja, kaj se želi testirati s testnimi aplikacijami. Te aplikacije so izbrane glede na teste za posamezne komponente, ki so za uporabnike najbolj pomembne pri nakupu mobilnih telefonov. Za konec je izvedena analiza rezultatov testiranih telefonov, diplomsko delo pa se zaključi s kratko analizo vpliva rezultatov »benchmark« testov na prodajo telefonov oziroma na uporabnike, ki želijo kupiti nov telefon.

**Ključne besede:** mobilni telefoni, komponente, testi, zgodovina, komunikacija, prodaja



## **Abstract**

**Title:** Benchmarking of mobile phones

The objective of the thesis was to research the field of mobile telecommunications, particularly the field of mobile phones and their internal structure. The main aim was to benchmark the phones and their components with certain popular benchmark applications and analyse the results. The thesis explores the history and progress of the mobile telecommunications throughout the years. Furthermore, the development of the mobile phone is discussed. The third chapter focuses on the main components of the mobile phones and their roles. The aim of this introduction is to clearly show what is to be tested with the applications, which were chosen based on their tests of individual components that are crucial to users when choosing a new phone. An analysis of the benchmark test results is performed. The thesis concludes with a short analysis of whether the benchmark tests actually affect the phone sales as well as the users interested in purchasing a new phone.

**Keywords:** mobile phones, components, benchmarking, history, communication, sales



## **Poglavje 1     Uvod**

V diplomski so predstavljeni nastanek in razvoj mobilne telefonije ter telefonov, sestava telefonov in analiza testov, ki so bili opravljeni na petih izbranih telefonih glavnih proizvajalcev mobilnih telefonov na današnjem trgu. Testirane so bile glavne komponente telefonov, ki se trenutno uvrščajo v višji rang kakovosti telefonov po uporabniški izkušnji, komponentah in izdelavi. Vse komponente so tudi podrobneje opisane. V glavnem poglavju tega diplomskega dela so predstavljene tehnične in fizične specifikacije izbranih telefonov ter aplikacije, ki so bile uporabljene za testiranje komponent teh telefonov. Na koncu poglavja je analiza teh testov za posamezne telefone in primerjalna analiza med vsemi telefoni. Analiza rezultatov teh testov je na koncu uporabljena za primerjavo s prodajnimi rezultati posameznih telefonov. Raziskana je tudi potencialna povezava med rezultati testiranja posameznih telefonov in rezultati prodaje po svetu, predvsem pri mobilnem operaterju A1 Slovenija, kjer sem zaposlen kot študent. Za uporabo v tej diplomski nalogi sem od A1 Slovenija pridobil prodajne rezultate testiranih telefonov za prve tri mesece po prihodu posameznih telefonov na trg. Vsi telefoni so na trg prišli v letu 2017.



## **Poglavje 2      Zgodovina razvoja mobilne telefonije**

### **2.1      Nastanek in razvoj brezžične telefonije**

#### **2.1.1 Prve ideje za uporabo brezžične telefonije**

Še preden se je mobilna telefonija razvila in so se pojavile ideje o razvoju brezžičnih oziroma mobilnih telefonov, je bilo kar nekaj poskusov brezžičnega komuniciranja, ki segajo že v leto 1908. Takrat je namreč profesor Albert Jahnke (v sodelovanju s podjetjem Oakland Transcontinental Aerial Telephone and Power Company) trdil, da je že štiri leta prej opravil prvi brezžični klic v zgodovini, in sicer iz mesta Kansas City v ZDA v sedem milj oddaljeno mesto. Primer je znan zato, ker se je prof. Jahnke moral zagovarjati na sodišču, saj so ga tožili zaradi napačnega oglaševanja, da je izumil prvi brezžični telefon in z njim opravil klic [5]. Leta 1908 je bil primer opuščen, a prof. Jahnke se ni odločil za nadaljevanje svojega dela.

Leta 1918 so brezžične telefonske sisteme začeli preizkušati v Nemčiji v svojem železniškem sistemu na vojaških vlakih, ki so vozili na liniji Berlin-Zossen. Temu je sledilo še šest let testiranja te iste tehnologije na progi med Berlinom in Hamburgom [6]. Leta 1925 so nato prvi telefonski sistem dali v uporabo tudi na poštinih in sčasoma tudi na vseh ostalih vlakih.

#### **2.1.2 Sistemi in storitve za komuniciranje**

V štiridesetih letih prejšnjega stoletja so inženirji v podjetju Bell Labs v ZDA začeli z delom na sistemu, ki bi uporabnikom dovoljeval oddajanje in prejemanje klicev v avtomobilu. Ta sistem so za javnost v kraju Saint Louis v zvezni državi Missouri predstavili 17. junija 1946.

Kmalu zatem so v podjetju AT&T ponudili prvo storitev za »brezžično« klicanje, ki je med drugim podpirala tudi omenjen sistem, izumljen v podjetju Bell Labs. Ta storitev se je imenovala MTS (angl. Mobile Telephone Service) in je leta 1946 vključevala 100 mest v državi, do leta 1948 pa so vključili še glavne avtoceste. Storitve je bila uporabljena bolj redko, saj jo je uporabljalo okoli 5000 uporabnikov, ki so na teden vzpostavili okoli 30.000 klicev. Klici v sistemu so bili vzpostavljeni ročno, s pomočjo operaterja v centru. Uporabnik je moral pritisniti gumb, da je lahko govoril, in spustiti gumb, da je lahko poslušal sogovornika, oprema za klicanje pa je tehtala več kot 36 kilogramov. Rast uporabnikov je trpela, ker so bile v storitvi

prevelike omejitve, saj so bili hkrati odprti lahko samo trije radijski kanali, kar je pomenilo, da so samo tri stranke naenkrat lahko uporabljale to storitev za oddajanje klicev. Prav tako pa je bila storitev zelo draga, saj je bila mesečna naročnina 15 dolarjev, poleg tega je bilo treba dodatno plačati 40 centov za vsak lokalni klic.

Leta 1965 so pri podjetju AT&T naredili prvo veliko izboljšavo sistema in jo poimenovali IMTS (angl. Improved Mobile Telephone Service). Ta izboljšana storitev je predvidevala uporabo več radijskih kanalov, ki bi dovolili več sočasnih klicev znotraj določenega geografskega območja in dovolili neposredno vzpostavitev zveze, brez pomoči operaterja v centru. Prav tako se je zmanjšala cena in teža opreme. Kljub vsemu je storitev uporabljalo le 40.000 uporabnikov. Kot primer lahko izpostavimo območje mesta New York City, kjer je bilo le 2.000 uporabnikov, ki so imeli na voljo 12 radijskih kanalov in so morali na vzpostavitev zveze čakati tudi do 30 minut [4].

V šestdesetih letih prejšnjega stoletja so različna neodvisna telefonska podjetja uvedla storitev, ki se je imenovala RCC (angl. Radio Common Carrier), kot odgovor na IMTS. Ta storitev je uporabljala ultra visoke pare frekvenc (454/459 MHz), ki so bile v istem frekvenčnem pasu kot frekvence, ki so bile uporabljene v storitvi IMTS. Ta storitev ni bila standardizirana po vsej državi, tako da oprema, uporabljena v eni zvezni državi, ni delovala v drugi. Oprema se je razlikovala tako, da so nekateri uporabniki uporabljali način polovični dupleks (angl. half-duplex), kar pomeni, da je lahko govoril le eden od sogovornikov, nekateri pa način polni dupleks (angl. full-duplex), ki je omogočal govor obeh sogovornikov istočasno. Ker je bil sistem nestandardiziran, so ga v osemdesetih letih nadomestile mobilne tehnologije prve generacije.

Vse naštetе storitve so bile brezžične, čeprav so vključevale tudi veliko kablov in čeprav je bila oprema lahko tudi prenosljiva, je bila izredno velika in težka, tako, da so bile to storitve brezžične telefonije, a še ne popolnoma prenosljive. To obdobje nekateri označujejo kot 0G (angl. Zero generation), saj storitve in sistemi še niso bili popolnoma avtomatizirani. Že leta 1956 je na Švedskem sicer nastala prva popolnoma avtomatizirana storitev za sprejemanje in preusmerjanje klicev z imenom MTA, ki je dovolila oddajanje in sprejemanje klicev z vrtljivo številčnico. Uporabljala je elektronke in releje, oprema pa je tehtala okoli 40 kilogramov.

## 2.2 Nastanek in razvoj mobilne telefonije

Leta 1947, leto po uvedbi telefonov za uporabo v avtu, sta inženirja podjetja Bell Labs, predlagala uvedbo celic, ki bi jih namestili v avto in prek teh uvedli brezžično klicanje. A v tem času tehnologija za izvedbo te ideje še ni obstajala, prav tako niso bile določene niti frekvence,

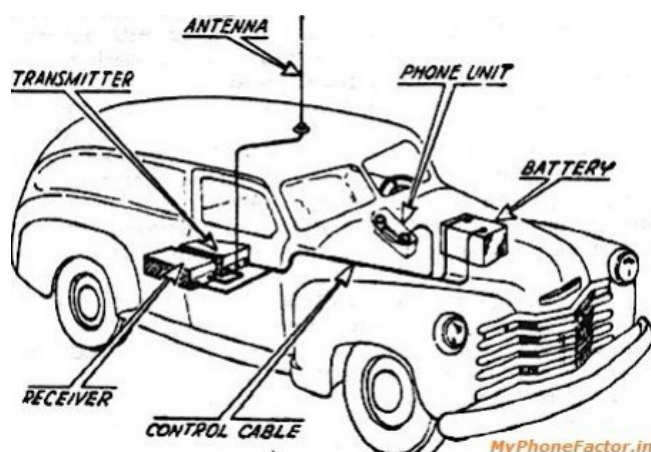
preko katerih bi storitev delovala. Dve desetletji sta minili, preden je bilo možno razmišljati o uresničitvi te ideje. Richard Frenkiel, Joel Engel in Phillip Porter, trije inženirji v tem podjetju, so začetno idejo preučili in jo še poglobili. Slednji je kot prvi predlagal, da oddajni stolpi uporabljajo danes značilne, usmerjevalne antene, ki bi bile postavljene vsakih nekaj kilometrov in bi zmanjšale motnje ter povečale število kanalov za ponovno uporabo. Porter je izumil tudi metodo »pozvoni, nato pošlji«, ki so jo mobilni telefoni uporabljali za zmanjšano zasedenost kanalov. V tistih časih je moral uporabnik med klicem ves čas biti v okolici ene baze oziroma znotraj območja, ki ga je ta baza pokrivala, saj še ni bila izvedena predaja signala med dvema bazama, ki pokrivata dve različni območji. Porter je princip prenosa, skupaj s principom ponovne uporabe kanalov, opisal v člankih v šestdesetih letih. Koncepti, opisani v teh člankih, so bili osnova za razvoj moderne brezžične mobilne tehnologije.

V naslednjem desetletju in pol so uspešno uvedli prenos in menjavo signala, da se je uporabnik lahko med govorom premikal med območji z različnimi bazami, ne da bi izgubil signal. Tako so leta 1983 v ZDA predstavili analogni mobilni sistem, imenovan AMPS (angl. Advanced Mobile Phone System).

## 2.2.1 Generacije storitev in sistemov mobilne tehnologije

### 2.2.1.1 Tehnologije 0G

Predhodnica prve prave generacije mobilne telefonije je bila generacija 0G (angl. Zero generation). Storitve in sistemi te generacije so opisani že v podpoglavju 2.1.2 na strani tri in štiri. Glavni predstavnik te generacije je bil avtomobilski telefon (inštalacija na sliki 2.1), ki je uporabljal mobilno radijsko tehnologijo.



Slika 2.1: Inštalacija avtomobilskega telefona.

### 2.2.1.2 Tehnologije 1G

Glavne značilnosti prve generacije mobilne tehnologije (angl. First generation):

- + analogen signal,
- + uporaba frekvence 800 MHz,
- + predstavljene mobilne glasovne storitve,
- slaba kakovost klicev,
- nezavarovani podatki,
- delitev frekvenčnega pasu na 30 kanalov, ki vsak podpira le en sočasen klic

Na Japonskem je bila ta tehnologija javno uporabljena že z letom 1979, uvedlo pa jo je podjetje Nippon Telegraph and Telephone, najprej v Tokiu, v naslednjih petih letih pa se je omrežje razširilo po celi državi. Podjetja, kot sta Nokia in Motorola, so že v sedemdesetih letih 20. stoletja izdelovale naprave, ki so podpirale to tehnologijo, a je bila v Evropi prvič uporabljena v skandinavskih državah šele z letom 1981 in tehnologijo, imenovano NMT (angl. Nordic Mobile Telephone). To omrežje je kot prvo podpiralo mednarodno gostovanje za klice.

Leta 1983 so v ZDA predstavili tehnologijo AMPS (angl. Advanced Mobile Phone System) z uporabo telefona Motorola DynaTAC, ki je bil eden izmed prvih javno dostopnih mobilnih telefonov v zgodovini. Signal je bil moduliran na višje frekvence (150 MHz in višje) in ni bil šifriran tako kot naslednje generacije, ki so uporabljale digitalni signal. Oba sogovornika sta lahko govorila hkrati, aparati so imeli možnosti neposrednega klicanja oziroma vzpostavitev zveze tako, da operater v centru ni bil več potreben. Ker je tehnologija uporabljala analogni signal, se danes ne uporablja več.

### 2.2.1.3 Tehnologije 2G

Druga generacija mobilne tehnologije je bila javno predstavljena leta 1991 na Finskem. Predstavilo jo je podjetje Radiolinja. Glavne značilnosti druge generacije mobilne tehnologije (angl. Second generation):

- + digitalen signal,
- + uporaba frekvenc 900 MHz in 1800 MHz,
- + digitalno šifriranje podatkov klica in s tem uvedbo identifikacije klicatelja na prejemnikovi strani,
- + vpeljava podatkovnih storitev,
- + hitrost prenosa podatkov do 64 Kb/s,
- + stisnjen signal in več uporabnikov na frekvenčni kanal,
- če ni bilo močnega signala, storitve niso delovale.

Kot prva in glavna od podatkovnih storitev so bila predstavljena besedilna sporočila, bolj znana pod kratico SMS (angl. Short Message Service), ki se še danes uporablja kot pomemben del vsakdanjega pogovora med ljudmi ter tudi za oglaševanje. Poleg besedilnih sporočil so bila uvedena tudi slikovna sporočila in multimedijska sporočila, bolj znana pod kartico MMS (angl. Multimedia Messaging Service), ki se tudi danes še na široko uporabljajo za pošiljanje sporočil, ki ne vsebujejo samo besedila. Vsa sporočila so šifrirana tako, da jih lahko prebere samo prejemnik, ki ga določi pošiljatelj. Najbolj znana in uporabljena tehnologija, ki je še vedno glavni standard za mobilno komunikacijo, je tehnologija GSM (angl. Global Systems for Mobile), ki ga je razvil Evropski inštitut za telekomunikacijske standarde ETSI. V tej generaciji se je razvil tudi WAP (angl. Wireless Application Protocol), ki je skupek tehnologij in protokolov, ki v mobilni telefoniji omogoča dostop do internetnih vsebin. Tehnologija glede na omejitve telefona (majhen zaslon, nizka hitrost prenosa podatkov) prikaže prilagojene strani, ki so napisane v jeziku WML (angl. Wireless Markup Language).

Pojavili sta se še dve vmesni generaciji med drugo in tretjo generacijo (3G), in sicer sta to 2,5G in 2,75G. Pri prvi vmesni generaciji so naredili pomemben korak naprej proti uvedbi 3G, ko so uvedli podatkovno storitev GPRS (angl. General Packet Radio Service) v okviru tehnologije GSM. Ta storitev omogoča paketni prenos podatkov, ki glede na okoliščine z največjo možno hitrostjo (do 114 Kb/s) prenese podatke od točke A do točke B. Včasih se zaradi motenj lahko zgodi, da se podatki ne uspejo prenesta imenovanem Pri GPRS se prenos podatkov obračunava po količini podatkov, ne kot pri prejšnjih storitvah, ko se je prenos obračunal glede na čas vzpostavljene zveze. Storitve je bila predstavljena z namenom uporabe za brskanje po spletu in prenos multimedijskih sporočil.

Druga vmesna generacija je predstavila storitev EDGE (angl. Enhanced Data rates for GSM Evolution), s kratko označbo E, ki je še danes vidna pri uporabi telefonov, na območjih, kjer boljša kvaliteta prenosa ni dosegljiva. Drugo ime je izboljššan GPRS (angl. Enhanced GPRS ali EGPRS). Pomembna izboljšava glede na GPRS je hitrejši prenos podatkov (do 384 Kb/s) in boljše šifriranje podatkov, tako da so bili v signalu trije biti, ne samo en. Omrežja in tehnologije druge generacije so še na voljo v večjem delu sveta, čeprav naj bi jih do leta 2020 v večini držav želeli odpraviti, da s tem sprostijo kapacitete in frekvence za novejša storitve 5G.

#### **2.2.1.4 Tehnologije 3G**

Glavne značilnosti tretje generacije mobilne tehnologije (angl. Third generation):

- + uporaba frekvence 2100 MHz
- + hitrost prenosa podatkov do 3 Mb/s (UMTS)
- + širokopasovni mobilni internet
- težavna izgradnja infrastrukture za podporo in zahteve po visokih pasovnih širinah

Raziskave za uvedbe standardov in storitev, ki so bile uvedene v tej generaciji, so se začele že na začetku osemdesetih let, a je trajalo vse do leta 1998, da so na Japonskem uvedli prvo omrežje, ki je te standarde podpiralo. Leta 2001 pa so to omrežje naredili javno dostopno, a omejeno, saj so bile skrbi glede zanesljivosti omrežja. Prvo javno omrežje, ki se je širše uporabljalo, je v Južni Koreji uvedlo podjetje SK Telecom v začetku leta 2002. Istega leta so prvo omrežje te generacije uvedli v ZDA, in sicer je bilo to podjetje Verizon Wireless, v Evropi pa je bilo to podjetje Telnor.

Glavna sprememba proti drugi generaciji je bila uvedba sistema UMTS (angl. Universal Mobile Telecommunications System) in s tem nadgradnja sistemov in storitev prejšnjih standardov. Ustvarjen je bil s strani organizacije 3GPP (angl. 3rd Generation Partnership Project), ki je nastala v skupaj z uvedbo omrežij tretje generacije in skrbi za standardizacijo omrežij, določanje pravil uporabe in nadaljnjo strategijo omrežij in storitev po celem svetu. Sistem UMTS omogoča večjo učinkovitost uporabe frekvenc in uporabo večje pasovne širine, kar dovoli več uporabnikom, da si delijo frekvenčne pasove, ki so na voljo. Sistem deluje tako, da preko radijskih oddajnikov signala poveže telefona s centralo omrežja in s kartico SIM prepozna uporabnika določenega omrežja. Zaradi spremenjene arhitekture omrežja je bilo za uvedbo sistema UMTS treba zgraditi nove oddajnike signala in določite nove frekvence, preko katerih se signal lahko uporablja.

Tako kot v drugi generaciji je tudi tu prišlo do izboljšav. Z nastankom sistema HSPA (angl. High Speed Packet Access), ki združuje protokola HSDPA (angl. High Speed Downlink Packet Access) in HSUPA (angl. High Speed Uplink Packet Access), ki sta bila oba nadgradnja UMTSa, tako ponuja do dvakrat večje hitrosti prenašanja podatkov in strežnika in celo do petkrat večji hitrosti nalaganja podatkov na strežnik. Vse skupaj z veliko manjšim zamikom vzpostavljanja povezave.

Naslednji korak proti četrti generaciji je bil sistem HSPA+, s kratko označbo H+, ki se še danes uporablja na pametnih telefonih in je še hitrejši kot predhodnik (do 168 Mb/s). Prav tako je združljiv z opremo prejšnjih verzij sistemov tretje generacije. To je prehodna tehnologija, saj je ne uvrščamo niti v tretjo generacijo in niti četrto generacijo.

Pojavilo se je tudi več aplikacij, ki so lahko izrabljale višje hitrosti novih sistemov, tako da so se med drugim razvile aplikacije za navigacijo s pomočjo GPSa (angl. Global Positioning System), mobilno televizijo, video konference in pa video na zahtevo. Znotraj tega obdobja so se razvili tudi prvi pametni telefoni, tako, da so sistemi te generacije prvi, ki so bili uporabljeni za komuniciranje in prenos podatkov na pametnih telefonih, s tem se je tudi povečala poraba storitev mobilne telefonije in mobilnih telefonov.

### 2.2.1.5 Tehnologije 4G

Glavne značilnosti četrte generacije mobilne tehnologije (angl. Fourth generation):

- + uporaba frekvenc 850 MHz, 1800 MHz, 2300 MHz
- + hitrost prenosa podatkov do 300 Mb/s
- + širši frekvenčni kanali, ki vključujejo do 20 MHz frekvenc
- + boljša kakovost predvajanja videov, brez prekinitev
- hitra poraba baterije na napravah
- ni še tako dobre pokritosti kot pri starejših generacijah

Leta 2008 je ITU-R (angl. International Telecommunications Union-Radio communications sector) določil specifikacije in smernice za hitrost in uporabo 4G tehnologije. Določili so, da naj bi bila največja hitrost prenosa podatkov pri hitrem gibanju uporabnika telefona do 100 Mb/s, pri počasnejšem gibanju oziroma mirovanju pa celo do 1 Gb/s. Prvo omrežje LTE (angl. Long Term Evolution) je bilo v javno uporabo dano z letom 2009 v Oslu in v Stockholmu.

Pred standardom LTE je nastal še standard WiMAX (angl. Worldwide Interoperability for Microwave Access). To je družina brezžičnih komunikacijskih sistemov, osnovanih na IEEE 802.16 standardih, opisan tudi kot Wi-Fi na dolge razdalje. Ta standard dovoli doseg omrežja na veliko večje razdalje kot sam Wi-Fi. Prvi telefon, ki naj bi podpiral 3G in 4G omrežje, je bil HTC Max 4, ki pa je bil sicer na voljo le v določenih delih Rusije. Ta standard spada v zacetke četrte generacije, saj so s časom operaterji raje prešli na omrežja LTE, ker je bil WiMAX težko omrežje za vzdrževanje in ni bil zmožen dostavljati velikih hitrosti na daljše razdalje oziroma je zmožen le eno ali drugo. Zaradi teh razlogov je večina držav in operaterjev predstavila na tehnologijo LTE, ki je osnovana na tehnologijah GSM/EDGE in UMTS/HSPA iz prejšnjih dveh generacij.

Standard LTE poveča kapaciteto in hitrost, z novejšim vmesnikom in izboljšano kapaciteto centrale omrežja. Ker ima LTE v različnih državah lahko za uporabo določene različne pasove frekvenc, ga lahko uporabljajo le aparati, ki sploh lahko delujejo na različnih frekvencah. Standard LTE je znan tudi pod imenom 4G LTE, čeprav ne dosega zahtev četrte generacije, ki jih je leta 2008 izdala ITU-R. Ker pa je skupaj z WiMAXom velik napredek od tehnologij prejšnje generacije, so pri ITU kljub vsemu dovolili, da se te tehnologije že vključujejo v četrto generacijo. Kot je že omenjeno, so bila prva LTE omrežja v Evropi za uporabo na voljo že leta 2009, leto kasneje pa so jih uvedli še v ZDA. Prvi telefon, ki je podpiral tehnologijo LTE pa je bil leta 2011 Samsung Galaxy Indulge.

Specifikacije tehnologije LTE določajo najvišjo hitrost prenosa do 300 Mb/s, kar je skoraj desetkrat boljše kot v prejšnji generaciji in najvišjo hitrost nalaganja do 75 Mb/s, kar je skoraj

šestkrat boljše kot v prejšnji generaciji. Skupaj z novo arhitekturo, osnovano na IP načinu omrežja, imenovano EPC (angl. Evolved Packet Core), ki naj bi nadomestila jedro omrežja tehnologije GPRS, podpira hitre in neopazne prehode in predajo signala med oddajniki, za klice in podatkovne storitve, tudi če ti oddajniki podpirajo le storitve starejše generacije. Ta poenostavljena arhitektura tudi zmanjša stroške vzdrževanja omrežja. V tej tehnologiji se drugače uporablja tudi preklapljanje klicev, saj sta tehnologiji GSM in UMTS osnovani na preklapljanju vezij, pri tehnologiji LTE pa se gre za preklapljanje paketov med napravama. Najbolj znan sistem je VoLTE (angl. Voice over LTE), ki omogoča večji pretok zvoka in podatkov, uporabljajo ga pa že vsi novejši mobilni telefoni.

Standard LTE ni popolnoma zadoščal zahtevam, ki so bile leta 2008 podane v specifikaciji za četrto generacijo tehnologij. Tako so pri 3GPP, leta 2011 standardizirali tehnologijo LTE-Advanced, ki je tem zahtevam zadoščala in teoretično dovoli hitrost prenosa podatkov do 1Gb/s. Prvo omrežje, ki je uporabljalo to tehnologijo, je bilo na voljo leta 2013, a ker so zahteve za hitrost tako zelo visoke, LTE-Advanced danes še vedno ni tako razširjen kot osnovni LTE.

#### **2.2.1.6 Tehnologije 5G**

Pričakovanja pete generacije mobilne tehnologije (angl. Fifth generation):

- + višje hitrosti (do 20 Gbps)
- + predvidene frekvence uporabe so 28 GHz, 30 GHz in 60 GHz
- + možna uporaba več uporabnikov hkrati z nespremenjeno hitrostjo
- + še zmanjšana zakasnitev signala v primerjavi z LTE
- + uporaba za IoT (angl. Internet of Things)
- + komunikacija naprav (angl. Machine to machine oziroma M2M communication)

Sčasoma se LTE-Advanced omrežja širijo in so podlaga za peto generacijo mobilne tehnologije, ki naj bi se po napovedih začela leta 2020. V peto generacijo naj bi peljala tehnologija LTE-Advanced Pro, ki naj bi progresivno razvile trenutne tehnologije do hitrosti na 1 Gb/s in več in naj bi uvedla še dodatne izboljšave v omrežjih po svetu. Ker naj bi peta generacija omogočala višje hitrosti prenosa podatkov in nespremenjeno hitrost pri večji masi uporabnikov, bo primerna tudi za povezovanje vseh vrst naprav v IoT. Ker je eno izmed glavnih vprašanj pri IoT varnost, naj bi standardi pete generacije imeli večji poudarek na varnosti in tako močnejše šifrirane podatke.

## 2.3 Nastanek in razvoj prenosnega mobilnega telefona

Pred letom 1973 je bila mobilna telefonija omejena na avtomobilske telefone, saj je bila oprema tako težka, da je sam človek ne bi moral prenašati s seboj ves čas, niti v kovčku, niti v roki. Leta 1973 se je to spremenilo. Tega leta je bil namreč vzpostavljen prvi brezžični klic s prenosnim mobilnim telefonom. Koncept prenosnega mobilnega telefona se je pojavljal že vse od leta 1947, ko so javno uvedli avtomobilski telefon in so ta sistem brezžičnih klicev želeli prenositi še v obliko, ki bi bila bolj priročna za vsakdanjo uporabo. Tako je po 26 letih konceptov in idej leta 1973 prvi ročni mobilni telefon izumil dr. Martin Cooper, inženir pri podjetju Motorola [7]. Aprila istega leta je dr. Cooper izvedel prvi klic, ko je poklical svojega tekmeca dr. Engela pri podjetju Bell Labs z analognim telefonom imenovanim Motorola DynaTAC 8000X, ki je bil takrat sicer le prvi delujoči prototip (prikazan na sliki 2.2).



Slika 2.2: Dr. Cooper s prototipom telefona Motorola DynaTAC 8000X, leta 2007.

### 2.3.1 Prvi mobilni telefon: Motorola DynaTAC 8000X

Pri izdelavi prototipa Motorla DynaTAC 8000X je poleg dr. Cooper-ja sodeloval še John Mitchell, glavni inženir mobilnih projektov pri Motoroli. Mobilni telefon, s katerega je bil izveden klic, je tehtal 1,1 kilogram, dolg je bil 23 centimetrov, debel je bil 13 centimetrov, v širino pa je meril 4,45 centimetrov in sploh ni imel ekrana. Telefon je ponujal možnost govora do le 35 minut, za polnjenje pa je baterija potrebovala kar 10 ur, kar se zelo močno razlikuje od današnjih telefonov [8]. Ker je bil to le prototip, ni bil na voljo za javno uporabo vse do leta

1983, ko so se začela uporabljati prva javna mobilna omrežja. Prvo desetletje po izumu telefona je bilo torej usmerjeno bolj raziskovalno, z veliko poizkusi in petimi različnimi prototipnimi modeli, od katerih je bil vsak manjši in lažji od prejšnjega.

Leta 1983 je na trg prišel prvi telefon serije DynaTAC (angl. Dynamic Adaptive Total Area Coverage) za javno uporabo, ki je bil še izboljššan od prvega prototipa, bil je nekaj gramov lažji, obenem pa je imel zelo majčken LED (angl. Light-emitting Diode) zaslon, ki je prikazoval izbrane številke in celo zgodovino za zadnjih 30 klicanih števil. Ob prihodu na trg je bil telefon vreden 3.995\$ in je bil namenjen bolj za poslovne uporabnike. Veliko se je pojavljal v medijih in v tistem času veljal za simbol bogastva in prihodnostako imenovanem

Do leta 1989 je bila serija DynaTAC glavna na trgu, takrat pa jo je zamenjala novejša serija MicroTAC, ki je predstavila že veliko manjše telefone, prav tako pa je bil predstavljen prvi telefon s pokrovčkom, ki je varoval tipkovnico. Prvi predstavnik novejše serije je bil telefon Motorola MicroTAC 9800X in je bil lažje prenosljiv kot telefoni prejšnje serije, predvsem zaradi svoje manjše velikosti in teže. V tej seriji so se pojavili tudi prvi telefoni, ki so bilo združljivi s standardom GSM.

### **2.3.2 Telefoni med letoma 1990 in 2000**

S pojavitvijo manjših in lažje dostopnih mobilnih telefonov se je močno povečala tudi uporaba in popularnost teh. Prvi telefon, ki je podpiral digitalni signal je bil Motorola International 3200, a ni bil masovno proizveden. Prvi telefon, ki je bil masovno proizveden in je podpiral digitalni signal, je proizvedlo podjetje Nokia, in sicer je bil to telefon Nokia 1011, ki je na trg prišel 10. novembra 1992 [9]. Telefon je bil dolg 19,5 centimetrov, debel je bil 4,5 centimetra, v širino je meril 6 centimetrov in tehtal je »le« 495 gramov, kar je glede na težo današnjih telefonov zelo veliko. Imel je enobarvni zaslon, ki je imel prostora za dve vrstici števil. Naenkrat, pomnilnik za 99 telefonskih števil, upogljivo anteno in ni imel kamere ter drugih povezovalnih storitev razen možnosti opravljanja klicev.

Naslednik tega modela je bil Nokia 2110, prikazan na sliki 2.3, ki je izšel leta 1994. Bil je prvi telefon z prepoznavno melodijo zvonjenja, ki jo še danes vsi povežemo s podjetjem Nokia. Nokia prav tako trdi, da je bil to prvi mobilni telefon z možnostjo pošiljanja besedilnih sporočil.

Leta 1996 je Motorola na trg prišla z novo serijo telefonov, ki se je imenovala StarTAC. V tem času je bila ta serija predstavljala najlažje in najmanjše telefone, a prvi telefon te serije, Motorola StarTAC 85, je bil prav tako daleč najdražji v tistem času, saj je imel ceno določeno pri 1400 dolarjih. Telefon je bil visok 9,7 centimetra, debel 2,2 centimetra, v širino pa je meril 5,4 centimetra. Ker je bilo takrat že več konkurence, predvsem s strani Nokie, se je čez dobro

leto cena že spustila na 300 dolarjev, čeprav je bil še vedno dražji kot ostali telefoni. Istega leta je podjetje Ericsson izdalo enega izmed svojih najbolj prepoznavnih telefonov, to je Ericsson GA628, v Sloveniji bolj znan pod vzdevkom »reglja«. Prvi poskus podjetja v izdelavi mobilnega telefona se je posrečil, saj je imel telefon zelo zmogljivo baterijo. To je bil tudi eden izmed prvih in najpopularnejših mobilnih telefonov v Sloveniji in je bil veliko Slovincem prvi stik z mobilno telefonijo.



Slika 2.3: Nokia 2210, prvi telefon z možnostjo pošiljanja SMS-ov.

Leta 1997 je na trg prišel prvi telefon brez vidne antene izdelan v nemškem podjetju Hagenuk, z imenom GlobalHandy. Istega leta je izšel še prvi telefon z barvnim zaslonom. Izdelalo ga je podjetje Siemens in je znan pod imenom Siemens S10. Imel je možnosti prikazovanja rdeče, modre, zelene in bele barve, a je bilo obarvano le besedilo, telefon pa se kljub novosti ni dobro znašel na trgu.

Leta 1998 je Nokia na trg prišla s prvim mobilnim telefonom, ki je podpiral WAP (angl. Wireless Application Protocol). Ta telefon je bil Nokia 7110, ki je imel drseč pokrovček, za brskanje po telefonu pa ni imel tipk, ampak kolesčček. Istega leta je Motorola izdelala prvi telefon, ki ga je uporabnik lahko uporabljal po celem svetu in ni bil narejen samo za uporabo znotraj ene celine ali celo samo ene države. To je bil telefon Motorola Timeport in je bil namenjen poslovnežem, ki so morali zaradi službe veliko potovati po svetu.

### **2.3.3 Telefoni med letoma 2000 in 2010**

Začetek novega tisočletja je v krogu mobilne telefonije zaznamoval telefon Nokia 3310. Na trg je prišel leta 2000, z namenom približat mobilno telefonijo mladim po svetu. Je eden izmed bolj znanih telefonov vseh časov in je ikonski telefon Nokie. Znan je bil po izredno vzdržljivi bateriji in izredni splošni vzdržljivosti, saj je bil grajen tako kvalitetno in trpežno, da se je redkokateri model razbil ob padcu. Imel je možnost pisanja trikrat daljših SMS sporočil, kot je bilo takrat običajno, to je 3x160 znakov, obenem pa je imel naložene že, kar štiri igrice, seveda je bila med njimi tudi igrica Kača. Ker je bilo med leti 2000 in 2005 prodanih kar 126 milijonov teh telefonov [10], ter je imel tudi kasneje kultni status, se je Nokia odločila, da leta 2017 na trg izda novejšo verzijo. Tako so junija 2017 izdelali prenovljeni telefon Nokia 3310 (2017), ki ima za razliko od originalnega barvni zaslon, fotoaparatus in tudi večji zaslon ter igrico Kača v barvni izvedbi. Leta 2000 je bil izdelan tudi prvi manjši telefon z zaslonom na dotik, in sicer ga je izdelala Motorola, a je imel še zeleno-črn zaslon.

Leta 2001 je na trg prišel prvi telefon, ki je imel možnost povezave s tehnologijo Bluetooth, izdelalo pa ga je podjetje Ericsson. Izdelali so tudi svoj prvi telefon, ki je imel popolnoma barven zaslon, in sicer je bil to Ericsson T68. Naslednje leto je Nokia izdala prvi telefon v Evropi z vgrajeno kamero in barvnim zaslonom. To je bil telefon Nokia 7650, ki je imel vgrajeno kamero z ločljivostjo 0,3 megapiksela (MP) in prvi telefon, ki je deloval na sistemu SymbianOS. Ker so si bili do tega trenutka vsi telefoni zelo podobni, so se pri Nokii odločili za uvedbo nekaj novega. Poleg dveh omenjenih stvari so spremenili tudi izgled telefona tako, da je bil ob prvem pogledu viden le zaslon, na zadnji strani pa je bila skrita tipkovnica, ki jo je uporabnik za potrebe klica in pisanja sporočil lahko izvlekel. Omogočal je storitve, kot so sporočila MMS, brskalnik WAP, urejanje slik in opomniki.

Leta 2003 so bili na voljo prvi telefoni, ki so podpirali storitve 3G, eden prvih na trgu je bil Motorolin telefon A830. Leto kasneje je Motorola izdala najtanjši telefon v tistih časih, in sicer Motorola RAZR V3. To je bil telefon na preklap, ki je imel dvojni zaslon, kar pomeni, da je imel poleg večjega zaslona na notranji strani, tudi manjši zaslon na zunanji strani za obvestila in prikaz ure. Telefon je prav tako imel kamero VGA (angl. Video Graphics Array), z ločljivostjo 640x480 pikselov in le 6 MB pomnilnika za shranjevanje slik. Tega leta je Nokia izdala prvi telefon, s katerim je uporabnik lahko gostoval po svetu in je bil namenjen tudi širši javnosti, ne le poslovnežem.

Leta 2005 je podjetje Sony prvo izdalo telefon z več pomnilnika, ki je poleg normalne uporabe, omogočal tudi predvajanje glasbe saj je prvi imel danes že standardni priključek za slušalke. Ta telefon se je bil prvi telefon linije Walkman, polno ime pa je bilo Sony W800.

Istega leta je Steve Jobs, takratni vodja podjetja Apple, prišel na idejo za telefon, ki ne bi imel fizične tipkovnice in bi dovoljeval več prstni dotik ekrana. Do 2007 je idejo uresničil in telefon je končno prišel na trg. Predstavljen je kot revolucionaren mobilni telefon, z večjim ekranom in možnostjo upravljanja na dotik. Povzročil je preboj podjetja med najboljša internetna komunikacijska podjetja v tistem času. Telefon je bil visok 11,5 centimetrov, širok 6,1 centimetra in debel dober centimeter, tehtal pa je le 115 gramov. Izšel je v treh različicah, ki so se razlikovale glede na velikost notranjega pomnilnika to je 4 GB, 8 GB in 16 GB. Ob tem je imel še 128 MB prostora v RAMu, eno jedrni 32-bitni Samsungov procesor, ter baterijo s kapaciteto 1400 mAh. Na sprednji strani je imel LCD zaslon, katerega diagonala je merila 3,5 palca oziroma skoraj 9 centimetrov in kamero z ločljivostjo 2 MP na zadnji strani. Na telefonu je bil naložen operacijski sistem OS X, ki je danes bolj znan pod imenom iOS 1.0. Telefon še ni omogočal nalaganja novih aplikacij, ampak le uporabo prednaloženih. Čeprav so bili že v uporabi standardi 3G, telefon ni podpiral hitrosti prenosa podatkov omrežja 3G. Apple je šele leto kasneje izdal iPhone 3G, ki je podpiral tudi 3G omrežje in kot prvi imel operacijski sistem iOS 2.0, ki je vključeval tudi App store to je trgovino z aplikacijami, ki niso Applove.



Slika 2.4: Prvi iPhone

Po prihodu iPhona na trg so pametne telefone po istem vzorcu začela izdelovati tudi podjetja, ki niso bila tako poznana v izdelovanju telefonov na tipke. LG je izdal telefon LG Voyager in nekaj drugih modelov. Leta 2008 je na trg prišel prvi telefon, ki je podpiral operacijski sistem Android, to je bil HTC Dream. Junija 2009 je Samsung izdal prvi pametni telefon, ki je podpiral operacijski sistem Android verzije 1.6, z imenom Samsung Galaxy. Ponujal je standardne aplikacije Androida, kot so Gmail, Youtube, Google Maps, ni pa še ponujal trgovine z

mobilnimi aplikacijami. Imel je 8 GB notranjega pomnilnika, 128 MB prostora v RAMu, enojedrni procesor in kamero z ločljivostjo 5 MP na zadnji strani.

### **2.3.4 Telefoni od leta 2010 do danes**

Po že tako izjemnem napredku v prejšnjem desetletju se je še hitrejši napredek nadaljeval tudi od leta 2010. Pametne mobilne telefone je začelo proizvajati vse več podjetij, tako se je tudi povečala konkurenca. Večina telefonov, proizvedena od leta 2010, vsebuje operacijski sistem Android, potem pa sta tu še iOS, ki ga uporabljajo iPhoni, nekaj telefonov pa še vedno uporablja operacijski sistem Windows, čeprav podpora slednjemu močno upada.

Leta 2010 sta najbolj zaznamovala prihoda dveh pomembnih linij, to sta Samsung Galaxy S in iPhone 4. Appleov telefon je bil že četrta generacija linije in je bil do takrat že zelo priznan in dobro uveljavljen telefon, medtem ko je bil to Samsungov prvi poizkus pri izdelavi pametnega telefona v najvišjem razredu to je linija S. Ob izidu se je Samsung Galaxy S ponašal z najhitrejšim grafičnim procesorjem med mobilnimi telefoni in je bil najtanjši pametni mobilni telefon, saj je bil debel le 0,99 centimetra. Obenem je bil prvi telefon, ki je imel možnost poganjanja DivX videa HD takratne generacije. Izšel je v dveh različicah, ki sta se razlikovali po velikosti notranjega pomnilnika (2 GB in 4GB). Imel je 512 MB prostora v RAMu, enojedrni procesor ARM, ter za razliko od iPhone-a, odstranljivo baterijo s kapaciteto 1500 mAh. Glavna prednost v primerjavi z iPhonom je bila, da je kljub manj vključenega notranjega pomnilnika Samsung imel možnost razširitve s pomnilniško kartico. Bil je tudi eden boljših telefonov za ustvarjanje slik, saj je imel na zadnji strani kamero z ločljivostjo 5 MP in na sprednji strani kamero z ločljivostjo 0,3 MP. V primerjavi s Samsungom je bil iPhone že zelo uveljavljen telefon na trgu, a je bil tudi dražji in z bolj zaprtim sistemom. Z novo generacijo je s telefonom prišlo tudi do novejšega operacijskega sistema iOS 4.0, ki je prinesel boljše delovanje večopravnosti, telefona pa je imel že 16 GB notranjega pomnilnika. Bil je tudi prvi iPhone s sprednjo kamero, ki je omogočala opravljanje video klicev. V tem času je bil med glavnimi proizvajalci pametnih telefonov še HTC. Dva izmed boljših telefonov leta 2010 sta tako bila HTC Desire in HTC Desire HD, ki sta bila prva telefona linije Desire, prav tako pa je vredno omeniti telefon HTC Wildfire.

Samsung je leta 2011 poleg Samsung Galaxy S II, predstavil še linijo Note. Medtem ko je Samsung pri Galaxy S II malo povečal velikost zaslona, količino notranjega pomnilnika in uvedel dvojedrni procesor, je Samsung Note na trg prišel z za takrat izjemno velikim zaslonom. Zaslon je imel diagonalo 5,3 palca ali slabih 13,5 centimetrov. Vgrajen je imel dvojedrni procesor in posebnost linije Note, pisalo S Pen, ki je omogočalo ročno pisanje zapiskov ter vse ostale funkcionalnosti, ki jih je lahko uporabnik opravljal s prstako imenovanem Oba telefona

sta kot ena izmed prvih Samsungovih telefonov podpirala omrežje 4G. Apple je izdal izboljšano verzijo iPhone 4 to je bil iPhone 4S, Nokia je začela izdelovati mobilne telefone z operacijskim sistemom Windows Mobile, ostali pa so tudi stalni tekmeci, kot sta HTC in Motorola.

Naslednje leto sta tako Apple kot Samsung izdala telefone z večjimi izboljšavami kot prejšnje leto, pojavil pa se je tudi nov tekmelec v višjem razredu telefonov, in sicer je to LG s telefonom LG Optimus G, ki je prvi telefon linije G. Samsung je maja 2012 izdal Galaxy S III, ki je poleg večjega ekrana, bolj zmogljive baterije in procesorja, ter novih senzorjev, ponujal še bolj izpopolnjen sistem Android. Dodana je bila tudi utripajoča lučka LED na zgornjem delu ekrana, ki uporabnika opozarja o novih obvestilih. Apple je septembra 2012 predstavil iPhone 5. Bil je zadnji iPhone, ki ga je nadzoroval idejni vodja prvega iPhona, Steve Jobs. Od predhodnika se je razlikoval po tem, da je imel daljši zaslon, ki je imel razmerje 16:9, za boljše predvajanje videov. Ohišje je bilo izdelano iz aluminija. Predstavljen je bil tudi nov priključek za polnjenje z imenom Lightning, ki je bil manjši in je omogočal hitrejše polnjenje.

Leta 2013 je Apple na trg prišel iPhone 5S, ki je bil od predhodnika izboljšán tako, da je imel kot prvi telefon 64-bitni procesor, v tipko za domači zaslon pa je bil vgrajen tudi senzor za branje prstnih odtisov in je tako dodal možnost večje varnosti za uporabnika. Izboljšana je bila tudi kamera. Istega leta je Samsung izdal Galaxy S4, ki je bil za največji napredek med Samsungovimi telefoni do tistega trenutka. Bil je prvi Samsungov telefon z vgrajenim osem jedrnim procesorjem, imel je 2 GB RAMa, večji zaslon, še dodatno povečano kapaciteto baterije, ogromno izboljšav pa je imel predvsem v sistemskem delu in programski opremi. Tega leta je izšel tudi prvi LG-jev telefon v sodelovanju z Googlom, LG Nexus 5, ki je imel Android z osnovnim uporabniškim vmesnikom.

Leta 2014 je Samsung izdal Galaxy S5, prvi Samsungov telefon, ki je vključeval senzor za prstne odtise, prav tako je bil vodoodporen po standardu IP67. Imel je tudi izboljšano kamero, z možnostjo snemanja videov z ločljivostjo 4K in zajemanja boljših slik ob slabši svetlobi. To je bil zadnji Samsungov telefon višjega ranga, ki je bil izdelan iz plastike in je imel baterijo, ki jo lahko uporabnik odstrani ne da poškoduje telefon. Velika sprememba pa se je zgodila pri Applu, saj so povečali velikost zaslona in spremenili obliko telefona od predhodnih verzij. V funkcionalnosti ni bilo velike razlike, dodan je bil novejši iOS in boljša kamera ob novejšem procesorju. Ponudba je vključevala telefona v dveh različicah, iPhone 6 in iPhone 6 Plus, ki sta se razlikovala po velikosti zaslona. To leto je bilo že več konkurence, saj se je pri Sonyju uveljavila linija Z, na trg je prišel model Z3. Pri LG so na trg prišli z LG G3, ki je ponujal že 32GB prostora, kar takrat za Samsung in Apple v osnovnih modelih linij še ni bilo značilno. Pri HTC je izšel HTC One M8, ki je med prvimi že ponujal celotno kovinsko ohišje.



Slika 2.5: Primerjava izgleda iPhone 5S in iPhone 6

Leta 2015 je na trg prodrlo še več proizvajalcev telefonov, kot so recimo Huawei, Xiaomi in OnePlus s svojimi poizkusi izvedb pametnih telefonov. OnePlus je v tem letu na trg prišel s prvim bolj znanim telefonom OnePlus 2, ki je za nižjo ceno, ponujal enako ali še več kot konkurenca v višjem rangu telefonov. Samsung je tega leta izdal svoj prvi telefon, ki je bil grajen iz aluminija in stekla, ter z že vgrajeno baterijo. To je bila verzija S6, ki pa poleg osnovne, ponujala še dve novi različici, in sicer dva telefona, ki imata zaobljen zaslon in skoraj nič opaznih robov pri strani, to sta bil S6 Edge in S6 Edge+. Osnovne verzije so že ponujale kapaciteto 32 GB, a največja kritika je bila, da telefon ni bil vodoodporen in ni imel možnosti razširitve notranjega pomnilnika s pomnilniško kartico. Bil pa je prvi Samsungov telefon, ki je ponujal hitro brezžično polnjenje po standardu Qi.

Leta 2016 se je uveljavil še Huawei, ki je izdal telefona P9 in P9 lite. Huawei P9 se je na trgu uveljavil zaradi razmerja med kakovostjo in ceno, saj je uporabnik za nižjo ceno, dobil več kot pri ostalih proizvajalcih. Glavna prodajna točka telefona je bila kamera z vgrajenim dvojnimi objektivom na zadnji strani, ki je bil proizveden pri podjetju Leica, ki sodeluje pri proizvodnji objektivov za profesionalne digitalne fotoaparate. Izdali so tudi Huawei Mate 9, ki je bil sicer širši kot večina telefonov na trgu, a je ob dvojnem objektivu v kameri imel v sistem vgrajeno umetno inteligenco, ki naj bi se od uporabnika učila in mu pomagala pri hitrem izbiranju aplikacij in drugih opravilih. Samsung je na trg prišel z modeloma S7 in S7 Edge, ki sta najboljši skupek predhodnih dveh generacij. Tako je iz S6 vzel materiale gradnje, od S5 pa je vzel vodoodpornost in možnost razširitve pomnilnika s pomnilniško kartico. Obenem je bila pri liniji S7 še močno izboljšana kamera, dodano še več RAMa in izboljšana kapaciteta baterije.

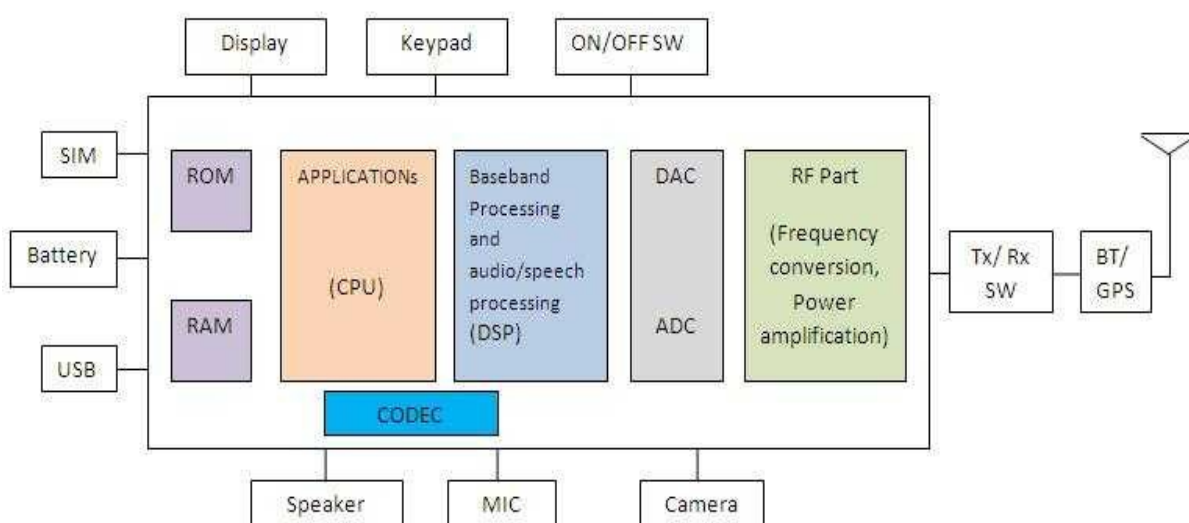
Samsung je izdal tudi Note 7, ki je bil prvi telefon v seriji, ki je imel zaobljene robove ekrana in dodatne funkcije, ki so možne samo z uporabo SPena. Ta telefon je znan po tem, da so se kmalu po začetku prodaje pojavile težave z baterijami, saj se je baterija pregrevala, nekaj telefonov pa je celo eksplodiralo. Ker Samsung te težave ni znal odpraviti, so sredi oktobra izvedli odpoklic vseh telefonov na trgu. Apple je izdal iPhone 7 in iPhone 7 Plus, ki sta bila tudi prva iPhone-a, ki sta bila vodoodporna. Ker pa so pri Applu želeli še stanjšati telefon, so odstranili režo za priklon slušalk, pri 7 Plus pa so prvič vgradili kamero z dvojnimi objektivom.

Leta 2017 so bili glavni telefoni na trgu Samsung S8 in S8+, Samsung Note 8, Huawei P10 in P10 Plus, OnePlus 5, LG G6, Sony XZ Premium, iPhone 8 in 8 Plus ter seveda jubilejni iPhone X, ki ga je Apple izdal za deseto obletnico izdaje prvega iPhona. Nekaj teh sem si izbral tudi za testiranje, ki bo podrobneje opisano v poglavju 4. Samsung je pri vseh treh modelih že v štartu ponudil zaobljene robove in odstranil fizično tipko za domači zaslon, tako da je zaslon še daljši in ima minimalen rob na vseh straneh. Gumb za domači zaslon je bil prestavljen na ekran, senzor za prstni odtis pa na zadnjo stran poleg kamere. Vsi trije modeli, poleg odklepa s prstnim odtisom, omogočajo možnost odklepanja zaslona z obrazom in s šarenico. Osnovni modeli imajo že 64 GB notranjega pomnilnika in tudi možnost razširitve s pomnilniško kartico. Pri iPhone X pa so spet popolnoma spremenili izgled. Ker je to iPhone, ki je bil izdan ob praznovanju desete obletnice prvega iPhona, je vključenih kar nekaj sprememb. Največja razlika v primerjavi z iPhone 8 je, da X nima več tipke za domači zaslon ali senzorja za prstni odtis, ampak ima zaslon po celem sprednjem delu telefona. Ima dvojno kamero, obenem pa je odklepanje zaslona možno le s podrsavanjem po zaslonu, ali s prepoznavanjem obraza z novo tehnologijo FaceID, ki naredi 3D sken obraza in to uporabi za odklepanje telefona.



## Poglavje 3 Zgradba mobilnega telefona

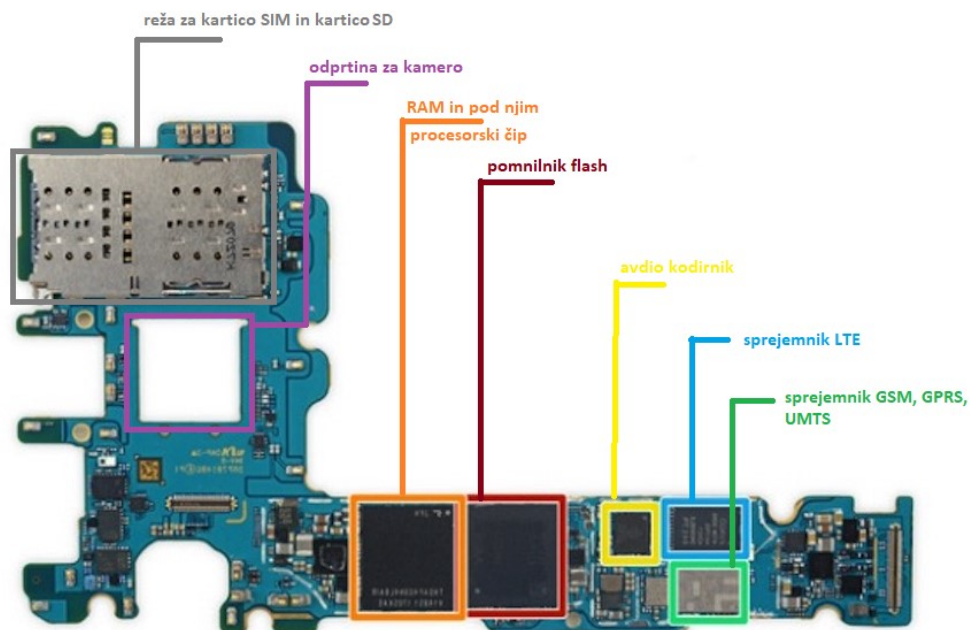
Na sliki 3.1 je blok shema zgradbe mobilnega telefona [11]. Osnovni in največji del je osnovna plošča, na katero so povezane vse ostale komponente. Glavna komponenta na osnovni plošči je procesorski čip, ki poleg centralnega procesorja vsebuje še digitalni signalni procesor (DSP), pretvornik analognih signalov v digitalne in obratno (ADC in DAC) in modem, ki je povezan z anteno za vzdrževanje signala in povezljivostako imenovanem Poleg procesorskega čipa imamo še notranji pomnilnik, ki ga delimo na RAM in ROM, ki je v novejših telefonih del pomnilnika flash in na sliki ni prikazan, a je opisan v podpoglavju 3.1.2. Nato imamo še priključek za zvočnik in mikrofona, ki sta povezana z DSP. Mikrofona zaznava zvočne valove in jih pretvarja v električni signal, ki se obdela v DSP. Obratno funkcijo ima zvočnik, ki električne signale spreminja v zvočne signale, ki jih lahko zazna človeško uho. Poleg vseh teh komponent so v telefonu vgrajene še komponente, kot so zaslon, baterija, reža za kartico SIM, vmesnik USB, ki služi za prenos podatkov, in tudi za polnjenje baterije ter kamera. Na sliki sta prikazani še dve komponenti, tipkovnica in tipka za vklop in izklop. Tipkovnica je v današnjih telefonih zaslonska in je del operacijskega sistema. Tipka za vklop/izklop služi tudi kot tipka za prižiganje in ugašanje zaslona, ko je telefon že vklopljen.



Slika 3.1: Blok shema mobilnega telefona

### 3.1 Osnovna plošča

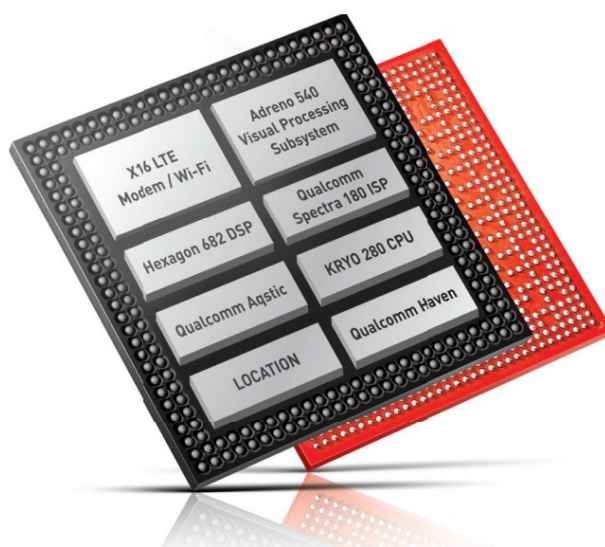
Osnovna plošča (prikazana na sliki 3.2) je tiskano vezje, na katerega so priključene vse ostale komponente mobilnega telefona in omogoča medsebojno povezavo teh komponent. Prav tako ima vgrajene konektorje za zunanje priključke.



Slika 3.2: Notranja stran osnovne plošče vgrajene v Samsung Galaxy S8+

#### 3.1.1 Procesor

Glede na uporabo ločimo več vrst procesorjev, kot so recimo centralni procesor ali CPE, grafični procesor ali GPE (angl. GPU ali Graphics Processing Unit), procesor digitalnih signalov ali DSP (angl. Digital Signal Processor), procesor za obdelavo slik, ki sodeluje tudi s kamero ali ISP (angl. Image signal Processor). Potem imamo še procesorje, ki obdelujejo zvok, skrbijo za varne povezave in varnost telefona, ter procesor za določanje lokacije. Vsi ti procesorji so pri današnjih pametnih mobilnih telefonih združeni v eno komponento, poznano tudi kot sistem na čipu (angl. SoC ali System on a Chip). To je integrirano vezje, ki vsebuje vse glavne procesne enote, izmed katerih je glavna CPE. Poleg procesnih enot so na SoC vgrajene še enota, ki skrbi za varnost sistema in varnega dostopa telefona z varnostnimi senzorji, enota za določanje lokacije (GPS), modem za povezavo z omrežjem in enota za uravnavanje in ojačanje zvoka. Vse te enote ima vgrajene tudi Snapdragon 835, ki sodi med zmogljivejše procesne čipe leta 2017. Shema njegove zgradbe je prikazana na sliki 3.3 [13].



Slika 3.3: Enote vgrajene v čipu Qualcomm Snapdragon 835

SoC Snapdragon 835 sestavlja osem enot. Glavne enota je CPE Kryo 280, ki ima 8 jeder razdeljenih na dva bloka. Jedra z višjo frekvenco dosežejo do 2,45 GHz, jedra z nižjo frekvenco pa do 1,7 GHz. Grafični procesor je Adreno 540, procesor DSP pa Hexagon 682, ki omogočata kakovostnejšo obdelavo signalov, z manjšo porabo energije, kot enoti na prejšnji verziji Snapdragon SoC-a. Za obdelavo zajetih slik in posnetkov, se uporablja ISP Spectra 180, ki vključuje dva senzorja in obdeluje lahko slike do ločljivosti 32 megapikslov, prav tako podpira optični zoom, video HDR in avtomatsko ostrenje ter zaznavanje obraza. Za povezljivost z internetom se uporablja modem X16 LTE, ki v teoriji omogoča hitrost prenosa podatkov s strežnika do 1 Gb/s, ter 150 Mb/s hitrosti prenosa podatkov na strežnik, čeprav teh hitrosti mobilni operaterji v praksi še ne omogočajo. Enota za varnost se imenuje Haven, ki omogoča, da vsi senzorji za varnost, ki jih telefon potrebuje, delujejo po specifikacijah proizvajalca in omogočajo lastniku hiter dostop do telefona. Zadnji dve enoti sta enoti za ojačenje in podporo kodekov zvoka ter enota za določanje lokacije s pomočjo sistemov GPS, Glonass, BeiDou in Galileo.

Število jeder CPE se je v zadnjih letih povečalo iz enega na osem, tako večino današnjih naprav na trgu vsebuje 8-jedrne, 64-bitne procesorje. Število bitov nam pove velikost registrov, največjo možno dolžino pomnilniškega naslova (v praksi so krajši) in velikost aritmetično-logične enote (ALE). Polega števila jeder je pomembna tudi frekvenca urinega signala (v nadaljevanju frekvenca), ki je pri večini mobilnih telefonov višja kot 2 GHz. Večina procesorjev današnjih telefonov ima 8 jeder, ki so razdeljena na dva bloka po štiri jedra, en blok z višjo frekvenco jeder in en blok z nižjo frekvenco jeder. Običajno se glede na obremenitev in

število operacij poveča število uporabljenih jeder, saj lahko ob manj zahtevnih operacijah telefon uporablja le blok z nižjo frekvenco jeder in s tem zmanjša porabo energije.

Vsi centralni procesorji v mobilnih telefonih so osnovani na arhitekturi ARM, ki je arhitektura RISC (angl. Reduced instruction set computer). Procesorji RISC imajo registrsko-registrsko zasnovu, kar pomeni, da so operandi potrebni za izvedbo večine ukazov shranjeni v registrih [2, 12]. S to zasnovu dosežejo, da se večina ukazov izvede v eni urini periodi. Le ukaza LOAD in STORE, dostopata do pomnilnika. Prvi ukaz naloži operand iz pomnilnika v register, drugi zapiše operand iz registra v pomnilnik. V mobilnih telefonih je ta arhitektura uporabljena predvsem zato, ker procesorji RISC zaradi manjšega števila tranzistorjev in izvajanja večine ukazov v eni urini periodi porabijo manj energije kot procesorji CISC. Procesorji v mobilnih telefonih so cevovodni in izvajajo več ukazov paralelno. Današnji procesorji v mobilnih telefonih imajo večinoma šeststopenjske cevovode.

Grafični procesor omogoča obdelavo 3D signalov, predvajanje videov v ločljivosti 4K in obdelavo virtualne resničnostako imenovanem GPE je v tem primeru procesor na čipu SoC, ki obdeluje zahtevnejše video signale in je pomemben del čipa, saj razbremeni CPE. Najpogosteje sta uporabljena grafična procesorja Adreno, ki ga proizvaja Qualcomm in Mali, ki ga proizvaja ARM.

Glavni in najbolj poznani procesorski čipi so Exynos, Snapdragon in Kirin, ki so prisotni v večini pametnih telefonov z operacijskim sistemom Android. Poznamo še čipe z oznako Ax, ki jih Apple vgrajuje v svoje telefone in tablice. Čipe znamke Exynos izdeluje Samsung Electronics in so vgrajeni v Samsungove mobilne telefone povsod razen v Koreji in ZDA. Prvič je bil uporabljen Exynos 4210 SoC v mobilnem telefonu Samsung S II. Čipe Snapdragon proizvaja podjetje Qualcomm in so bili prvič uporabljeni že leta 2007. Čipe znamke Ax po Applovih navodilih izdeluje Samsung. Prvi čip linije Ax je bil čip A4, ki je bil uporabljen v mobilnem telefonu iPhone 4. Znamko Kirin ima v lasti Huawei, čipe pa proizvaja njihovo podjetje HiSilicon.

### **3.1.2 Notranji pomnilnik**

Notranji pomnilnik sestavljata glavni pomnilnik oziroma RAM in pomnilnik flash (angl. Flash memory). Podatki sistemskih aplikacij in operacijskega sistema so shranjeni v delu pomnilnika flash, ki je uporabniku nedostopen in se uporablja le ob zagonu telefona, ko se prebere v RAM. Zaradi teh podatkov v zaščitenem delu je na voljo manjša kapaciteta pomnilnika flash za shranjevanje uporabniških podatkov.

RAMu pravimo glavni oziroma delovni pomnilnik zato, ker se aplikacije in procesi operacijskega sistema vanj prenesejo, da se sploh lahko sploh izvedejo. V mobilnih telefonih se uporablja dinamični RAM tipa SDRAM (angl. Synchronous dynamic random-access memory), ki vsakih 64 ms osveži vsebino pomnilnika, kar je približno 15 osvežitev na sekundo. Prenos med CPE in RAMom je izredno hiter in pri sodobnih pametnih telefonih lahko doseže že do 30 Gb/s, odvisno od vrste pomnilnika RAM. Pri večini boljših telefonov je vgrajen pomnilnik SDRAM LPDDR3 ali LPDDR4, kjer LP pomeni »low power« oziroma »nizka poraba«, saj omogoča manjšo porabo energije. Pri mobilnih telefonih v RAMu ostanejo zadnje uporabljene aplikacije, kar pomeni večja kot je kapaciteta RAMa, več aplikacij se lahko izvaja v ozadju. Če uporabnik sam ne zapre aplikacije v ozadju in tako aplikacijo popolnoma zaustavi, se izvede algoritem LRU (angl. Least Recently Used). Ta iz RAMa najprej izbrši aplikacije, ki najdlje časa niso bile uporabljane in tako sprostí prostor za zagon druge aplikacije.

Pomnilnik flash je vrsta pomnilnika EEPROM (angl. Electrically erasable programmable read-only memory), ki se od RAMa razlikuje po tem, da se podatki ne zbrisajo, tako kot pri RAMu, ko se naprava ugasne. Večji del pomnilnika flash je uporabniku na voljo za shranjevanje različnih vrst datotek, manjši del, ki je uporabniku nedostopen pa se uporabi za sistemske datoteke in programsko opremo. Poznamo dve vrsti pomnilnika flash, to sta NOR in NAND, v mobilnih telefonih se uporablja flash pomnilnik NAND. Pisanje v pomnilnik flash je možno samo v pomnilniške celice, ki so zbrisane (so v stanju 1). Pomnilnik NAND je razdeljen na strani, ki so tipično velike 4 ali 8 KB, 64 ali 128 strani pa tvori blok. Pisanje je možno na ravni strani, briše pa se lahko samo cel blok. Glavna težava pomnilnika flash je omejeno število brisalno-pisalnih ciklov, saj se pomnilniške celice znotraj pomnilnika z brisalno-pisalnimi cikli izrabijo in niso več uporabne. Danes se v mobilnih telefonih uporabljajo pomnilniki flash s pomnilniškimi celicami TLC (angl. Triple-level cell), ki lahko shranijo 3 bite, vendar vzdržijo samo 3000 do 5000 brisalno-pisalnih ciklov.

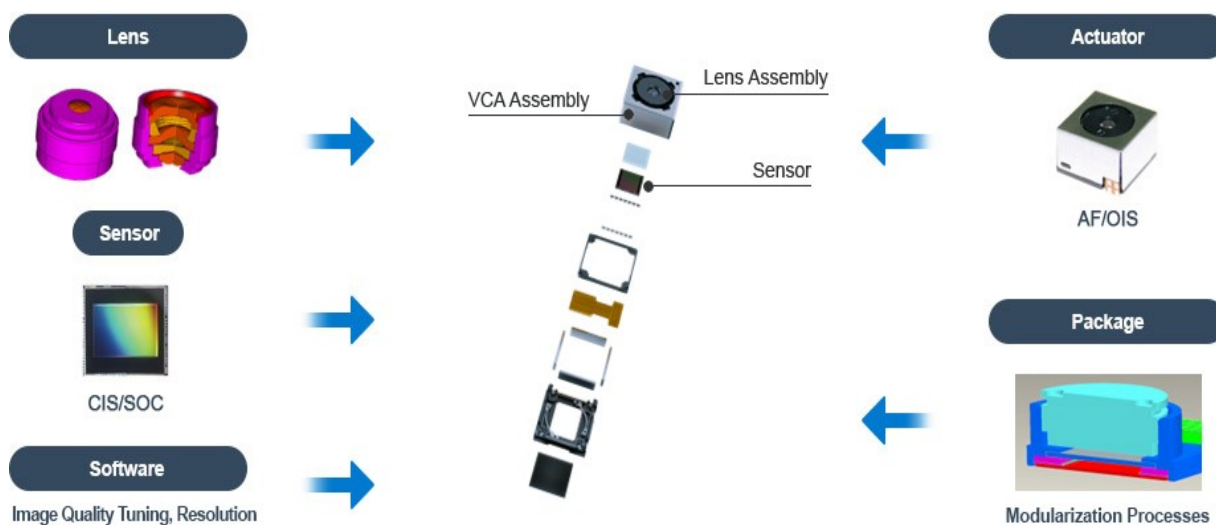
### **3.1.3 Zunanji pomnilnik**

Večina današnjih telefonov ima možnost razširitve notranjega pomnilnika flash še z zunanjim pomnilnikom. V primeru mobilnih telefonov je to pomnilniška kartica microSD. Ta kartica je prenosljivi pomnilnik flash, ki se ga lahko vstavi v vse naprave, ki podpirajo ta standard pomnilniške kartice. Pomnilniške kartice je leta 1999 predstavilo podjetje Secure Digital. Na začetku so bile večje, počasne ter imele majhno kapaciteto. Danes prevladujeta dva formata kartic microSD. To sta format SDHC (angl. Secure Digital High Capacity) in format SDXC (angl. Secure Digital eXtended Capacity). Format SDHC se je pojavil leta 2006 in podpira do 32 GB pomnilniškega prostora, ter uporablja datotečni sistem FAT32, format SDXC pa se je pojavil leta 2009 in podpira do 2 TB pomnilniškega prostora, ter uporablja datotečni sistem

exFAT, ki je optimiziran za prenosljive zunanje pomnilnike. Danes se v večino boljših mobilnih telefonov vstavi pomnilniška kartica s kapaciteto do 256 GB, a nekateri telefoni kot na primer iPhone, sploh ne podpirajo možnosti razširitve notranjega pomnilnika.

### 3.1.4 Kamera

Kamera v mobilnem telefonu mora biti čim manjša in čim tanjša, da ne izstopa iz ohišja. Modul kamere je sestavljen iz več ravni [15]. Na sliki 3.4 je prikazana zgradba modula kamere mobilnega telefona Samsung Note 8. Osnovni deli so paket leč oziroma objektiv z mehanizmom za avtomatsko ostrenje in optično stabilizacijo slike, slikovni senzor in programska oprema. [16]. Medtem ko ima velika večina telefonov že možnost samodejnega in ročnega ostrenja, ima večina telefonov vgrajeno le elektronsko oziroma digitalno stabilizacijo slike, ki se izvede s programsko opremo in ne v aktuatorju. Nekaj novejših telefonov ima vgrajeno že optično stabilizacijo slike, kar pomeni, da se leče z elektromagnetnimi ali piezo motorji premikajo v nasprotni smeri premikanja telefona.



Slika 3.4: Zgradba modula kamere pri Samsung Note 8

Objektiv je najbolj pomemben sestavni del kamere. Osnovni podatek pri objektivu je velikost odprtine zaslonke, skozi katero potuje svetloba. Večji kot je premer odprtine, več svetlobe ujame objektiv, a se zmanjša globinska ostrina. Če premer odprtine zmanjšamo, objektiv sicer ujame manj svetlobe, a se poveča globinska ostrina. Pomembna lastnost je še goriščna razdalja (označena s  $f$ ), ki nam v milimetrih pove, kakšna je razdalja med centrom objektiv in senzorjem v kameri. Velikost odprtine zaslonke se označuje s  $f$ -stopnjo ( $f/x$ ), ki jo dobimo, tako da dolžino goriščne razdalje delimo s premerom odprtine zaslonke in tako dobimo  $x$ . Večja, kot

je f-stopnja, manj svetlobe objektiv ujame, torej je pri  $f/2,0$  slika slabše osvetljena kot pri  $f/1,7$ . Še ena izmed pomembnih lastnosti objektiv je zmožnost približevanje predmetov (angl. Zoom), ki jih želimo zajeti na sliki. V današnjih telefonih je uporabljen digitalni zoom, ki ni povezan z objektivom, ampak se izvede programsko s tem, da izreže točke, ki jih uporabnik ne želi imeti na sliki. Optični zoom sicer nekateri telefoni že uporabljajo, a je izveden na drugačen način kot v profesionalnih fotoaparatih. To pomeni, da ima kamera dva objektiv, ki imata različni goriščni razdalji. Med njima se lahko izbira v uporabniškem vmesniku kamere, lahko pa uporabnik zajame sliko z obema objektivoma hkrati in nato izbira med slikama. Druga pomembna enota je slikovni senzor, ki pretvarja svetlobne valove, ki jih je ujel objektiv, v elektronske podatke. Sestavljen je iz manjših svetlobnih senzorjev, vsak na sliki predstavlja eno slikovno točko. V današnjih kamerah je vgrajen senzor tipa CMOS (angl. Complementary metal oxide semiconductor), v katerem je vgrajen ojačevalnik za vsak piksel, ki pošlje zaznano vrednost svetlobnega signala neposredno v ADC. Pretvorbe signala so hitre in učinkovite, ter porabijo manj energije. Poleg velikosti pikslov v senzorju (meri se v mikrometrih), je pri senzorju pomembna še občutljivost, ki je označena z oznako ISO. Programska oprema služi za sestavo slike, določanje barv in izboljšanje njene kakovosti ter določanje ločljivosti.

V veliko pomoč pri zajemanju slik v slabi svetlobi je tudi pri telefonih s slabšo kamero bliskavica LED. Pri večini telefonov je nameščena poleg kamere, da je željen predmet na sliki dobro osvetljen, pod približno enakim kotom, iz katerega uporabnik želi posneti sliko.

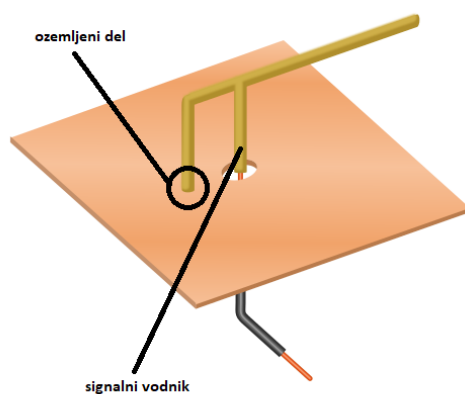
### **3.1.5 Senzorji**

V današnji mobilnih telefonih je vgrajenih veliko senzorjev, kot so senzor za uravnavanje svetlosti in aktivnosti ekrana, senzor za prepoznavanje prstnih odtisov in že omenjeni senzorji v kameri. Novejši telefoni pa imajo celo senzorje za prepoznavo obraza in šarenic. Senzor za uravnavanje aktivnosti ekrana je vključen v vse telefone in je v pomoč med klicem, da uporabnik pomotoma ne prekine klica ali pritisne kakšne tipke. Senzor za prepoznavanja prstnih odtisov je prva in za zdaj najbolj razširjena izmed varnostnih komponent v telefonu. Vse več telefonov ima ta senzor na zadnji strani, da lahko večji del sprednjega dela zaseda ekran, saj do sedaj še nobenemu proizvajalcu telefonov ni uspelo vgraditi zanesljivega senzorja za prepoznavanje prstnih odtisov pod ekran, čeprav tehnologija že obstaja. Samsung je pri novejših telefonih kot dodatno varnostno komponento predstavil še prepoznavanje šarenice, ki deluje zelo učinkovito in hitro, ter prepoznavanje obraza, ki pa ni tako učinkovito kot pri Applu. Apple je novo tehnologijo prepoznavanja obraza uvedel pri iPhone X, poimenoval jo je Face ID in odstranil senzor za prstni odtis. Ta nova tehnologija naredi 3D sken obraza in naj bi bila najbolj zanesljiva tehnologija prepoznavanja obraza v mobilnih telefonih.

### 3.1.6 Antena

Antena je, za razliko od telefonov, proizvedenih proti koncu 20. stoletja, skrita v notranjosti telefona. Včasih je se je uporabljala monopolna antena, v današnjih telefonih pa se uporablja antena tipa PIFA (angl. Planar Inverted-F Antenna) [22], ki pripomore predvsem k temu, da so telefoni manjši in bolj kompaktni, kot tudi k manjši vrednosti SAR (angl. Specific absorption rate). Kot je prikazano na sliki 3.5, pri tipu PIFA monopolna antena teče vzporedno s prevodno ozemljeno ravnino. Na koncu je antena ozemljena, tik pred koncem pa je priključen signalni vodnik, ki teče skozi odprtino v ravnini in povezuje anteno s sprejemnikom signala v telefonu.

Da antena lahko sprejema različne frekvence na več pasovih, je možno dve anteni združiti na eni ravnini, kar je danes nujno, saj storitve kot so GSM, Wi-Fi in LTE delujejo na različnih frekvencah. Najbolj pomembne frekvence, na katerih delujejo posamezne storitve in jih mora antena v telefonu sprejemati so 800 MHz, 1800 MHz in 1900 MHz za GSM, 2100 MHz za UMTS, 2,4 GHz za Wi-Fi in Bluetooth), ter 2,3 GHz, 2,5 GHz in 2,6 GHz za LTE [18]. Frekvence se po svetu lahko razlikujejo, a po večjem delu sveta so zgornje frekvence poenotene. Telefoni imajo še anteno, ki omogoča komunikacijo NFC (angl. Near Field Communication), kar pomeni, da lahko komunicirajo z neko drugo elektronsko napravo na razdaljo največ 4 centimetre. Ta storitev deluje na frekvenci 13,56 MHz.



Slika 3.5: Antena tipa PIFA

Poleg tega, da je antena tipa PIFA manjša in vgrajena v telefon, je njena prednost tudi v tem, da je vrednost SAR telefona manjša. Vrednost SAR nam pove, koliko energije absorbira človeško telo, ko je izpostavljeno elektromagnetnemu sevanju. Pojem »specifična« pomeni, da je količina absorbirane energije navedena za kilogram telesne teže. Vrednost SAR se podaja v watih na kilogram telesne teže (W/kg). Največja vrednost SAR, ki je dovoljena med uporabo

mobilnih telefonov, je 1,6 W/kg s predpostavko, da se telefon uporablja povprečno 30 minut za pogovor, kjer je v neposredni bližini ušesa [23]. Ta vrednost je bila določena zaradi toplotnih vplivov sevanja mobilnih telefonov, saj se tkivo pri visokih količinah elektromagnetnega sevanja močno segreje, niso pa spremljali, kakšen vpliv ima lahko na tvorbo rakavih celic ali spremembe DNK. Pri testiranju za vrednost SAR uporabljajo lutko in telefon, ki ga postavijo v položaje, kjer se mobilni telefon pogosto nahaja med pogovorom, robotska igla, ki ima na konici senzor, pa izmeri vrednost električnega polja na prej določenih mestih znotraj lutke [24]. Vsi rezultati teh meritev so za posamezne telefone javno dostopni.

## 3.2 Baterija

V mobilnih telefonih se kot v večini prenosnih elektronskih naprav, uporablja polnilna Litij-ionska baterija (angl. Lithium-ion battery). Med praznjenjem baterije se litijevi ioni premikajo od anode proti katodi, med polnjenjem pa je obratno, tako da se litijevi ioni premikajo od katode k anodi.

Kapaciteta baterije se meri v miliamperskih urah (mAh). V današnjem času ima večina mobilnih telefonov kapaciteto baterije 3000 mAh in več, med uporabo pa je tok v povprečju 200 mA [17]. Teoretično to pomeni, da bo baterija v telefonu imela dovolj energije za 15 ur delovanja, če predpostavimo, da se telefon ves čas uporablja enako in ni v mirovanju. Trajanje baterije se lahko spremeni glede na to, kako zahteven je uporabnik mobilnega telefona in kako zahtevna opravila opravlja ter koliko časa je mobilni telefon v mirovanju oziroma ima zaklenjen zaslon. Poraba baterije ni odvisna samo od kapacitete, ampak tudi kakovosti sestave, saj večja kapaciteta pomeni več celic, združenih v eno večjo baterijo (angl. Battery pack). Pri slabo sestavljenih baterijah in slabem ravnanju z baterijo (polnjenje s poškodovanim polnilcem) se lahko pojavi težava pregrevanja baterije, baterija pa se lahko tudi napihne.

Li-ionske baterije imajo omejeno število ciklov polnjenja in praznjenja, preden se kapaciteta baterije tako zmanjša, da je baterija nezmožna napajati napravo. Pri Li-ionskih baterija se število ciklov močno razlikuje, a se giblje med 400 in 1200 cikli. Glede na rezultate študije, izvedene na univerzi v Lyonu lahko trdimo, da se z več izvedenimi cikli samodejno zmanjšuje tudi kapaciteta baterije kar za 2 % vsak mesec uporabe [18].

Za polnjenje baterije je potreben polnilec. Včasih so se polnilci tako razlikovali, da je imel skoraj vsak telefon drugačen konektor za polnjenje. Z uvedbo univerzalnega polnilca se je začel za polnjenje uporabljati konektor micro-USB. V zadnjem času vsi boljši telefoni omogočajo hitro polnjenje, tako da se baterija v telefonu v celoti lahko napolni tudi že v malo več kot 60 minutah. Ti hitri polnilci polnijo baterijo s tokom 2.1 A, medtem ko so starejši polnili s tokom

1 A ali manj. Poleg hitrejših polnilcev ima vse več novejših telefonov za polnjenje vgrajen konektor USB-C, ki omogoča polnjenje baterije z večjim tokom. Prav tako vse več novejših telefonov v višjem rangi ponuja brezžično polnjenje. Za tak način polnjenja je potreben brezžični polnilec, ki deluje po standardu Qi. Brezžično polnjenje deluje na principu induktivnega prenosa energije med polnilcem in mobilno napravo. V polnilcu izmenični tok v tuljavi povzroči izmenično magnetno polje, ki v tuljavi v mobilnem telefonu povzroči inducirano napetost in s tem prenos energije. Baterija v mobilni napravi se polni z enosmernim tokom [19].

### 3.3 Zaslون

Zaslون je uporabnikov glavni stik s telefonom, zaslون na dotik pa je upravljanje s telefonom še olajšal. Zato se je vse od prihoda zaslona na dotik na trg povečala uporaba pametnih telefonov in s tem tudi hitrejši razvoj mobilne tehnologije. Zaslون zaseda večino sprednjega dela telefona, pri večini telefonov je to približno 70 % sprednjega dela, a pri novejših telefonih, kot so recimo Samsungovi seriji S8 in Note 8, iPhone X in LG G6 se ja ta odstotek že povečal. Predvsem pri Samsungu in pri Applu so se odločili investirati v zaslone brez robov oziroma zaslone s čim manj vidnega robu.

Večina telefonov na trgu ima še vedno razmerje velikosti zaslona 16:9, kar pomeni, da zaslون meri 16 enot v širino in 9 enot v višino. Že omenjeni Samsung telefoni pa imajo razmerje velikosti 18.5:9, kar pomeni, da so daljši in s tem dajo videz manjših robov. Velikost zaslona se meri po diagonali in je navadno napisana v palcih. Večina današnjih mobilnih telefonov ima velikost večjo od 5 palcev, medtem ko se bili v preteklosti zasloni manjši. Še ena pomembna lastnost zaslona je ločljivost, to je število pikselov na enoto površine, ki se podaja v enoti PPI (angl. Pixels per inch). Ker imajo danes telefoni vedno večje zaslone, je pomembno, da je višja tudi ločljivost, saj so piksli tako manjši, kar omogoča bolj ostro sliko z več vidnimi podrobnostmi. Prvi pametni telefon HTC je imel ločljivost le 256 PPI, danes pa imajo boljši telefoni tudi že več kot 500 PPI.

Zasloni, ki se vgrajeni v današnjih mobilnih telefonih so kapacitivni zasloni na dotik in so sestavljeni iz več plasti [20]. Na vrhu je ojačano steklo, ki služi kot zaščita za spodnje plasti in ima na notranji strani neparjen Indium Tin Oxide (ITO). ITO je optično transparenten in električno prevoden material. Druga plast je sestavljena iz matrike senzorjev dotika po X osi. Na tretji plasti je izolator, ki ima na spodnji strani zopet neparjen ITO. Četrta plast je sestavljena iz senzorjev dotika po Y osi. Ko se z dotikom na površini spremeni kapacitivnost zaslona, senzorji dotik zaznajo, in ker sta plasti senzorjev povezani s krmilnikom, senzor pošlje podatke krmilniku, ki signale obdela in določi lokacijo dotika. Ker je vgrajenih senzorjev veliko, je

možno določanje lokacije več prstov hkratako imenovanem Pod vsemi temi plastmi imamo na koncu še zaslonsko ploščo, ki prikaže sliko.

V mobilnih telefonih se za prikaz slike danes uporabljajo različne tehnologije zaslonov [35]:

- LCD (angl. Liquid Crystal Display) za prikaz uporablja tehnologijo tekočih kristalov, ki modulirajo svetlobo. Na notranji strani je najprej osvetlitev, nato sledi polarizator oziroma prvi polarizacijski filter, potem imamo raven tekočih kristalov, preko katerih je nameščena raven barvnih filtrov, na vrhu pa je analizator oziroma drugi polarizacijski filter.
- IPS (angl. In-plane switching) je tehnologija zaslonov LCD, kjer so tekoči kristali poravnani vodoravno in vzporedno z električnim poljem glede na daljšo stranico zaslona. Zaslonski IPS se odlikujejo po bolj natančni predstavitvi barv večjem vidnem kotu. Njihove slabosti pa so večja poraba energije in daljši odzivni čas
- LED (angl. Light Emitting Diode) za prikaz uporablja diode, ki oddajajo svetlobo s premikanjem elektronov, diode pa služijo kot pikseli na zaslonu. LED-diode so na zaslonu razvrščene v matriko po barvnem modelu RGB.
- OLED (angl. Organic Light Emitting Diode) je vrsta LED tehnologije, kjer se za izvor svetlobe uporablja tankoplastna kemijska zmes ogljika, ki oddaja svetlobo, ko skozi teče električni tok.
- AMOLED (angl. Active-matrix Organic Light Emitting Diode) za prikaz uporablja OLED diode integrirane v tankoplastno tranzistorsko polje (TFT), ki predstavlja aktivno matriko za naslavljanje diod OLED posameznih pikselov. Ta tehnologija je bolj odzivna na spremembe barv in dotik kot ostale tehnologije, ter porabi manj energije za delovanje. Danes jo uporablja vse več mobilnih telefonov.

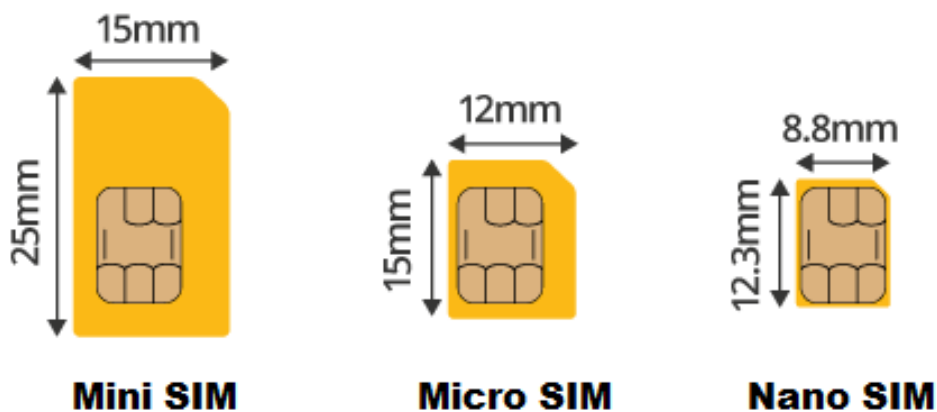
### 3.4 Kartica SIM

Kartica SIM (angl. Subscriber Identity Module) je integrirano vezje, ki je namenjeno varnemu shranjevanju številke IMSI (angl. International mobile subscriber identity) in povezanega ključa, ki omogočata prepoznavanje in avtentikacijo naročnika mobilnih storitev. Kartica SIM je zunanja komponenta, saj za samo delovanje telefona ni nujno potrebna, a brez nje uporabnik ne more uporabljati storitev, ki jih ponuja mobilno omrežje. Kartice se ločijo po serijski številki ICCID (angl. Integrated Circuit Card Identifier), poleg številke IMSI pa vsebujejo šečasne informacije o trenutnem omrežju, spisek storitev, ki jih uporabnik lahko uporablja in varnostni

kodi PIN (angl. Personal identification number) za odklep storitev, ter 8-mestni PUK (angl. Personal unblocking code) za odklep PINa.

Številka IMSI omogoča identifikacijo omrežja, na katero je kartica SIM vezana. Sestavljena je iz treh blokov števk, skupna dolžina vseh števk pa ne sme biti višja od 15. Prve tri številke identificirajo klicno kodo države ali MCC (angl. Mobile Country Code), naslednji dve, oziroma v redkih primerih tri številke, predstavljajo kodo mobilnega operaterja ali MNC (angl. Mobile Network Code), ki je izdal kartico SIM, ostale številke pa predstavljajo identifikacijsko številko uporabnika znotraj omrežja ali MSIN (angl. Mobile Subscriber Identity Number). Ključ, ki je shranjen na kartici, je 128-biten in omogoča avtentikacijo kartice SIM v določenem omrežju. Vsaka kartica SIM ima edinstven ključ, ki je zapisan v bazi mobilnega operaterja, pridobi pa ga kartica v času personalizacije oziroma pri prvi aktivaciji.

Veže SIM je sestavni del fizične kartice UICC (angl. Universal Integrated Circuit Card) znane tudi pod imenom Smart card. Prve UICC so bile narejene v velikosti bančnih kartic, čez leta pa se je velikost zmanjšala, integrirano vezje znotraj kartice pa je ostalo enako, tako da so se starejše kartice lahko zmanjšale na velikosti, ki jih danes uporabljamo v telefonih. Leta 1991 je SIM kartice prvič uporabilo podjetje Radiolinja, ki so bile še v velikosti polne SIM. Od takrat naprej so se pojavile manjše verzije, imenovane mini SIM leta 1996, micro SIM leta 2003, ter nano SIM leta 2012, ki so trenutno v uporabi v novejših telefonih [25]. UICC je izdelana po standardu ETSI, za standarde SIM pa je zadolžen 3GPP (angl. 3rd Generation Partnership Project).



Slika 3.6: Razvoj velikosti kartic SIM od leta 1996 naprej

## 3.5 Operacijski sistem

Vse do zdaj opisane komponente sestavljajo strojno opremo telefona, operacijski sistem pa spada med programsko opremo. Za uporabnika je to zelo pomembna komponenta, saj pripomore k izboljšanju uporabniške izkušnje. Že pred pojavom modernejših pametnih telefonov to je predstavitev iPhona, so imeli nekateri telefoni operacijske sisteme. Predvsem je bil to sistem SymbianOS, ki je bil razširjen pretežno na telefonih Nokie. Bil je bolj uporabniku prijazen kot prejšnji sistemi, ki niso bili tako pregledni.

Leta 2007 pa je na trg vstopil Apple z operacijskim sistemom, ki je danes poznan kot iOS 1.0, takrat pa je bil znan pod imenom iPhone OS X. Vse od takrat naprej so se razvili različni operacijski sistemi, obdržali pa so se le trije, Windows Mobile, Android in iOS. Windows Mobile je vedno zaostajal za ostalima dvema v funkcionalnosti in podpori, čeprav je bil pri določenih uporabnikih zelo priljubljen. Medtem ko sta Android in iOS močnejša in bolj razširjena, je uporaba sistema Windows Mobile začela upadati in zato so z letom 2017 prenehali izdelovati telefone s tem sistemom.

### 3.5.1 Operacijski sistem Android

Operacijski sistem Android je bil ideja isto imenskega podjetja Android inc., ki ga je leta 2005 prevzel Google. Android je izdelan na osnovi Linuxovega jedra in podobnih odprtokodnih sistemov, ter je v uporabi na večini pametnih telefonov in tablic na trgu, čeprav se pojavljajo tudi druge naprave, na primer televizorji, ki uporabljajo ta sistem. Največkrat uporabljeni Linuxovi jedri sta 3.18 in 4.4, predvsem je to odvisno od telefona. Prvi telefon, ki je podpiral ta operacijski sistem je izšel leta 2008, od takrat pa se je zgodilo že ogromno nadgradenj sistema, vse do zadnje verzije to je Android 8.0 z vzdevkom Oreo. Večina mobilnih telefonov sicer uporablja še različne verzije Androida 7.0 oziroma Nougat.

Androidov uporabniški vmesnik je osnovan na zaznavi dotika uporabnika in se odziva na geste, kot sta drsenje in tipkanje. Za pisanje ima sistem vgrajeno virtualno tipkovnico, s katero uporabnik lahko vnaša znake in pošilja sporočila. Ko se sistem zažene, nas povede na domači zaslon, kjer so prikazane bližnjice ikone aplikacij in razni pripomočki, kot so na primer vreme, elektronska pošta in celo novice, si jih pa vsak uporabnik lahko sam izbere in nastavi. Pri veliki večini naprav z Androidom je v sistem vgrajen tudi predal z vsemi nameščenimi aplikacijami, saj se tako večino aplikacij lahko skrrije, za prikaz na domačem zaslonu pa si uporabnik lahko izbere le tiste, ki jih največkrat uporablja. Na zgornjem delu ekrana je prikazana vrstica z obvestili, ki jo lahko uporabnik s premikom navzdol poveča in tako dobi podrobnejši opis o obvestilih, ter dostop do bližnjic raznih večkrat uporabljenih storitev, kot so na primer Wi-Fi, mobilni podatki, Bluetooth in vklop iskanja trenutne lokacije.

Aplikacije za Android so napisane s pomočjo Android SDK (angl. Software Development Kit) in v programskih jezikih Java, C, C++. SDK vključuje zbirko pripomočkov za lažje programiranje, kot so razhroščevalnik (angl. Debugger), različne programske knjižnice, emulator za testiranje aplikacije, dokumentacijo in vodiče za programerje. Aplikacije programerji lahko naložijo iz Google Play Store, ki je uradna trgovina in ponuja preverjene aplikacije tretjih oseb to je aplikacije, ki niso narejene direktno pri Googlu.

Ker je Android odprtokodni sistem in ga uporablja približno 85 % telefonov na trgu [21], ima vsaka znamka telefona po svoje prirejen uporabniški vmesnik, najbolj originalnega pa imajo telefoni, ki imajo v imenu Nexus, saj so ustvarjeni neposredno v sodelovanju z Googlom. Ti različni vmesniki lahko povzročajo dodatne težave in s seboj prinesejo še veliko aplikacij, ki niso potrebne v sistemu, ampak le kradejo prostor na telefonu in včasih lahko tudi upočasnijo telefon, zaradi česar se uporabniki velikokrat pritožujejo. Odprtokodnost omogoča, da programerji sami izdajajo posodobitve sistema, za starejše telefone, ki teh posodobitev niso več deležni.

Mobilni telefoni z operacijskim sistemom Android imajo običajno večji pomnilnik RAM kot iPhoni, saj drugače uporabljajo RAM. Aplikacije v ozadju obdržijo aktivne, zato zasedajo prostor v RAMu tudi ko ne izvajajo nobenih procesov. To pomeni, da na Androidnih telefonih uporabnik lahko do že uporabljene aplikacije lahko kadarkoli dostopa in bo ostala v istem stanju kot je bila poslana v ozadje in se s tem tudi hitreje naloži. Pri operacijskem sistemu iOS se aplikacija, ki se prestavi v ozadje zaustavi sredi procesa, tako da ne zaseda prostora v RAMu zaradi česar ni opazne razlike v odzivnosti sistema [14]. To pomeni, da pri iOS v RAMu ostane več prostora za hitrejše zaganjanje aplikacij, prav tako pa je sistem bolj odziven na spremembe.

### **3.5.2 Operacijski sistem iOS**

Sistem iOS je bil leta 2007 izdan skupaj z izdajo prvega iPhone-a. Osnovan je na Applovem operacijskem sistemu za računalnike macOS, saj je Steve Jobs le tega želel pomanjšati in uporabiti v prenosnih napravah. Ta sistem je bil osnovan na Unixu in njemu podobnim sistemom. Sistem je narejen izključno za strojno opremo Applovih naprav. Delež teh naprav je na trgu malo manj kot 15 % [21] in je zato lažje narediti sistem, ki izkoristi strojno opremo, ki je na voljo. Pri Androidnih telefonih to ni izvedljivo, saj je zaradi večjega deleža toliko različnih naprav z različno strojno opremo, da je težko narediti sistem, ki bi enako kvalitetno deloval na vseh napravah. Zaradi enakega razloga dobivajo novejšje posodobitve tudi starejši modeli iPhonov, saj je te posodobitve lažje prirediti kot pri Androidnih telefonih, kjer novejšje posodobitve dobijo le novejši telefoni.

Podobno kot Android ima uporabniški vmesnik osnovan na zaznavi dotika in gest, ki jih uporabnik izvaja. Vmesnik ima domači zaslon, ki se razteza preko več strani, za katere je treba podrgniti levo ali desno in kjer so prikazane vse aplikacije, ne le bližnjice do aplikacij tako kot pri Androidu, saj iOS nima posebnega predala za aplikacije. Na zgornjem delu zaslona ima prikazano statusno vrstico, ki prikazuje čas, datum in napolnjenost baterije, obvestila pa se prikažejo v tako imenovanem obvestilnem centru, ki ga uporabnik najde tako, da navzdol potegne statusno vrstico. Na spodnjem delu vmesnik nima vrstice z gumbi za domači zaslon, en korak nazaj in za pregled nazadnje uporabljenih aplikacij, kot je to značilno za Androidne telefone.

Aplikacije za iOS so napisane v programskih jezikih C, C++ in Swift. Ker je sistem zaprto koden, ni na voljo toliko aplikacij kot za Android, zato aplikacije lahko bolje izkoristijo strojno opremo. Vse preverjene aplikacije so dostopne v trgovini App Store, ki je uradna trgovina za nameščanje aplikacij namenjenih za ta sistem. Z izidom iPhone 4 je Apple, kot prvi predstavil virtualno asistentko Siri, ki je bila sprva narejena kot aplikacija, a z iPhone 4s že vgrajena v sistem. Siri lahko uporabniku pomaga pri hitrih opravilih, kot so klici, pisanje sporočil, brskanje po internetu. Uporabnik do Siri dostopa tako, da dlje časa pridrži gumb za domači zaslon, nato pa pove željeno dejanje.



Slika 3.7: Primerjava domačega zaslona na iOS 11.0 (levo) in Android 8.0 (desno)



## **Poglavje 4 Testiranje komponent mobilnih telefonov**

V tem poglavju bodo predstavljene aplikacije, ki so bile uporabljene za testiranje komponent mobilnih telefonov, ter 5 mobilnih telefonov višjega ranga, ki sem si jih izbral za testiranje. Izbral sem jih, ker so bili v času testiranja, konec oktobra 2017, najboljši mobilni telefoni glavnih linij izbranih proizvajalcev. Na koncu je prikazana analiza rezultatov in s tem izbrane najboljše komponente posameznih telefonov. Testirana je večina notranjih komponent, o čemer je več napisano v predstavitvi aplikacij. Ni mi uspelo testirati zmogljivosti baterije pri vseh telefonih, saj sem si telefone za testiranje lahko sposodil le za en dan in mi zato ni uspelo opraviti dolgotrajnega testa baterije. Zato test vzdržljivosti baterije ni vključen v analizo. Poleg testiranja komponent sem opravil tudi teste odzivnosti sistema in lastnoročno preizkusil uporabo kamere, s katero sem posnel nekaj slik v slabši svetlobi za primerjavo kakovosti zadnje kamere posameznih mobilnih telefonov.

### **4.1 Aplikacije uporabljene za testiranje**

Za teste sem izbral tri popularne aplikacije, ki se uporabljajo za tako imenovanem »benchmark« teste s katerimi se testirajo posamezne komponente in vrnejo številko glede na zmogljivost komponente. Večja kot je številka, bolje se je komponenta odrezala pri testiranju. Glavne tri aplikacije so AnTuTu Benchmark [28], Basemark OS II in GeekBench, poleg tega pa sem uporabil še aplikaciji AndroBench in GFXBench GL Benchmark. Te aplikacije sem izbral, ker testirajo najbolj pomembne komponente za delovanje mobilnega telefona, kot so procesor, RAM, notranji pomnilnik in GPE. Za te komponente mislim, da so poleg baterije, glavne strojne komponente po katerih se lahko meri zmogljivost mobilnega telefona in so med glavnimi značilnostmi, ki kupce zanimajo pred nakupom telefona.

#### **4.1.1 Aplikacija AnTuTu Benchmark**

Aplikacija AnTuTu testira delovanje komponent kot so CPE, GPE ter RAM, vrne pa tudi rezultat uporabniške izkušnje (UX), ki je povezana s hitrostjo obdelave podatkov in zmožnostjo shranjevanja [29]. Najprej testira GPE, kjer simulira 3D prostor, po katerem se test sprehaja, ter s tem testira, kako se GPE odziva na zahtevnejše 3D simulacije in objekte znotraj te simulacije. Nato testira RAM, kjer se izvede test hitrosti dostopa do RAMa in hitrosti zapisa

podatkov. Potem z različnimi operacijami kot so zahtevnejše matematične operacije (operacije v plavajoči vejici, računanje z matrikami), vsakdanja uporaba (procesiranje 2D grafik, dekodiranje slik), odziv na zahtevnejše procese, ki uporabljajo več jeder za delovanje in večopravnost (delovanje ko se izvaja več aplikacij hkrati) testira CPE. Na koncu testira še uporabniško izkušnjo, tako da izvaja teste kot so preverjanje kontrolne vsote zgoščevalne funkcije, pošiljanje sporočil, razčlenjevanje dokumentov XML in JSON, testiranje hitrosti pomnilnih vhodno-izhodnih naprav in s tem testiranje branja iz notranjega pomnilnika, kjer so shranjene nastavitve in aplikacije. Ta aplikacija je edina, ki testira tudi uporabniško izkušnjo, ki je pomemben del izbire mobilnega telefona. Po končanem testiranju za vsak test in za vsako komponento vrne številčni rezultat in vse sešteje v končni rezultat naprave, ki ga lahko uporabnik primerja na lestvici testiranih naprav.

### **4.1.2 Aplikacija Basemark OS II**

Aplikacija Basemark OS II testira štiri glavne skupine[30], za katere na koncu vrne skupne rezultate. Profesionalna verzija aplikacije, ki je namenjena za razvijalce, da rezultate še za vsak posamezen test.

Prva skupina testov zajema testiranje zmogljivosti CPE, kar pomeni različne matematične teste, razčlenjevanje dokumentov XML ter teste hitrosti na enem in več jedrih procesorja. Druga skupina testira notranji pomnilnik, s testi, kot so pisanje in branje datotek z določeno velikostjo, pisanje in branje datotek, ki se jim velikost še povečuje, ter test fragmentacije datotek. Tretja skupina testira zmogljivosti GPE z različnimi 2D in 3D simulacijami. Četrta skupina pa testira odzivnost brskalnika, ter vsebuje teste, kot so test 3D transformacij kaskadnih stilskih predlog (CSS), test zmožnosti ustvarjanje elementov s HTML5 in hitrost spreminjanja velikosti objektov s CSS.

### **4.1.3 Aplikacija GeekBench 4**

Aplikacija GeekBench 4 se osredotoča predvsem na testiranje procesorja in vrne rezultate testov, ki se opravijo najprej na enem jedru in nato še na več jedrih. Možno je še testiranje baterije, a kot sem že omenil, mi zaradi kratkega časovnega obdobja, ko sem imel telefone na voljo za testiranje, ni uspelo pognati še testa za baterijo, saj bi en test trajal lahko tudi po 6 ur in več. Ker testov nisem uspel opraviti na vseh telefonih, ta test ni v vključen v analizo.

Testi simulirajo kompleksne naloge, ki jih izvaja CPE v povezavi z drugimi komponentami in se izvajajo v štirih skupinah. Te skupine so šifriranje podatkov (5% skupnega rezultata), naloge s celimi števili (45% skupnega rezultata), operacije s števili v plavajoči vejici (30% skupnega rezultata), ter hitrost pomnilnika in operacij kopiranja, zakasnitve in ohranjanje pasovne širine

pomnilnika (20% skupnega rezultata). Vse skupine testov vključujejo opravila, ki se dogajajo pri vsakdanji uporabi mobilnih telefonov, ko so šifriranje AES, procesiranje slik formata JPEG, uporaba Dijkstraovega algoritma, razčlenjevanje dokumentov HTML5, branje in sestavljanje dokumentov PDF, hitrost slikanja kamere, prepoznavanje glasu in še nekaj dodatnih testov, ki bodo vidni pri analizi rezultatov testov telefonov [31].

#### **4.1.4 Aplikaciji AndroBench in GFXBench GL Benchmark**

AndroBench je aplikacija, ki testira delovanje notranjega pomnilnika v telefonih, ki imajo operacijski sistem Android. Notranji pomnilnik testira na dva načina s tako imenovanim micro testi, s katerimi pokaže rezultate delovanja osnovnih operacij, kot so zaporedno ter naključno branje in pisanje datotek. Drugi test je izveden z uporabo SQLite, ki testira ukaze, kot so insert, update in delete na podatkovnih bazah, ki simulirajo baze, uporabljene v aplikacijah, ki omogočajo pošiljanje in prejemanje sporočil. Ker je aplikacija namenjena le za telefone, ki jih poganja Android, nisem mogel testirati iPhona.

GFXBench GL Benchmark je aplikacija, ki testira grafične knjižnice na telefonih, ter njihovo sposobnost procesiranja kompleksnejših 3D simulacij. Najprej opravi teste na višji ravni, ki v simulaciji vključujejo hitre spremembe in veliko kompleksnejših objektov, kot sta na primer vožnja avtomobila z veliko podrobnostmi in hitrimi spremembami ter simulacija premikanja skozi opustošeno mesto. Testi na nižji ravni vključujejo efekte, ki so jih testi na zgornji ravni uporabljali za simulacije, kot recimo za adaptivno obdelavo podatkovnih množic poligonov (angl. Addaptive tessellation) v simulaciji avtomobilske vožnje. Na koncu izvede še test kakovosti generiranja simulacije. Tega testa mi ni uspelo opraviti na telefonu OnePlus 5, saj v času testiranja niso delovali strežniki v aplikaciji in se aplikacija ni uspela posodobiti na zahtevano verzijo.

## **4.2 Predstavitev testiranih mobilnih telefonov**

Za testiranje sem izbral 5 mobilnih telefonov višjega ranga, na katerih sem z zgoraj opisanimi aplikacijami opravil teste, prav tako sem nekaj testov odzivnosti in test kamere opravil sam. Glavne lastnosti teh mobilnih telefonov bodo predstavljene v tem podpoglavju.

### **4.2.1 Lastnosti telefona Samsung Galaxy S8+**

Telefon ima okvir iz aluminija, zadnji del pa prekriva steklo. Na sprednji strani ima tako imenovan brezkončen zaobljen zaslon, s steklom Corning Gorilla Glass 5. Odporen je proti vodi in prahu v skladu s standardom IP68, kar pomeni, da je lahko pod vodo do 30 minut na

globini 1,5 metra. Mere telefona so 159.5 x 73.4 x 8.1 mm (VxŠxG), tehta pa 173g. V tabeli 4.1 so predstavljene glavne komponente aparata [26, 27].


<b>CPE in GPE</b>	Exynos 8895 Octa, 64-bitni in 8-jedrni (4x2,3 GHz in 4x1,7 GHz); Mali-G71 MP20	
<b>NOTRANJI POMNILNIK</b>	4 GB, LPDDR4; 64 GB, reža za microSD kartico	
<b>KAMERA (sprednja; zadnja)</b>	8 MP (f/1,7, 26 mm), avtomatsko ostrenje; 12 MP (f/1,7, 25 mm), avtomatsko ostrenje, optična stabilizacija slike, bliskavica LED	
<b>POVEZLJIVOST (storitve in radijske frekvence; vrednost SAR)</b>	GSM (900/1800/1900 MHz) UMTS (900/1800/1900/2100 MHz) LTE (900/1800/1900/2100/2300/2600/2500 MHz), Wi-Fi, Bluetooth 5.0, NFC; SAR: 0,26 W/kg (glava) 1,00 W/kg (telo)	
<b>ZASLON (vrsta; diagonala in razmerje stranic; najvišja ločljivost)</b>	SuperAMOLED, 16 mil. barv, več prstni dotik; 6,2 palca (84 % sprednjega dela je zaslon), razmerje stranic 18,5:9; 1440 x 2960 pikslov, 529 PPI	
<b>BATERIJA</b>	3500 mAh, vgrajena; USB-C, brezžično polnjenje	
<b>OPERACIJSKI SISTEM</b>	Android 7.0 (Nougat), možnost posodobitve na Android 8.0 (Oreo); uporabniški vmesnik: Samsung Experience	

Slika 4.1: Samsung Galaxy S8+

Tabela 4.1: Lastnosti testiranega Samsung Galaxy S8+

### 4.2.2 Lastnosti telefona iPhone 8 Plus

Telefon ima okvir iz aluminija, ter steklo na zadnji strani. Na sprednji strani so vidni robovi, na spodnjem delu ima vidno tipko za domači zaslon, ki služi tudi kot senzor za prstni odtis. V ohišju ni več priključka za slušalke. Je odporen proti vodi in prahu po standardu IP67, kar pomeni, da je lahko pod vodo do 30 minut na globini 1 meter. Mere telefona so 158.4 x 78.1 x 7.5 mm (VxŠxG), tehta 202 g. V tabeli 4.2 so glavne komponente aparata[26, 27].


<b>CPE in GPE</b>	Apple A11 Bionic, 64-bitni in 6-jederni 2,39 GHz (2xMonsoon & 4xMistral); Apple GPU	
<b>NOTRANJI POMNILNIK</b>	3 GB, LPDDR4; 64 GB, brez reže za microSD	
<b>KAMERA (sprednja; zadnja)</b>	7 MP (f/2,2, 32 mm); 12 MP (f/1,8, 28 mm) + 12 MP (f/2,8, 57 mm), 2x optični zoom, optična stabilizacija, dvotonska bliskavica LED	
<b>POVEZLJIVOST (storitve in radijske frekvence; vrednost SAR)</b>	GSM (900/1800/1900 MHz) UMTS(900/1800/1900/2100MHz) LTE (900/1800/1900/2100/2300/2600/2500 MHz), Wi-Fi, Bluetooth 5.0, NFC; SAR: 0,99 W/kg (glava) 0,99 W/kg (telo)	
<b>ZASLON (vrsta; diagonala in razmerje stranic; najvišja ločljivost)</b>	LED IPS LCD, 16 mil. barv, več prstni dotik; 5,5 palcev (67,4% sprednjega dela je ekran), razmerje stranic 16:9; 1080x1920 pikslov, 401 PPI;	
<b>BATERIJA</b>	2691 mAh, vgrajena; USB - Lightning, brezžično polnjenje	
<b>OPERACIJSKI SISTEM</b>	iOS 11.0, možnost posodobitve na iOS 11.2.6	

Slika 4.2: iPhone 8 Plus

Tabela 4.2: Lastnosti testiranega Apple iPhone 8 Plus

### 4.2.3 Lastnosti telefona OnePlus 5

Telefon ima celotno zadnje ohišje narejeno iz aluminija. Na sprednji strani so vidni robovi, na spodnjem delu ima navigacijsko tipko, s katero se lahko uporabnik vrne na domači zaslon ali za korak nazaj. Služi tudi kot senzor za identifikacijo prstnih odtisov. Ima možnost uporabe dveh SIM kartic. Sprednje steklo je Corning Gorilla Glass 5. Mere telefona so 154.2 x 74.1 x 7.3 mm (VxŠxG), tehta pa 153 g. V tabeli 4.3 so predstavljene glavne komponente aparata [25].

<b>CPE in GPE</b>	Qualcomm Snapdragon 835, 64-bitni in 8-jedrni (4x2,45 GHz in 4x1,9 GHz); Adreno 540	
<b>NOTRANJI POMNILNIK</b>	6 GB, LPDDR4x; 64 GB, brez reže za microSD	
<b>KAMERA (sprednja; zadnja)</b>	16 MP (f/2,0, 20 mm), elektronska stabilizacija; 16 MP (f/1.7, 24 mm) + 20 MP (f/2,6, 36 mm), avtomatsko ostrenje, 1,6x optični zoom, dvojna bliskavica LED	
<b>POVEZLJIVOST (storitve in radijske frekvence; vrednost SAR)</b>	GSM (900/1800/1900 MHz) UMTS (900/1800/1900/2100 MHz) LTE (900/1800/1900/2100/2300/2600/2500 MHz), Wi-Fi, Bluetooth 5.0, NFC; SAR: 1,39 W/kg (glava) 1,48 W/kg (telo)	
<b>ZASLON (vrsta; diagonala in razmerje stranic; najvišja ločljivost)</b>	Optic AMOLED, 16 mil. barv, več prstni dotik; 5,5 palcev (73 % sprednjega dela je ekran), razmerje stranic 16:9; 1080x1920 pikslov, 401 PPI;	
<b>BATERIJA</b>	3300 mAh, vgrajena; USB-C, ni brezžičnega polnjenja	


Slika 4.3: OnePlus 5

<b>OPERACIJSKI SISTEM</b>	Android 7.1.1 (Nougat), možnost posodobitve na Android 8.0 (Oreo); uporabniški vmesnik: Oxygen OS 4.5.10	
---------------------------	---	--

Tabela 4.3: Lastnosti testiranega OnePlus 5

#### 4.2.4 Lastnosti telefona Huawei P10 Plus

Telefon ima celotno zadnje ohišje narejeno iz aluminija. Na sprednji strani so vidni robovi, na spodnjem delu ima navigacijsko tipko, s katero se lahko uporabnik vrne na domači zaslon ali za korak nazaj. Služi tudi kot senzor za identifikacijo prstnih odtisov. Ima možnosti uporabe dveh SIM kartic. Sprednje steklo je Corning Gorilla Glass 5. Mere telefona so 153.5 x 74.2 x 7 mm (VxŠxG), tehta pa 165 g. V tabeli 4.4 so glavne komponente aparata [26, 27].

<b>CPE in GPE</b>	HiSilicon Kirin 960, 64-bitni in 8-jedrni (4x2,4 GHz in 4x1,8 GHz); Mali-G71 MP8	
<b>NOTRANJI POMNILNIK</b>	6 GB, LPDDR4; 128 GB, reža za microSD	
<b>KAMERA (sprednja; zadnja)</b>	8 MP (f/1,9); 12 MP (f/1,8, 28 mm) + 20 MP (f/1,8), Leica objektiv, 2x optični zoom, dvotonska bliskavica LED	
<b>POVEZLJIVOST (storitve in radijske frekvence; vrednost SAR)</b>	GSM (900/1800/1900 MHz) UMTS (900/1800/1900/2100 MHz) LTE(900/1800/1900/2100/2300/2600/2500 MHz), Wi-Fi, Bluetooth 4.2, NFC; SAR: 0,89 W/kg (glava) 0,76 W/kg (telo)	
<b>ZASLON (vrsta; diagonala in razmerje stranic; najvišja ločljivost)</b>	IPS-NEO LCD, 16 mil. barv, več prstni dotik; 5,5 palcev (71,6% sprednjega dela je ekran), razmerje stranic 16:9; 1440x2560 pikslov, 540 PPI;	

Slika 4.4: Huawei P10 Plus

<b>BATERIJA</b>	3750 mAh, vgrajena; USB-C, ni brezžičnega polnjenja	
<b>OPERACIJSKI SISTEM</b>	Android 7.0 (Nougat), predvidena posodobitev na Android 8.0 (Oreo); uporabniški vmesnik: EMUI 5.1	

Tabela 4.4: Lastnosti testiranega Huawei P10 Plus

#### 4.2.5 Lastnosti telefona HTC U11

Telefon ima okvir, narejen iz aluminija, ter steklo na zadnji strani. Na sprednji strani so vidni robovi, na spodnjem delu ima vidno tipko za domači zaslon, ki služi kot senzor za prstni odtis. V ohišju ni več priključka za slušalke. Je odporen proti vodi in prahu v skladu s standardom IP67, kar pomeni, da je lahko pod vodo do 30 minut na globini 1 meter. Mere telefona so 153.9 x 75.9 x 7.9 mm (VxŠxG), tehta pa 169 g. V tabeli 4.5 so predstavljene glavne komponente [26, 27].

<b>CPE in GPE</b>	Qualcomm Snapdragon 835, 64-bitni in 8-jedrni (4x2,45 GHz in 4x1,9 GHz); Adreno 540	
<b>NOTRANJI POMNILNIK</b>	4GB, LPDDR4; 64GB, reža za microSD	
<b>KAMERA (sprednja; zadnja)</b>	16 MP (f/2,0); 12 MP (f/1,7), dvotočkovni avto fokus, optična stabilizacija na 5-ih oseh, dvotonska bliskavica LED	
<b>POVEZLJIVOST (storitve in radijske frekvence; vrednost SAR)</b>	GSM (900/1800/1900 MHz) UMTS (900/1800/1900/2100 MHz) LTE (900/1800/1900/2100/2300/2600/ 2500 MHz), Wi-Fi, Bluetooth 4.2, NFC; SAR: 0,95 W/kg (glava) 0,52 W/kg (telo)	

Slika 4.5: HTC U11

<b>ZASLON (vrsta; diagonala in razmerje stranic; najvišja ločljivost)</b>	Super LCD5, 16 mil. barv, več prstni dotik; 5,5 palcev (71,6 % sprednjega dela je ekran), razmerje stranic 16:9; 1440x2560 pikslov, 534 PPI;	
<b>BATERIJA</b>	3000mAh, vgrajena; USB-C, ni brezžičnega polnjenja	
<b>OPERACIJSKI SISTEM</b>	Android 7.0 (Nougat), možnost posodobitve na Android 8.0 (Oreo); uporabniški vmesnik: HTC Sense	

Tabela 4.5: Lastnosti testiranega HTC U11

### 4.3 Analiza rezultatov testov

V tem podpoglavju so predstavljeni rezultati testov po posameznih aplikacijah. Za vsako od že opisanih aplikacij so analizirani in prikazani rezultati posameznih telefonov ter vstavljene zaslonske slike rezultatov aplikacij, kjer so vidni točni rezultati posameznih testov. Po analizi rezultatov aplikacij je narejena še primerjava telefonov glede na rezultate testov odzivnosti telefonov, ki sem jih izvedel sam in so še bolj podrobno opisani.

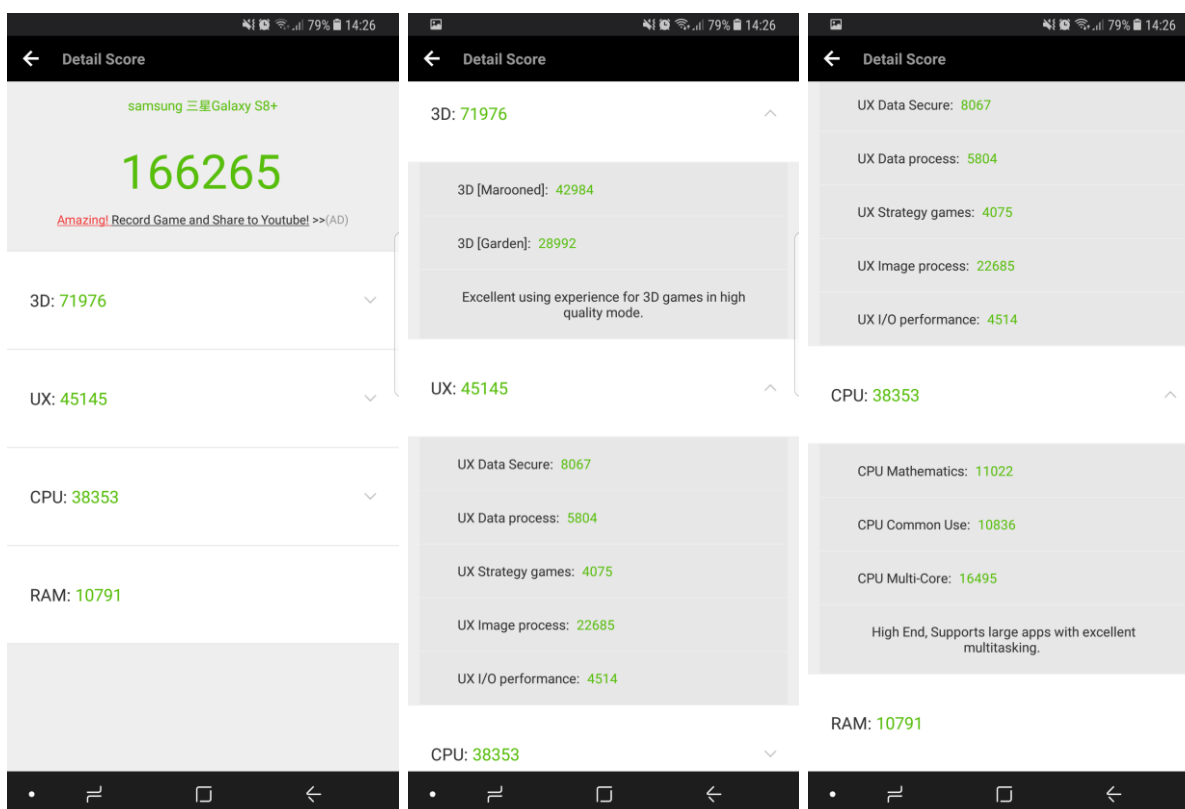
#### 4.3.1 Rezultati testov v aplikaciji AnTuTu Benchmark

Najprej so telefoni testirani z aplikacijo AnTuTu Benchmark, ki je med najbolj znanimi in najpogosteje uporabljenimi aplikacijami za testiranje zmogljivosti komponent mobilnih telefonov. Ker so bili vsi testirani telefoni izdani leta 2017, bodo njihovi rezultati najprej primerjani z rezultati telefona iPhone 7, ki se je v testih aplikacije najbolje odrezal v letu 2016, nato pa bodo primerjani še posamezni telefoni med seboj.

iPhone 7 Plus je bil za najboljši telefon leta 2016 na AnTuTu testih izbran tako, da so izračunali povprečni rezultat 2000 testiranih telefonov iPhone 7 Plus. Povprečni rezultat vseh testov za iPhone 7 Plus je bil 183106, najvišji pa 189005 [32]. Z vpogledom v zgodovino uradne strani AnTuTu sem našel rezultate, ki jih je pri posameznih skupinah testov dobil iPhone 7 Plus in tako bom lahko testirane telefone primerjal z rezultati testov, ki so bili objavljeni januarja 2017 [33]. Testirani telefon je imel malo nižji rezultat, kot je bil povprečni rezultat, a je dovolj blizu, da ga lahko primerjam z aparati, ki sem jih testiral.

### 4.3.1.1 Rezultati testov Samsung Galaxy S8+

Aplikacija najprej testira 3D simulaciji prostorov. V teh dveh testih se je v primerjavi z iPhone 7 Plus, Galaxy S8+ zbral več točk, saj je bil rezultat kar za 12945 točk boljši od iPhona. Rezultat je pričakovan, saj se vsako leto proizvajajo in za telefone uporabljajo tudi zmogljivejše GPE. Samsung je pri tem testu dobil 71976 točk, kjer je zelo dobro in tekoče prikazal prvo izmed dveh simulacij, drugo pa slabše od iPhona. Pri testu RAMa se je bil Samsung slabši kot iPhone 7 Plus, kar je zaradi različnih operacijskih sistemov in njihovih zahtev glede RAMa tudi pričakovano. Test CPE je prav tako bolje opravil iPhone, ker pa za iPhone 7 Plus ni dostopa do rezultatov posameznih testov za CPE, ne morem primerjati, kje je nastala največja razlika med telefonoma. Največja razlika med telefonoma je nastala pri testiranju uporabniške izkušnje, saj je iPhone 7 Plus dobil kar 15903 točk več kot Samsung S8+. To razliko spet lahko pripišemo bolj zaprtemu in izdelanemu operacijskemu sistemu iPhona in boljši zmogljivosti CPE.

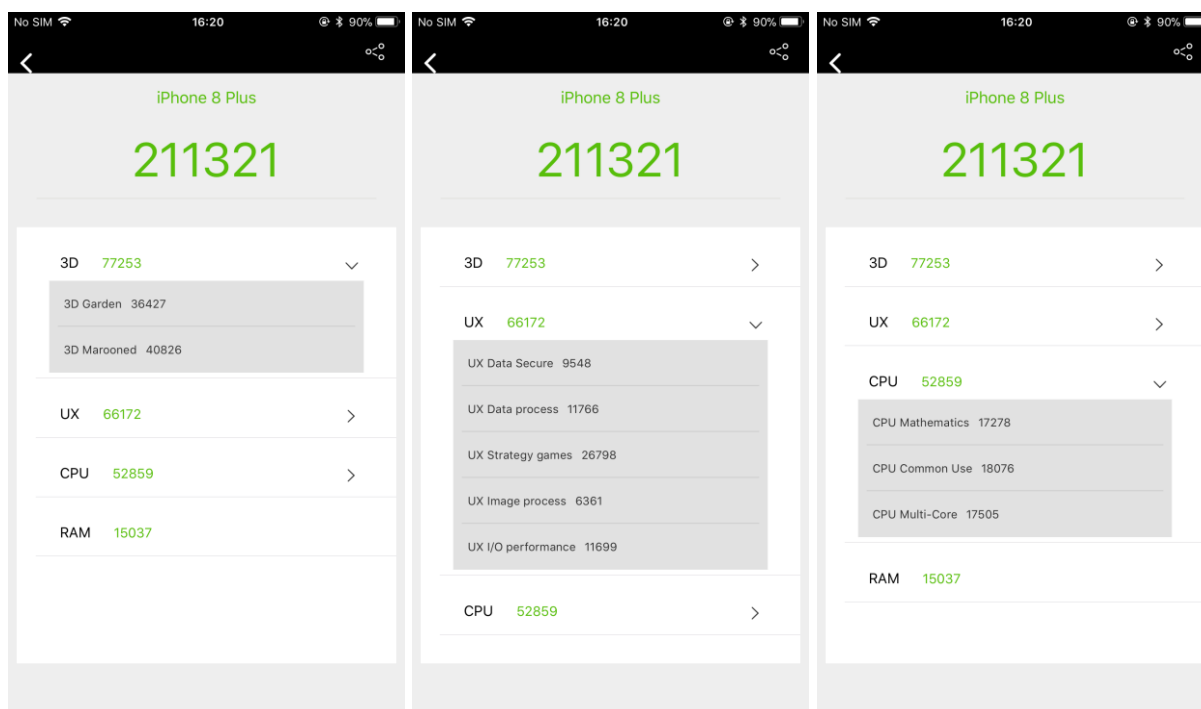


Slika 4.6: Rezultati testov v aplikaciji AnTuTu za Samsung Galaxy S8+

Skupni rezultat vseh testov je pri Samsungu tako 166265 točk, kar je precej slabše od 181316 točk, ki jih je dobil iPhone 7 Plus. Edini test, pri katerem je Samsung zbral več točk je bil test GPE. V vsakem testu je bila razlika bolj vidna, kar lahko pripišemo temu, da so vsi iPhone-i sestavljeni podobno in imajo operacijski sistem, ki komponente bolj optimalno uporablja kot mobilni telefoni z operacijskim sistemom Android.

### 4.3.1.2 Rezultati testov pri iPhone 8 Plus

Pri testu GPE je iPhone 8 Plus dobil več točk od predhodnika, saj je dobil kar 18222 točk več od iPhone 7 Plus. Prav tako se je bolje odrezal od Samsunga S8+, čeprav je pri prvi simulaciji dobil manj točk kot Samsung, a je več točk zbral pri drugi bolj zahtevni simulaciji. Pri testu RAMa se je spet pokazal velik napredek v primerjavi s predhodnikom, razlog za razliko pa je verjetno večja kapaciteta RAMa. Bolje kot predhodnik se je iPhone 8 Plus odrezal tudi pri testu CPE, kjer je dobil 4190 točk več. Več točk je iPhone 8 Plus dobil tudi od Samsunga, kjer se največja razlika vidi pri matematičnih testih in testih vsakdanje uporabe, medtem ko je bil test uporabe več jeder dokaj tesen glede na ostale rezultate. Test uporabniške izkušnje je spet pokazal napredek pri iPhone 8 Plus v primerjavi z iPhone 7 Plus, saj je bil iPhone 8 Plus testiran na novejši verziji operacijskega sistema. Ta rezultat pomeni še večjo razliko v uporabniški izkušnji med iPhone 8 Plus in Samsung S8+, kot pri 7 Plus in Samsungu. Samsung se je bolje odrezal le v obdelavi slik, kjer je dobil kar 22685 točk v primerjavi s 6361 točkami pri iPhonu.

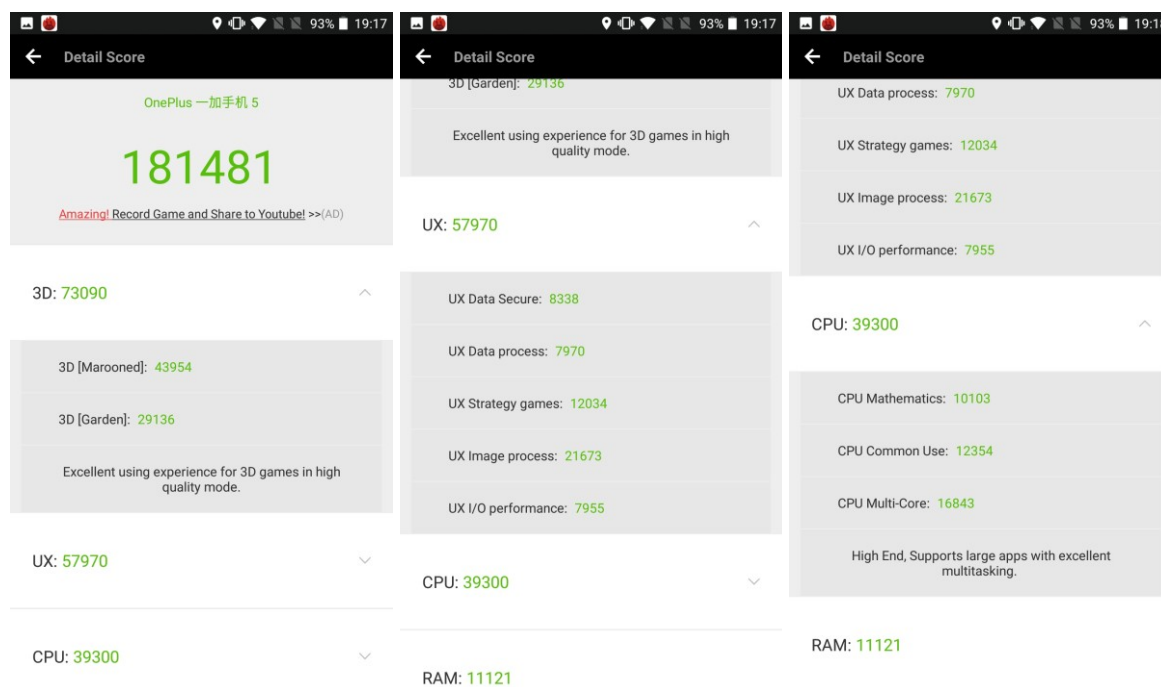


Slika 4.7: Rezultati testov v aplikaciji AnTuTu za iPhone 8 Plus

Skupni rezultat testov pri iPhone 8 Plus je 211321 točk, kar je ogromen napredek od predhodnika, saj je rezultat boljši za 30005 točk. Od Samsung S8+ pa je zbral 45056 točk več. Te razlike so verjetno rezultat posodobljene verzije operacijskega sistema in zmogljivejše CPE.

### 4.3.1.3 Rezultati testov pri OnePlus 5

OnePlus 5 se je pri prvem testu zbral več točk kot iPhone 7 Plus. Skupno je pri dveh testih GPE dobil več točk kot Samsung, a manj kot iPhone 8 Plus. Rezultat pri testu RAMa je slabši od iPhone 8 Plus zaradi enakih razlogov kot pri Samsungu. Se pa je pri tem testu odrezal bolje kot Samsung za 330 točk. Test CPE je OnePlus prav tako opravil slabše kot oba iPhona,. Pri dveh testih (test vsakdanje uporabe in test uporabe več jeder) je dobil večje število točk kot Samsung, ki pa je bil boljši pri matematičnih operacijah. Razlika med iPhonei in Androidnimi telefoni je pričakovana, podobno je z razliko med Samsungom in OnePlus, kjer se pozna, da ima OnePlus manj zahteven uporabniški vmesnik, kot Samsung S8+ in ne porabi toliko procesne moči za sistemske animacije. Pri zadnjem testu je OnePlus dobil manj točk kot iPhone 7 Plus, a je bil še vseeno veliko bližje kot Samsung S8+, saj je dosegel 12825 točk več kot Samsung. Največjo razliko v primerjavi s Samsungom je OnePlus pridobil v testu strateških iger, a je rezultat še vseeno dvakrat slabši kot rezultat, ki ga je pri istem testu dobil iPhone 8 Plus.

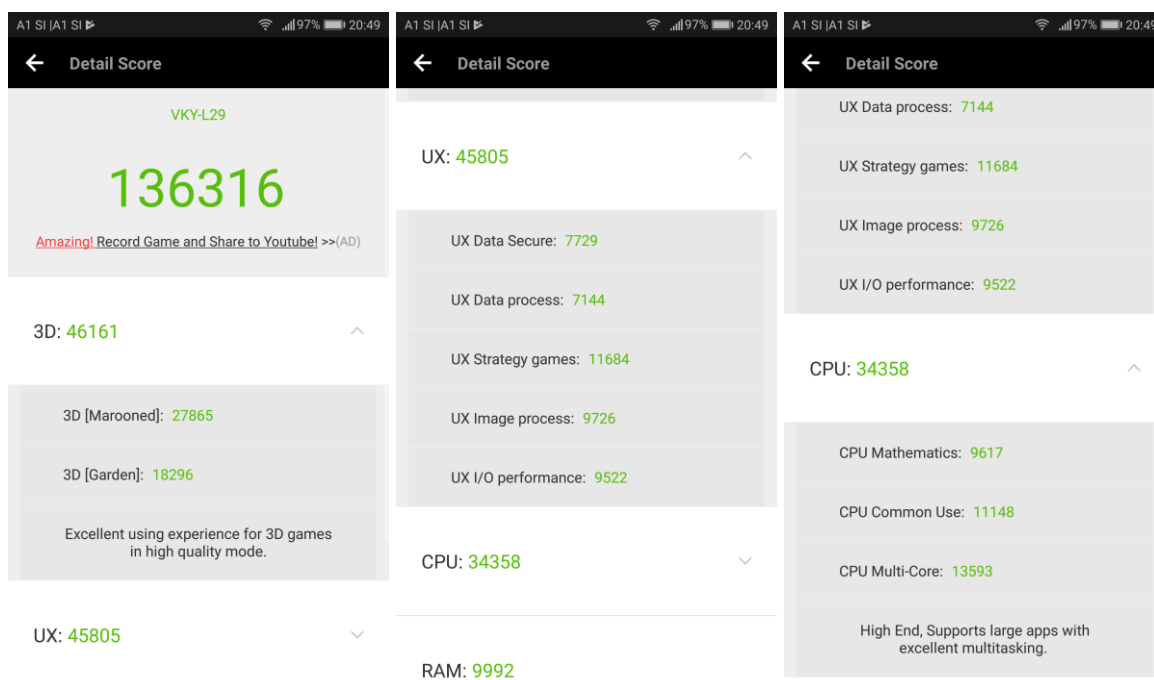


Slika 4.8: Rezultati testov v aplikaciji AnTuTu za OnePlus 5

Skupni rezultat testov pri OnePlus 5 je 181481, kar je celo bolje kot iPhone 7 Plus, čeprav v tem skupnem rezultatu ni velike razlike (165 točk). To razliko si je OnePlus nabral s tem, da ima veliko boljšo GPE, čeprav je v ostalih skupinah testov zbral manj točk.

#### 4.3.1.4 Rezultati testov pri Huawei P10 Plus

Pri testu GPE se je Huawei P10 Plus odrezal zelo slabo, saj je dobil le 46161 točk, kar je izredno malo za telefon današnjega višjega ranga, a še vseeno sprejemljivo. Vidna je velika razlika v primerjavi z ostalimi testiranimi telefoni, ki so vsi pri tem testu prejeli 70000 točk ali več. Pri testu RAMa je dosegel še 2576 točk manj od iPhone 7 Plus, tako se je pri tem testu odrezal najslabše od vseh do zdaj testiranih telefonov. Pri testu CPE je zbral le 34358 točk, kar je tudi slabše kot Samsung in OnePlus. V primerjavi s slednjima je razlika nastala predvsem pri testih uporabe več jeder. Pri testu vsakdanje uporabe je celo zbral več točk kot Samsung, v primerjavi z OnePlus pa je zbral manj točk pri vsakem izmed testov. Pri testu uporabniške izkušnje je zbral 660 točk več kot Samsung, a manj kot ostali testirani telefoni. Malo točk je zbral pri procesiranju slik, čeprav je tu še vseeno premagal iPhone 8 Plus, pri testiranju vhodno-izhodnih enot (hitrosti prenosa datotek) je prejel več točk kot oba Androidna telefona, a manj od iPhone 8 Plus.

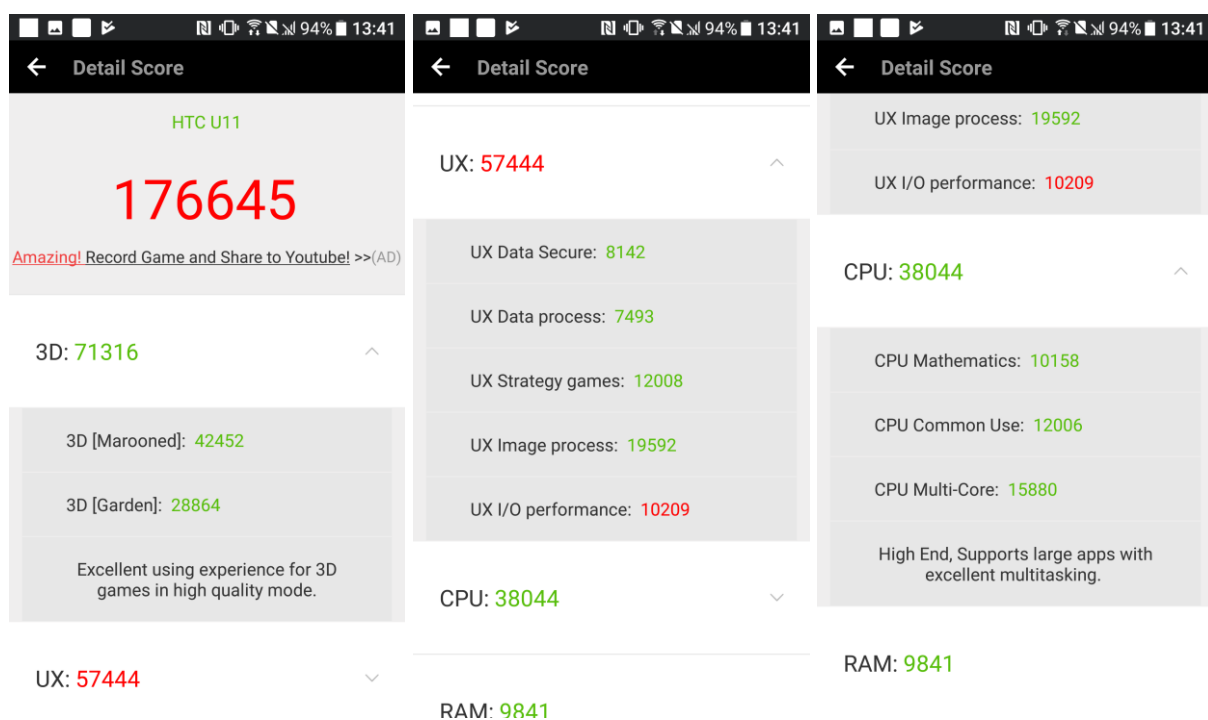


Slika 4.9: Rezultati testov v aplikaciji AnTuTu za Huawei P10 Plus

Skupni rezultat testov je pri Huawei P10 Plus z veliko razliko najslabši od vseh testiranih. Skupno je zbral 136316 točk, kar je 29949 točk slabše kot Samsung S8+. Največ točk je izgubil pri testih povezanih z GPE oziroma procesiranjem slik, prav tako pa se je povprečno odrezal pri testih CPE in testih RAMa.

### 4.3.1.5 Rezultati testov pri HTC U11

HTC U11 se je pri prvem testu zbral 660 manj točk kot Samsung. Pri obeh simulacijah se je od Samsunga odrezal le nekaj sto točk slabše. Pri testu RAMa se je HTC zbral najmanj točk od vseh testiranih telefonov, tudi slabše od Huaweiia, ki pa je imel prednost večje kapacitete RAMa. Pri tem testu je zbral 950 točk manj kot Samsung, ki ima edini, poleg HTC, 4 GB RAMa. Pri testu CPE je telefon zbral več točk le od Huaweiia, a v podobnem območju kot Samsung in OnePlus, v primerjavi s katerima je največ točk izgubil pri testu uporabe več jeder. Pri testu uporabniške izkušnje je zbral le 526 točk manj kot OnePlus 5, največ točk pa je izgubil pri testu obdelave slik. Najbolje od vseh Androidnih telefonov se je odrezal pri testiranju vhodno-izhodnih enot, saj je dobil 687 točk več kot Huawei.



Slika 4.10: Rezultati testov v aplikaciji AnTuTu za HTC U11

HTC U11 je skupno zbral 176645 točk, kar je podobno kot iPhone 7 Plus in OnePlus 5, a še vseeno slabše. V primerjavi z omenjenima telefonoma so testi pokazali največjo razliko v zmogljivosti RAMa in delovanju CPE. Z OnePlus 5 imata zelo podobne specifikacije, na slabši rezultat pri testu RAMa je verjetno vplivala manjša velikost RAMa.

### 4.3.1.6 Primerjava rezultatov testiranih telefonov

Iz primerjave rezultatov testiranih telefonov z aplikacijo AnTuTu je očitno, da je najboljši rezultat dosegel mobilni telefon iPhone 8 Plus. Skupaj je zbral 211321 točk in največ točk tudi v posameznih skupinah testov, kar je vidno na sliki 4.11, kjer so zbrani rezultati testov vseh

telefonov. Pri iPhonih se gotovo pozna, da jih poganja operacijski sistem iOS, ki je narejen posebej za komponente v telefonu in jih zato optimalno izkoristako imenovanem Pri nekaterih testih znotraj posameznih skupin testov se je sicer zbral manj točk kot kakšen drug telefon na primer test procesiranja slik, a je pri testih uporabniške izkušnje zbral toliko več točk, da se ravno v tej skupini vidi razlika v potrebah operacijskega sistema, ki od strojnih komponent ne zahteva več kot dejansko potrebuje.

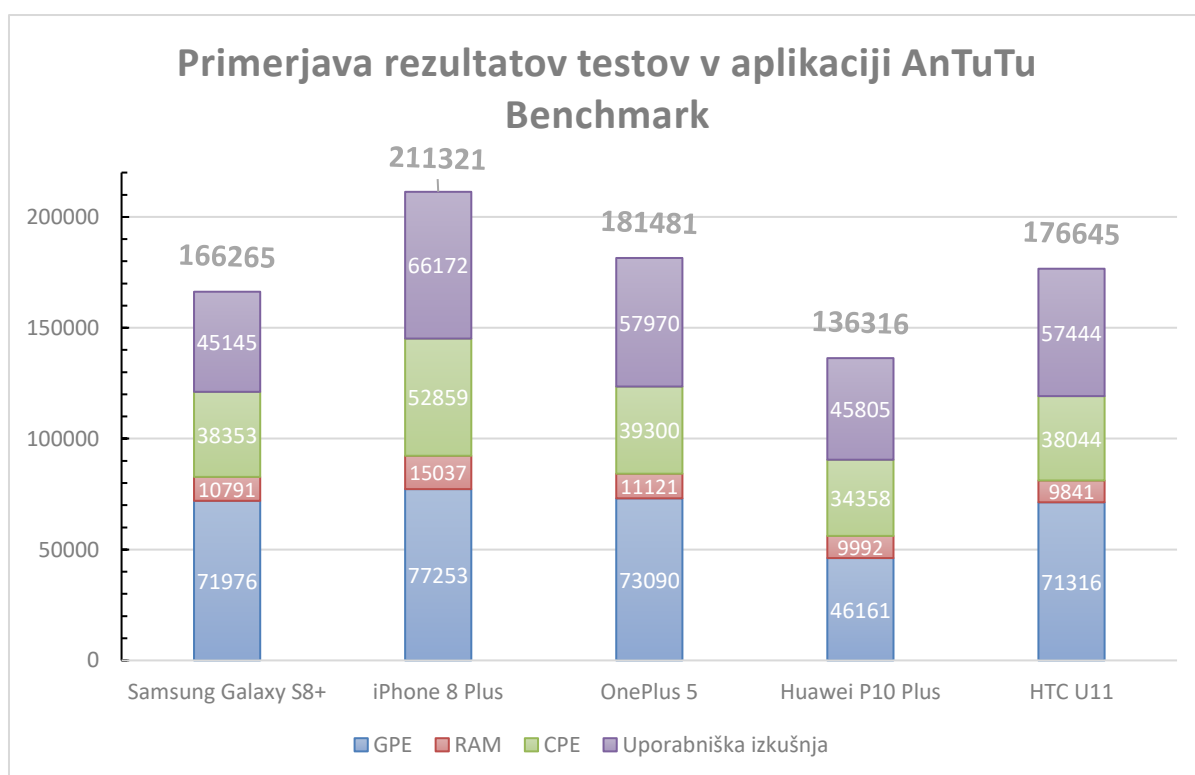
Na drugem mestu po analizi rezultatov testov se je znašel OnePlus 5 in je bil tako najboljši med telefoni z operacijskim sistemom Android. Tako kot je iPhone 8 Plus pri posameznih skupinah testov zbral več točk od vseh telefonov, je OnePlus pri vseh skupinah dobil več točk kot ostali Androidni telefoni. Še največjo razliko v točkah je nastala pri testu GPE, kjer sta se Samsung Galaxy S8+ in HTC U11 odrezala zelo podobno, v primerjavi s Samsungom pa je imel največjo razliko pri testu uporabniške izkušnje. OnePlus ima enega izmed bolj »čistih« uporabniških vmesnikov, kar pomeni, da ponudi uporabniku bolj prijazno izkušnjo in med uporabo telefona tako komponente ne porabijo toliko zmogljivosti za upravljanje sistema in lahko bolje opravljajo druge procese. Najbolje se je odrezal tudi pri testu RAMa, kjer se poleg večje velikosti pozna tudi, da ima vgrajen SDRAM LPDDR4x, ki je še hitrejši kot LPDDR4, ki ga imajo vgrajenega ostali telefoni.

Po testih sodeč je tretji najbolj zmogljiv telefon HTC U11. Z zelo podobnimi komponentami oziroma v večini celo enakimi kot OnePlus 5, se je temu telefonu približal pri vsaki skupini testov. Pri vsaki skupini mu je sicer malo zmanjkalo, največje razlike pa so nastale pri testu uporabe več jeder in obdelave slik ter pri testu RAMa, kjer se pozna, da je velikost RAMa manjša kot pri OnePlus (4 GB proti 6 GB pri OnePlus 5) in da je RAM počasnejši. Pri testu vhodno-izhodnih enot je bil slabši le od iPhona 8 Plus, saj SoC Snapdragon 835 omogoča najhitrejši prenos med procesorji, dodatna razlika pa se pozna ker ima najmanj zahteven uporabniški vmesnik med testiranimi telefoni z operacijskim sistemom Android. Ker podobno kot OnePlus nima zahtevnega uporabniškega vmesnika, omogoča tudi boljšo uporabniško izkušnjo kot recimo Samsung ali Huawei.

Na četrtem mestu se po analizi rezultatov testov nahaja Samsung Galaxy S8+. Samsung je poleg Appla trenutno vodilni proizvajalec mobilnih telefonov na trgu, na lestvici rezultatov pa je nižje od pričakovanj. Pri posameznih testih, kot so testiranje GPE, RAMa in CPE, se je odrezal podobno kot OnePlus in HTC, predvsem pri testu RAMa pa se je kljub manjši kapaciteti in slabši vrsti zelo približal OnePlus 5. Največ točk je izgubil pri testu uporabniške izkušnje, saj je bil boljši le od Huawei P10 Plus. Zanimivo je, da je telefon, ki je od vseh največ točk dobil pri obdelavi slik, ki je eden od testov za uporabniško izkušnjo, a je pri testih kot so obdelava podatkov, igranje strateških iger in delovanje vhodno-izhodnih naprav zbral najmanj točk od

vseh telefonov. Vzrok za te rezultate bi lahko tičal v bolj zahtevnem uporabniškem vmesniku, saj se veliko uporabnikov pritožuje, da Samsungov vmesnik ni tako optimiziran za uporabnika, kot recimo pri OnePlus in da ima preveč nepotrebnih sistemskih aplikacij ter funkcij, ki zavzemajo prostor v pomnilniku in omejujejo delovanje ostalih komponent.

Najmanj točk od vseh testiranih telefonov je zbral Huawei P10 Plus, ki je s skupnim rezultatom 136316 ostal daleč za vsemi testiranimi telefoni. Telefon je sicer znan po izjemni kameri, testi, ki so bili opravljeni s to aplikacijo, pa so pokazali, da sam telefon ni nič posebnega. Daleč najmanj točk je zbral pri testu GPE, kot tudi pri testu CPE. Več točk kot Samsung S8+ pa je zbral pri testu uporabniške izkušnje. Huawei je podjetje, ki sicer ponuja telefone za zelo dobro ceno glede na specifikacije, zato je verjetno, da pri komponentah, ki niso oglaševane, privarčujejo in mogoče vgradijo starejše, manj zmogljive komponente. Sami proizvajajo tudi procesorje za svoje naprave, in ker so na trg prodrli kasneje kot Samsung in Apple, lahko sklepamo, da pri izdelavi procesorjev še niso na ravni Samsunga in Appla.



Slika 4.11: Graf primerjave rezultatov testov v aplikaciji AnTuTu

Za konec analize testov je primerno narediti še kratek pregled posameznih testov in omeniti telefone, ki so se zbrali največ točk. Pri obeh testih GPE je največ točk zbral iPhone 8 Plus z velikim naskokom pred drugimi, enako pri testu RAMa. Pri skupini testov CPE se pojavi podoben vzorec, saj je pri vseh testih največ točk zbral iPhone. Pri testih uporabniške izkušnje

se je pri procesiranju slik je največ točk zbral Samsung, pri vseh ostalih pa je bil najboljši iPhone. Tako po analizi testov opravljenih z AnTuTu Benchmark, lahko ugotovimo, da ima iPhone 8 Plus vgrajene najbolj zmogljive komponente od vseh testiranih telefonov in je tako z veliko razliko zmagovalec, ne le v skupnem rezultatu, ampak tudi pri večini opravljenih testov.

### **4.3.2 Rezultati testov v aplikaciji Basemark OS II**

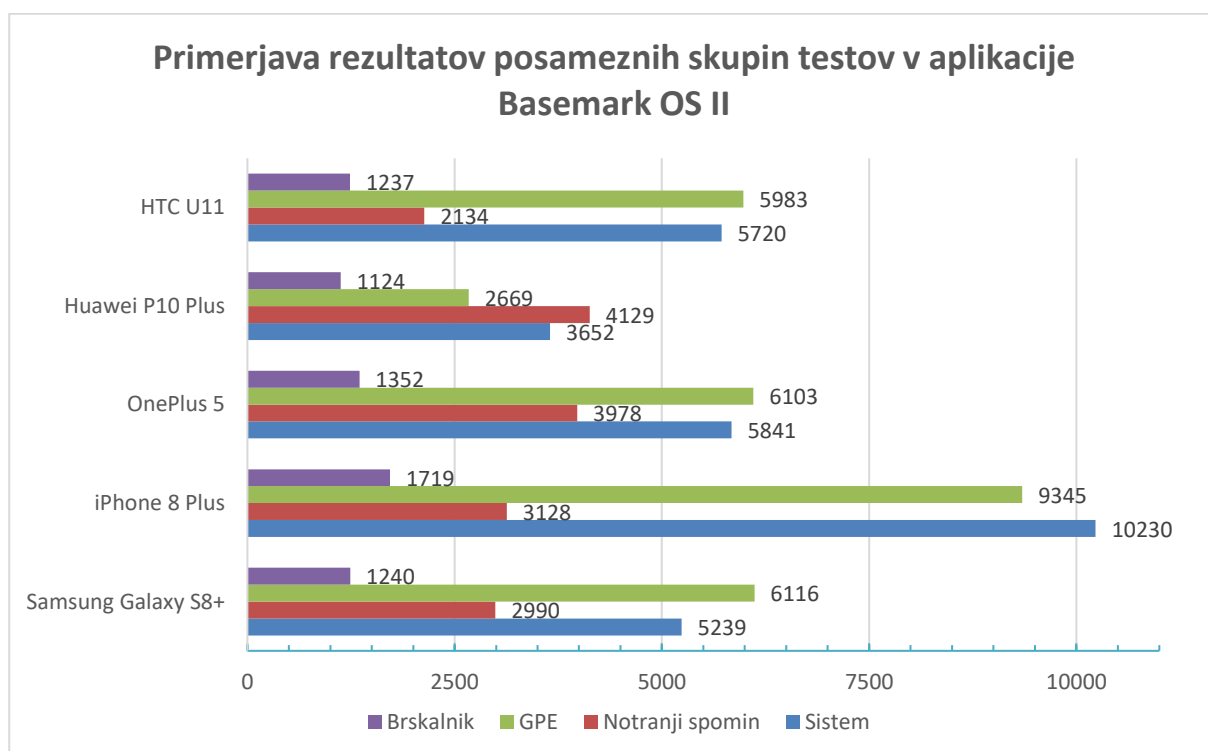
Poleg AnTuTu Benchmark tudi aplikacija Basemark, omogoča testiranje vseh komponent naenkrat. Na žalost mi je uspelo telefone testirati le z osnovno verzijo aplikacije, ki ne ponuja podrobnih rezultatov testov posameznih skupin. Zato sem se odločil, da rezultate v tej aplikaciji analiziram in primerjam samo med testiranimi telefoni s prikazom v grafu na sliki 4.12.

Pri prvi skupini testov, ki testira sistem in funkcije CPE, se je največ točk zbral iPhone 8 Plus, kar 10230 točk. Drugi najboljši rezultat v tej skupini je zbral OnePlus 5 s 5841 točkami. Naslednje mesto je zasedel HTC U11, ki je zbral še 121 točk manj od OnePlus 5. Na koncu sta se znašla še Samsung Galaxy S8+ in Huawei P10 Plus, ki ima v primerjavi z ostalimi testiranimi telefoni izredno nizek rezultat, saj je zbral le 3652 točk. Podobno kot pri aplikaciji AnTuTu je iPhone pokazal svojo zmogljivost v delovanju CPE in sistema, saj je sam zbral več točk kot telefona za zadnjih dveh mestih. Ostali telefoni, z izjemo Huawei P10 Plus so se odrezali zelo podobno, saj je bila razlika med drugim najboljšim in četrtem najboljšim le 602 točki.

Pri drugi skupini testov, ki testira zmogljivost in hitrost notranjega pomnilnika, je presenetljivo največ točk zbral Huawei (4129 točk). Na drugem mestu je pristal OnePlus 5 s 151 točkami manj. Šele na tretjem mestu po številu točk je iPhone 8 Plus, ki je zbral 3128 točk, za njim pa je na četrtem mestu Samsung Galaxy S8+. Na zadnjem mestu pa se je v tej skupini testov znašel HTC U11, ki je zbral kar dosti slabši rezultat v primerjavi z drugimi, saj je dobil le 2134 točk. Pri teh rezultatih se vidi, kam Huawei vloži največ truda (poleg kamere) pri izdelavi telefonov. Gotovo se pozna tudi, da je bil Huawei P10 Plus edini testiran telefon, ki je imel vgrajenih 128 GB notranjega pomnilnika in je zato tudi bolj zmogljiv na tem področju kot ostali telefoni.

Tretja skupina testov je testirala GPE in spet je največ točk zbral iPhone 8 Plus, ki je dobil 9345 točk. Na drugem mestu je Samsung Galaxy S8+ s 6116 točkami in dobil le 13 točk več kot OnePlus 5 na tretjem mestu. Pri aplikaciji AnTuTu se je zgodilo ravno obratno, saj je malo boljši rezultat zbral OnePlus 5, kar pomeni, da imata telefona zelo podobno zmogljivo GPE. Na četrtem mestu se je z ne prav velikim zaostankom za omenjenima telefonoma znašel HTC U11, ki je zbral 5983 točk. Na zadnjem mestu pa se je podobno kot pri testih v aplikaciji AnTuTu znašel Huawei P10 Plus z veliko razliko tudi v primerjavi s HTC U11, saj je zbral kar 3314 točk manj.

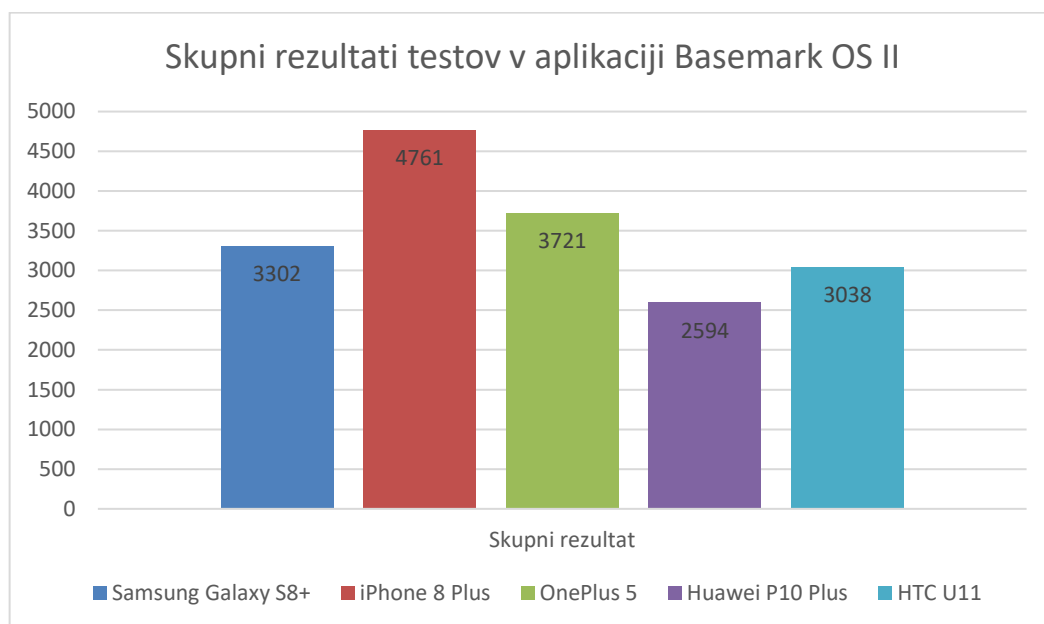
Zadnja skupina testov se je osredotočila na testiranje odzivnosti spletnega brskalnika. Pri tej skupini testov se je največ točk zbral iPhone 8 Plus, ki je dosegel 1719 točk. Drugi je OnePlus 5, sledita pa mu Samsung Galaxy S8+ in HTC U11, ki ju ločijo le tri točke. Na zadnjem mestu se je s 1124 točkami znašel Huawei P10 Plus. Za tako veliko razliko med iPhonom in ostalimi telefoni je lahko krivo dejstvo, da se za brskanje po spletu pri iPhonih uporablja brskalnik Safari, ki je že del sistema, medtem ko se pri Androidnih telefonih običajno uporablja brskalnik Google Chrome, ki pri večini mobilnih telefonov ni glavni brskalnik, saj ima vsak proizvajalec v sistem vključenega še svojega.



Slika 4.12: Primerjava rezultatov posameznih skupin testov v aplikaciji Basemark

Po analizi posameznih skupin testov lahko ugotovimo, da je tudi po tej aplikaciji sodeč iPhone 8 Plus najboljši telefon od testiranih, kar potrjujejo skupni rezultati testov. Kot graf na sliki 4.13 prikazuje, je skupni rezultat iPhone-a 8 Plus 4761 točk, saj je bil najboljši v vseh treh skupinah testov razen pri testih zmogljivosti notranjega pomnilnika, kjer je bil drugi. Na drugem mestu je OnePlus 5, ki je bil v vseh skupinah testov na drugem mestu, razen pri testu GPE, kjer je bil tretji. Na tretjem mestu je Samsung Galaxy S8+, ki je bil pri testih CPE in zmogljivosti notranjega pomnilnika na četrtem mestu, pri testu GPE na drugem mestu in pri testu odzivnosti brskalnika na tretjem mestu. Na četrtem mestu je HTC U11, ki je sicer pri testu CPE pristal na tretjem mestu, a je pri testih odzivnosti brskalnika in GPE pristal na četrtem mestu, pri testu zmogljivosti notranjega pomnilnika pa celo na zadnjem. Na zadnjem mestu se je tako zopet

znašel Huawei P10 Plus, ki je bil pri vseh testih na zadnjem mestu razen pri testu zmogljivosti notranjega pomnilnika, kjer je zbral največ točk od vseh.



Slika 4.13: Skupni rezultati testov v aplikaciji Basemark OS II

Rezultati testov v aplikaciji so v veliki meri podobni rezultatom iz aplikacije AnTuTu, saj je iPhone 8 Plus dosegel najboljši rezultat, Huawei P10 Plus pa najslabši. Ostali trije telefoni so si v vseh testih zelo podobni po zmogljivosti, a je še vseeno najboljši od teh treh One Plus 5, ki je v obeh aplikacijah pristal na drugem mestu, medtem ko je Samsung v tej aplikaciji zbral več točk kot HTC U11 in sta tako zamenjala mesti.

### 4.3.3 Rezultati testov v aplikaciji GeekBench 4

Aplikacija testira različne operacije, ki so vidne na zajemih zaslonov med analizo rezultatov pri posameznih telefonih in te operacije izvede najprej z uporabo samo enega jedra, nato enake operacije izvede z uporabo več jeder. Ker je testov veliko, ne bodo analizirani rezultati vseh testov, ampak le tisti, pri katerih se vidi največja razlika, za ogled vseh rezultatov pa so vstavljeni zajemi zaslonov.

Telefoni so, tako kot pri aplikacije AnTuTu, najprej primerjani s telefonom, ki se je najbolje odrezal na testih aplikacije v letu 2016, to je iPhone 7 Plus, nato pa še med seboj. Glede na lestvico rezultatov, ki je bila objavljena v začetku leta 2017 na uradni strani aplikacije, je iPhone 7 Plus pri testih, ki uporabljajo eno jedro dobil rezultat 3303 točk, pri testih z uporabo več jeder pa 5391 točk [34].

### 4.3.3.1 Rezultati testov pri Samsung Galaxy S8+

Pri testih uporabe enega jedra je Samsung Galaxy S8+ dobil 1993 točk, v primerjavi z iPhone-om 7 Plus, ki je v tej kategoriji dobil kar 3303 točke. V posameznih skupinah je prav tako dobil slabše rezultate. Pri nalogah šifriranja je dobil le 1255 točk, saj je algoritem AES izvedel s skoraj pol manjšo hitrostjo kot iPhone. Pri nalogah, ki vključujejo delo s celimi števili, je dobil 2047 točk, iPhone pa 3929 točk in se je pri vseh nalogah odrezal približno v enakem razmerju kot je razmerje točk med telefonoma. Največja razlika je pri testu SQLite, kjer je iPhone povprečno obdelal 99,1 Kvrstic/s, Samsung pa le 43,7 Kvrstic/s.

Pri nalogah, ki vključujejo delo s števili s plavajočo vejico, je iPhone 7 Plus dobil več točk, saj je Samsung dobil le 1557 točk, največja razlika pa je bila pri testu Ray Tracing, ki testira gradnjo 3D objektov v simulacijah. Pri tem testu je Samsung obdelal 201 Kpikslov/s, iPhone pa 499,5 Kpikslov/s. V zadnji skupini testov je Samsung zbral 423 točk manj kot iPhone 7 Plus. Rezultati teh testov so prikazani na sliki 4.14.

Geekbench Score		Histogram Equalization	
1993 Single-Core Score		1613 50.4 Mpixels/sec	
		2177 57.8 Mpixels/sec	
Crypto Score 1255		LLVM 3350 230.4 functions/sec	
Integer Score 2047		Camera 2418 6.70 images/sec	
Floating Point Score 1557		SGEMM 632 13.4 Gflops	
Memory Score 2711		SFFT 1621 4.04 Gflops	
AES 1255 967.9 MB/sec		N-Body Physics 1254 937.1 Kpairs/sec	
LZMA 2044 3.19 MB/sec		Ray Tracing 1381 201.8 Kpixels/sec	
JPEG 2197 17.7 Mpixels/sec		Rigid Body Physics 2138 6260.4 FPS	
Canny 2048 28.4 Mpixels/sec		HDR 2547 9.24 Mpixels/sec	
Lua 1583 1.63 MB/sec		Gaussian Blur 1565 27.4 Mpixels/sec	
Dijkstra 1828 1.24 MTE/sec		Speech Recognition 1793 15.3 Words/sec	
SQLite 1576 43.7 Krows/sec		Face Detection 1994 582.6 Ksubwindows/sec	
HTML5 Parse 1816 8.25 MB/sec		Memory Copy 2413 6.69 GB/sec	
HTML5 DOM 2510 2.27 MElements/sec		Memory Latency 2964 146.0 ns	
		Memory Bandwidth 2786 14.9 GB/sec	

Slika 4.14: Rezultati testov uporabe enega jedra v GeekBench 4 za Samsung Galaxy S8+

Pri testih uporabe več jeder je Samsung Galaxy S8+ zbral več točk kot iPhone 7 Plus, saj je dobil 6597 točk. Več točk je zbral pri treh od štirih skupin testov. Test šifriranja je Samsung izvedel bolje, saj je algoritem AES opravil s hitrostjo 4,53 Gb/s, iPhone pa s hitrostjo 3,5 Gb/s. Pri nalogah, ki vključujejo delo s celimi števili je Samsung dobil 8384 točk, iPhone pa 7238 točk. Pri nalogah, ki vključujejo delo s plavajočo vejico, je spet več točk dobil Samsung, ki je

zbral 6347 točk, 211 točk več kot iPhone 7 Plus. Pri zadnji skupini testov je več točk dobil iPhone z rezultatom 3135 točk, Samsung pa jih je zbral 3097. Največja razlika je nastala pri zakasnitvi pri prenosu podatkov, ki je bila pri iPhonu le 118,8 ns, pri Samsungu pa 141,3 ns. Rezultati teh testov so prikazani na sliki 4.15.

Geekbench Score		Histogram Equalization	
<b>6597</b> Multi-Core Score		8836 276.1 Mpixels/sec	
		PDF Rendering 9340 248.2 Mpixels/sec	
Crypto Score 6015		LLVM 13042 896.7 functions/sec	
Integer Score 8384		Camera 11228 31.1 Images/sec	
Floating Point Score 6347		SGEMM 2649 56.0 Gflops	
Memory Score 3097		SFFT 7309 18.2 Gflops	
AES 6015 4.53 GB/sec		N-Body Physics 5211 3.89 Mpairs/sec	
LZMA 7695 12.0 MB/sec		Ray Tracing 6038 881.8 Kpixels/sec	
JPEG 10065 81.0 Mpixels/sec		Rigid Body Physics 9445 27650.0 FPS	
Canny 9131 126.6 Mpixels/sec		HDR 11284 40.9 Mpixels/sec	
Lua 6284 6.46 MB/sec		Gaussian Blur 5567 97.5 Mpixels/sec	
Dijkstra 7817 5.29 MTE/sec		Speech Recognition 5257 45.0 Words/sec	
SQLite 7166 198.7 Krows/sec		Face Detection 8802 2.57 Msubwindows/sec	
HTML5 Parse 8467 38.4 MB/sec		Memory Copy 3306 9.16 GB/sec	
HTML5 DOM 4740 4.30 MElements/sec		Memory Latency 3065 141.3 ns	
		Memory Bandwidth 2933 15.7 GB/sec	

Slika 4.15: Rezultati testov uporabe več jeder v GeekBench 4 za Samsung Galaxy S8+

#### 4.3.3.2 Rezultati testov pri iPhone 8 Plus

Pri testih uporabe enega jedra je iPhone 8 Plus dobil več točk od Samsunga in tudi svojega predhodnika (4219 točk), kar je več kot dvakrat bolje od Samsunga. Pri prvi skupini je dobil 1753 točk več od Samsunga, saj je algoritem AES opravil s hitrostjo 2,28 GB/s. Pri nalogah, ki vključujejo delo s celimi števili, je iPhone 8 Plus dobil 4622 točk in močno popravil rezultat iPhone 7 Plus v vseh testih in še povečal razliko v rezultatih v primerjavi s Samsungom. Pri nalogah, ki vključujejo delo s plavajočo vejico, je iPhone zbral 3958 točk, kar je spet bolje od Samsunga. Spet se je največja razlika pri testu Ray Tracing, kjer je iPhone 8 Plus v povprečju obdelal 628,3 Kpikslov/s. V zadnji skupini testov je iPhone 8 Plus zbral 4003 točke in še zmanjšal zakasnitev pri notranjem prenosu podatkov, saj je ta zakasnitev le 111.1 ns v primerjavi z 146 ns pri Samsung S8+. Rezultati teh testov so prikazani na sliki 4.16.

Geekbench Score		PDF Rendering	
4219 Single-Core Score		115.6 Mpixels/sec	
		LLVM	
		8916 613.0 functions/sec	
		Camera	
		5083 14.1 images/sec	
Crypto Score	3028	SGEMM	
Integer Score	4622	2573 54.4 Gflops	
Floating Point Score	3958	SFFT	
Memory Score	4003	3322 8.28 Gflops	
AES	3028 2.28 GB/sec	N-Body Physics	
LZMA	3250 5.08 MB/sec	2.60 Mpairs/sec	
JPEG	4150 33.4 Mpixels/sec	Ray Tracing	
Canny	4322 59.9 Mpixels/sec	4302 628.3 Kpixels/sec	
Lua	4713 4.84 MB/sec	Rigid Body Physics	
Dijkstra	4599 3.11 MTE/sec	4161 12182.0 FPS	
SQLite	4261 118.1 Krows/sec	HDR	
HTML5 Parse	4370 19.8 MB/sec	5041 18.3 Mpixels/sec	
HTML5 DOM	5030 4.56 MElements/sec	Gaussian Blur	
		4649 81.4 Mpixels/sec	
		Speech Recognition	
		4109 35.2 Words/sec	
		Face Detection	
		4651 1.36 Msubwindows/sec	
		Memory Copy	
		5048 14.0 GB/sec	
		Memory Latency	
		3897 111.1 ns	

Slika 4.16: Rezultati testov uporabe enega jedra v GeekBench 4 za iPhone 8 Plus

Geekbench Score		PDF Rendering	
10252 Multi-Core Score		4233 112.5 Mpixels/sec	
		LLVM	
		25224 1.73 Kfunctions/sec	
		Camera	
		15373 42.6 images/sec	
Crypto Score	7664	SGEMM	
Integer Score	13309	5651 119.5 Gflops	
Floating Point Score	10209	SFFT	
Memory Score	4083	8844 22.0 Gflops	
AES	7718 5.81 GB/sec	N-Body Physics	
LZMA	11058 17.3 MB/sec	9242 6.90 Mpairs/sec	
JPEG	13555 109.1 Mpixels/sec	Ray Tracing	
Canny	4322 59.9 Mpixels/sec	10329 1.51 Mpixels/sec	
Lua	4713 4.84 MB/sec	Rigid Body Physics	
Dijkstra	4599 3.11 MTE/sec	12813 37510.7 FPS	
SQLite	4261 118.1 Krows/sec	HDR	
HTML5 DOM	4938 4.47 MElements/sec	15204 55.1 Mpixels/sec	
		Gaussian Blur	
		11339 198.6 Mpixels/sec	
		Speech Recognition	
		9679 82.8 Words/sec	
		Face Detection	
		11820 3.45 Msubwindows/sec	
		Memory Copy	
		5843 16.2 GB/sec	
		Memory Latency	
		3563 121.5 ns	

Slika 4.17: Rezultati testov uporabe več jeder v GeekBench 4 za iPhone 8 Plus

Pri testih uporabe več jeder je iPhone 8 Plus dobil 10252 točk, kar je velik naskok tako v primerjavi s Samsung S8+ kot iPhone 7 Plus. Pri prvi skupini testov je zbral 1649 točk več kot Samsung zaradi hitrejšega šifriranja podatkov. V drugi skupini testov je zbral kar 13309 točk

in v vseh testih zbral več točk kot oba omenjena telefona. V tretji skupini testov je bil skupni rezultat boljši od Samsunga, a je iPhone 8 Plus presenetljivo počasnejše opravil test sestavljanja dokumenta PDF, saj je povprečno obdelal le 112,5 MP/s, medtem ko jih je Samsung povprečno obdelal 248,2 MP/s. Pri zadnji skupini testov je iPhone 8 Plus zbral veliko večje število točk od Samsunga in tudi svojega predhodnika. Oba je pri tem testu premagal tudi že z rezultatom, ki ga je dobil pri uporabi enega jedra. Rezultati teh testov so prikazani na sliki 4.17.

#### 4.3.3.3 Rezultati testov pri OnePlus 5

Pri testih uporabe enega jedra je OnePlus 5 od vseh do zdaj testiranih telefonov zbral najmanj točk (1967 točk), sicer podoben rezultat kot Samsung, ki je dobil 26 točk več. Pri nalogi šifriranja se je OnePlus algoritem AES opravil malo počasneje kot Samsung, s hitrostjo 940,3 MB/s. Tako je bil počasnejši tudi od iPhone 7 Plus in iPhone 8 Plus. V drugi skupini testov je OnePlus zbral 44 točk več od Samsunga, a spet veliko slabše od obeh iPhonov. Največja razlika v primerjavi s Samsungom je bila pri hitrosti izvedbe Dijkstraovega algoritma, saj je našel 1,71 Mpovezav/s. Pri tretji skupini testov je OnePlus zbral 1424 točk. Največja razlika v primerjavi s Samsungom je tu nastala pri SFFT, ki je test hitre Fourierjeve transformacije opravil s hitrostjo 4,04 Gflop/s, OnePlus pa s hitrostjo 2,93 Gflop/s. V zadnji skupini testov se je OnePlus odrezal podobno kot Samsung in je zbral 21 točk manj kot Samsung. Rezultati testov so prikazani na sliki 4.18.

Geekbench Score		Histogram Equalization	
1967 Single-Core Score		1687 52.7 Mpixels/sec	
		PDF Rendering	
Crypto Score 1219		1884 50.1 Mpixels/sec	
Integer Score 2091		LLVM	
Floating Point Score 1424		3752 258.0 functions/sec	
Memory Score 2690		Camera	
AES		2029 5.63 images/sec	
1219 940.3 MB/sec		SGEMM	
LZMA		554 11.7 Gflops	
1919 3.00 MB/sec		SFFT	
JPEG		1173 2.93 Gflops	
2054 16.5 Mpixels/sec		N-Body Physics	
Canny		1171 874.9 Kpairs/sec	
1826 25.3 Mpixels/sec		Ray Tracing	
Lua		1593 232.7 Kpixels/sec	
1728 1.78 MB/sec		Rigid Body Physics	
Dijkstra		2118 6201.4 FPS	
2528 1.71 MTE/sec		HDR	
SQLite		2327 8.44 Mpixels/sec	
1898 52.6 Krows/sec		Gaussian Blur	
HTML5 Parse		1382 24.2 Mpixels/sec	
1917 8.71 MB/sec		Speech Recognition	
HTML5 DOM		1640 14.0 Words/sec	
2525 2.29 MElements/sec		Face Detection	
		1781 520.2 Ksubwindows/sec	
		Memory Copy	
		1745 4.84 GB/sec	
		Memory Latency	
		3416 126.7 ns	
		Memory Bandwidth	
		3268 17.5 GB/sec	

Slika 4.18: Rezultati testov uporabe enega jedra v GeekBench 4 za OnePlus 5

Pri testih, ki uporabljajo več jeder, je OnePlus 5 skupno dobil 6805 točk, kar je več kot Samsung in iPhone 7 Plus, a slabše kot iPhone 8 Plus. Pri testu šifriranja je OnePlus dobil 131 točk več

od Samsunga. Pri operacijah s celimi števili je dobil 8952 točk, kar je spet več kot Samsung in iPhone 7 Plus, a je zaostal za iPhone 8 Plus v primerjavi s katerim je največ izgubil pri kompresiji slik v format JPEG, ki ga je iPhone izvedel s hitrostjo 109,1 MP/s, OnePlus pa z 80,5 MP/s. Pri tretji skupini testov je OnePlus zbral 110 točk manj od Samsunga. Pri četrti skupini je zbral 2990 točk, kar je najslabše od vseh do zdaj testiranih telefonov, saj je najpočasneje izvedel test kopiranja podatkov v pomnilniku s hitrostjo 7,23 Gb/s. Rezultati testov so prikazani na sliki 4.19.

Geekbench Score		Histogram Equalization	
<b>6805</b> Multi-Core Score		8521	266.2 Mpixels/sec
		PDF Rendering	9085
Crypto Score	6146	241.4 Mpixels/sec	17182
Integer Score	8952	LLVM	1.18 Kfunctions/sec
Floating Point Score	6237	Camera	9685
Memory Score	2990	26.9 images/sec	SGEMM
AES	6146	50.6 Gflops	2392
4.63 GB/sec	LZMA	8472	SFFT
13.2 MB/sec	8472	13.2 MB/sec	14.8 Gflops
JPEG	10000	80.5 Mpixels/sec	N-Body Physics
Canny	8668	120.2 Mpixels/sec	5430
8.48 MB/sec	Lua	8250	4.06 Mpairs/sec
7932	Dijkstra	7932	Ray Tracing
5.37 MTE/sec	5.37 MTE/sec	5.37 MTE/sec	6855
SQLite	8668	240.3 Krows/sec	1.00 Mpixels/sec
240.3 Krows/sec	8668	240.3 Krows/sec	Rigid Body Physics
HTML5 Parse	8992	40.8 MB/sec	9915
40.8 MB/sec	8992	40.8 MB/sec	29026.5 FPS
HTML5 DOM	5494	4.98 MElements/sec	HDR
4.98 MElements/sec	5494	4.98 MElements/sec	10850
			39.3 Mpixels/sec
			Gaussian Blur
			6172
			108.1 Mpixels/sec
			Speech Recognition
			5128
			43.9 Words/sec
			Face Detection
			7935
			2.32 Msubwindows/sec
			Memory Copy
			2609
			7.23 GB/sec
			Memory Latency
			3479
			124.4 ns
			Memory Bandwidth
			2946
			15.7 GB/sec

Slika 4.19: Rezultati testov uporabe več jeder v GeekBench 4 za OnePlus 5

#### 4.3.3.4 Rezultati testov pri Huawei P10 Plus

Pri testih, ki uporabljajo le eno jedro, je Huawei P10 Plus skupno dobil 1865 točk, kar je najmanj med vsemi do zdaj testiranimi telefoni. Pri testu šifriranja je dobil 1174 točk, kar pomeni podobna hitrost šifriranja kot OnePlus in Samsung, a vseeno počasneje. Pri operacijah s celimi števili je Huawei zbral 1981 točk, kar je spet najslabše od vseh analiziranih telefonov. Sicer nikjer ni velike razlike v primerjavi z ostalimi telefoni, še največja je v hitrosti izdelave PDF dokumentov, kjer je test opravil s 44,5 MP/s, ostali telefoni pa so imeli vsi hitrost višjo od 50 MP/s. Pri tretji skupini testov je zbral 1354 točk in tako tudi tu zbral najmanj točk od vseh testiranih telefonov. Nikjer ni imel pretirano slabega rezultata, ampak je bil za odtenek slabši in počasnejši pri vseh testih. Pri zadnji skupini testov je zbral 2545 točk in je podobno kot pri ostalih testih, saj spet ni bilo pri nobenem testu velike razlike v primerjavi z OnePlus in Samsungom. Rezultati testov so prikazani na sliki 4.20

Geekbench Score		Histogram Equalization	
<b>1865</b> Single-Core Score		1556 48.6 Mpixels/sec	
		1673 44.5 Mpixels/sec	
LLVM		3779 259.8 functions/sec	
Crypto Score		1174	
Integer Score		1981	
Floating Point Score		1354	
Memory Score		2545	
AES	1174 905.9 MB/sec	Camera	1969 5.46 images/sec
LZMA	1937 3.03 MB/sec	SGEMM	499 10.6 Gflops
JPEG	1997 16.1 Mpixels/sec	SFFT	1158 2.89 Gflops
Canny	1708 23.7 Mpixels/sec	N-Body Physics	1120 836.6 Kpairs/sec
Lua	1651 1.70 MB/sec	Ray Tracing	1537 224.5 Kpixels/sec
Dijkstra	2248 1.52 MTE/sec	Rigid Body Physics	2007 5876.1 FPS
SQLite	1856 51.5 Krows/sec	HDR	2217 8.04 Mpixels/sec
HTML5 Parse	1785 8.11 MB/sec	Gaussian Blur	1350 23.7 Mpixels/sec
HTML5 DOM	2330 2.11 MElements/sec	Speech Recognition	1506 12.9 Words/sec
		Face Detection	1700 496.5 Ksubwindows/sec
		Memory Copy	1679 4.65 GB/sec
		Memory Latency	3080 140.5 ns
		Memory Bandwidth	3191 17.0 GB/sec

Slika 4.20: Rezultati testov uporabe enega jedra v GeekBench 4 za Huawei P10 Plus

Geekbench Score		Histogram Equalization	
<b>5500</b> Multi-Core Score		6639 207.5 Mpixels/sec	
		6359 168.9 Mpixels/sec	
LLVM		11907 818.7 functions/sec	
Crypto Score		5879	
Integer Score		7147	
Floating Point Score		4496	
Memory Score		3204	
AES	5879 4.43 GB/sec	Camera	7985 22.1 images/sec
LZMA	7851 12.3 MB/sec	SGEMM	1692 35.8 Gflops
JPEG	8158 65.6 Mpixels/sec	SFFT	4503 11.2 Gflops
Canny	7488 103.8 Mpixels/sec	N-Body Physics	3928 2.93 Mpairs/sec
Lua	6543 6.72 MB/sec	Ray Tracing	5160 753.5 Kpixels/sec
Dijkstra	7573 5.12 MTE/sec	Rigid Body Physics	7439 21776.9 FPS
SQLite	6272 173.9 Krows/sec	HDR	8053 29.2 Mpixels/sec
HTML5 Parse	7333 33.3 MB/sec	Gaussian Blur	4189 73.4 Mpixels/sec
HTML5 DOM	4050 3.67 MElements/sec	Speech Recognition	3388 29.0 Words/sec
		Face Detection	5727 1.67 Msubwindows/sec
		Memory Copy	2783 7.71 GB/sec
		Memory Latency	3092 140.0 ns
		Memory Bandwidth	3823 20.4 GB/sec

Slika 4.21: Rezultati testov uporabe več jeder v GeekBench 4 za Huawei P10 Plus

Pri testih, ki uporabljajo več jeder, je Huawei skupno dobil 5500 točk, kar je daleč najslabši rezultat od vseh testiranih telefonov in boljši rezultat le od iPhone 7 Plus. Pri testu šifriranja je dobil 136 točk manj od Samsunga, ki je drugi najpočasnejši od testiranih telefonov. Pri drugi skupini testov je dobil 7147 točk, spet najmanj od vseh telefonov, sploh počasen je bil pri sestavi

PDF dokumentov, kjer je imel hitrost 168,9 MP/s. Tudi pri tretji skupini testov je zbral najslabši rezultat od vseh telefonov. Povsod so bili rezultati približno enako slabi oziroma v enakem razmerju kot recimo pri zaznavanju glasu in besed, kjer je prepoznal le 29 besed/s, ostali telefoni so vsi prepoznali vsaj 40 besed/s. Pri zadnji skupini testov je zbral manj točk le od iPhonea 8 Plus. Predvsem si je tako veliko število točk zaslužil zaradi velike hitrosti prenosa med CPE in pomnilnikom kar 20,4 Gb/s, medtem ko imata OnePlus in Samsung hitrost prenosa 15,7 Gb/s. Rezultati teh testov so prikazani na sliki 4.21.

#### 4.3.3.5 Rezultati testov pri HTC U11

Pri testih uporabe enega jedra je HTC U11 skupno dobil 1924 točk, rezultat, ki je boljši le od Huawei P10 Plus. Test šifriranja je izvedel podobno kot Samsung in OnePlus, a boljše le od Huaweia. Pri drugi skupini testov je HTC dobil 2088 točk, kar je boljše od Samsunga in Huaweia in le 3 točke manj kot OnePlus 5. Pri tretji skupini testov je zbral popolnoma enak rezultat kot pri OnePlus, še največja razlika je nastala pri prepoznavanju obraza, kjer je HTC prepoznal 540,5 Kpodoken/s, OnePlus pa 520,2 Kpodoken/s. Pri vseh ostalih nalogah so bile razlike v rezultatu manjše. Pri zadnji skupini testov je zbral najmanj točk od vseh telefonov, predvsem zato ker je imel najslabši rezultat pri kopiranju podatkov s hitrostjo 4,24 GB/s. Rezultati so vidni na sliki 4.22.

Geekbench Score		PDF Rendering	1860
1924 Single-Core Score		49.4 Mpixels/sec	
		LLVM	3759
		258.5 functions/sec	
		Camera	2045
		5.67 images/sec	
Crypto Score	1209	SGEMM	554
Integer Score	2088	11.7 Gflops	
Floating Point Score	1424	SFFT	1163
Memory Score	2486	2.90 Gflops	
AES	1209	N-Body Physics	1175
933.0 MB/sec		878.2 Kpairs/sec	
LZMA	1933	Ray Tracing	1596
3.02 MB/sec		233.1 Kpixels/sec	
JPEG	2086	Rigid Body Physics	2107
16.8 Mpixels/sec		6169.6 FPS	
Canny	1782	HDR	2332
24.7 Mpixels/sec		8.46 Mpixels/sec	
Lua	1731	Gaussian Blur	1389
1.78 MB/sec		24.3 Mpixels/sec	
Dijkstra	2365	Speech Recognition	1583
1.40 MTF/sec		13.6 Words/sec	
SQLite	1922	Face Detection	1850
53.3 Krows/sec		540.5 Ksubwindows/sec	
HTML5 Parse	1986	Memory Copy	1529
9.02 MB/sec		4.24 GB/sec	
HTML5 DOM	2551	Memory Latency	3204
2.31 MElements/sec		135.1 ns	
Histogram Equalization	1682	Memory Bandwidth	3137
52.6 Mpixels/sec		16.8 GB/sec	

Slika 4.22: Rezultati testov uporabe enega jedra v GeekBench 4 za HTC U11

Pri testih uporabe več jeder je HTC skupno dobil 6395 točk. Pri prvem testu je 19 točk več kot Huawei. Pri drugi skupini testov je dobil 8480 točk, kar je slabše le od OnePlus 5 in iPhone 8

Plus. Še največ je v primerjavi z OnePlus zaostal pri testu Canny, ki je algoritem za obdelavo slik, kjer je slike obdeloval s hitrostjo 110,1 MP/s, OnePlus pa s 128MP/s. Pri tretji skupini testov je bil spet boljši le od Huawei, čeprav v primerjavi z ostalimi telefoni ni velikih razlik. Pri zadnji skupini testov je dobil 2486 točk, kar je najslabši rezultat od vseh telefonov, predvsem zaradi počasnejšega kopiranja podatkov, kjer je bila hitrost le 5,92 GB/s. Rezultati teh testov so vidni na sliki 4.22.

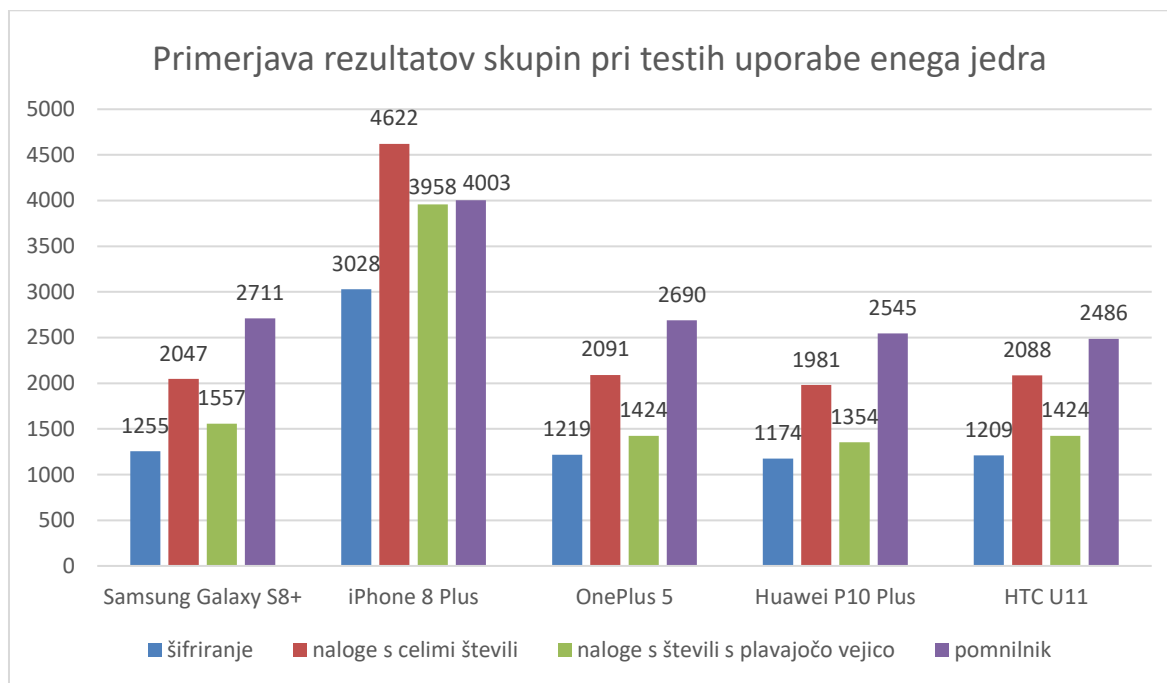
Geekbench Score		PDF Rendering	8935
6395 Multi-Core Score		237.4 Mpixels/sec	
		LLVM	16602 1.14 Kfunctions/sec
Crypto Score		Camera	9433 26.2 images/sec
		SGEMM	2124 44.9 Gflops
Integer Score		SFFT	5640 14.1 Gflops
Floating Point Score		N-Body Physics	5235 3.91 Mpairs/sec
Memory Score		Ray Tracing	6522 952.4 Kpixels/sec
AES	5898 4.44 GB/sec	Rigid Body Physics	9350 27372.5 FPS
LZMA	7993 12.5 MB/sec	HDR	10209 37.0 Mpixels/sec
JPEG	9872 79.4 Mpixels/sec	Gaussian Blur	5613 98.3 Mpixels/sec
Canny	7943 110.1 Mpixels/sec	Speech Recognition	4459 38.2 Words/sec
Lua	7551 7.76 MB/sec	Face Detection	8163 2.38 Msubwindows/sec
Dijkstra	6551 1.40 Mpts/sec	Memory Copy	2135 5.92 GB/sec
SQLite	8451 234.3 Krows/sec	Memory Latency	3082 140.5 ns
HTML5 Parse	8933 40.6 MB/sec	Memory Bandwidth	2844 15.2 GB/sec
HTML5 DOM	5064 4.59 MElements/sec		
Histogram Equalization	8342 260.7 Mpixels/sec		

Slika 4.23: Rezultati testov uporabe več jeder v GeekBench 4 za HTC U11

#### 4.3.3.6 Primerjava rezultatov testiranih telefonov

Pri testih izvajanja nalog z uporabo enega jedra spet izstopa iPhone 8 Plus. Pri vseh skupinah testov se vidi, da je čip A11 trenutno najmočnejši in skupaj s sistemom najhitrejši na trgu, poleg Snapdragona 835. Rezultati so pri iPhone 8 Plus v vseh skupinah, razen pri testih, povezanih s pomnilnikom, več kot dvakrat boljši od ostalih telefonov. To spet lahko pripišemo operacijskemu sistemu, ki je narejen za vgrajene komponente in zanje optimiziran, sploh če se uporablja le eno jedro za opravljanje nalog, sodeč po rezultatih opravljenih testov. Največ točk od telefonov z operacijskim sistemom Android pri opravljanju nalog z uporabo enega jedra je dobil Samsung Galaxy S8+, ki sicer ni nikjer imel velike prednosti in večje hitrosti pri delovanju kot ostali Androidni telefoni. Najbolj se je Samsungu približal OnePlus 5, ki je pri nalogah, ki uporabljajo cela števila celo zbral več točk. Naslednji v vrsti je HTC U11, ki ima enak procesor kot OnePlus, a se je vseeno zbral manj točk, sploh pri testih povezanih s pomnilnikom. Najmanj

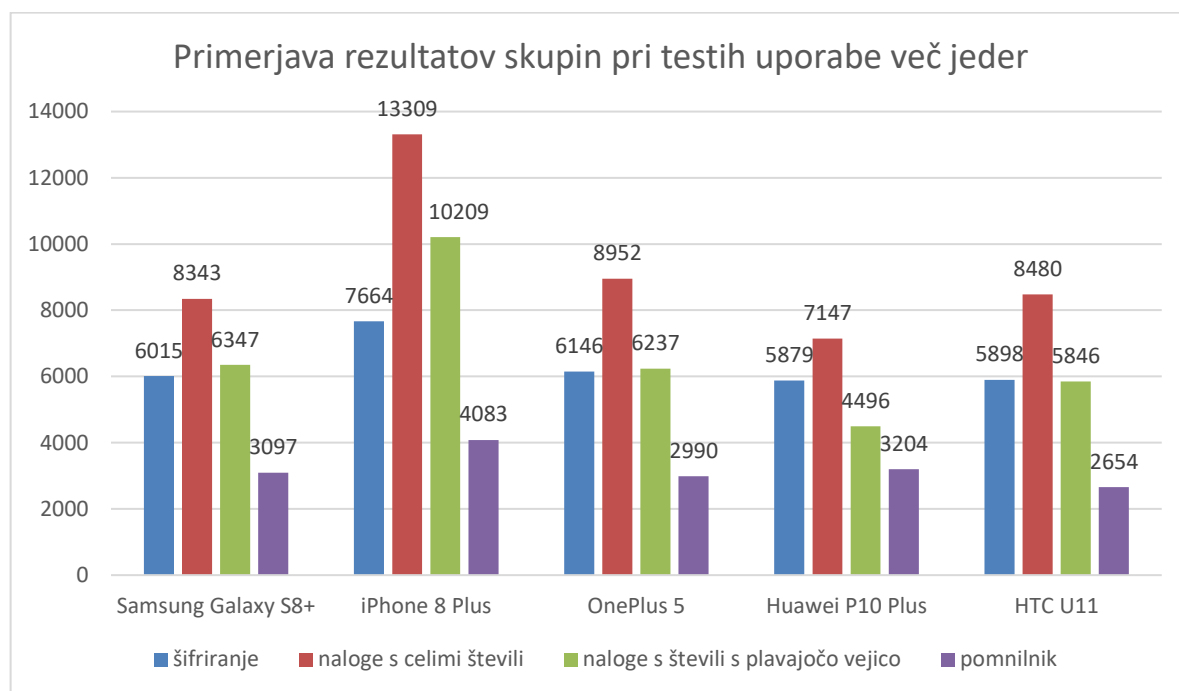
točk je dobil Huawei P10 Plus, ki najslabšega rezultata ni dobil le pri testih povezanih s pomnilnikom. Ta dober rezultat pri testih pomnilnika, lahko predvidevamo, da je povezan s tem, da ima telefon 128 GB notranjega pomnilnika, kar je več od ostalih testiranih telefonov in 6 GB RAMa, kjer ga izenači le OnePlus 5.



Slika 4.24: Primerjava rezultatov skupin pri testih uporabe enega jedra

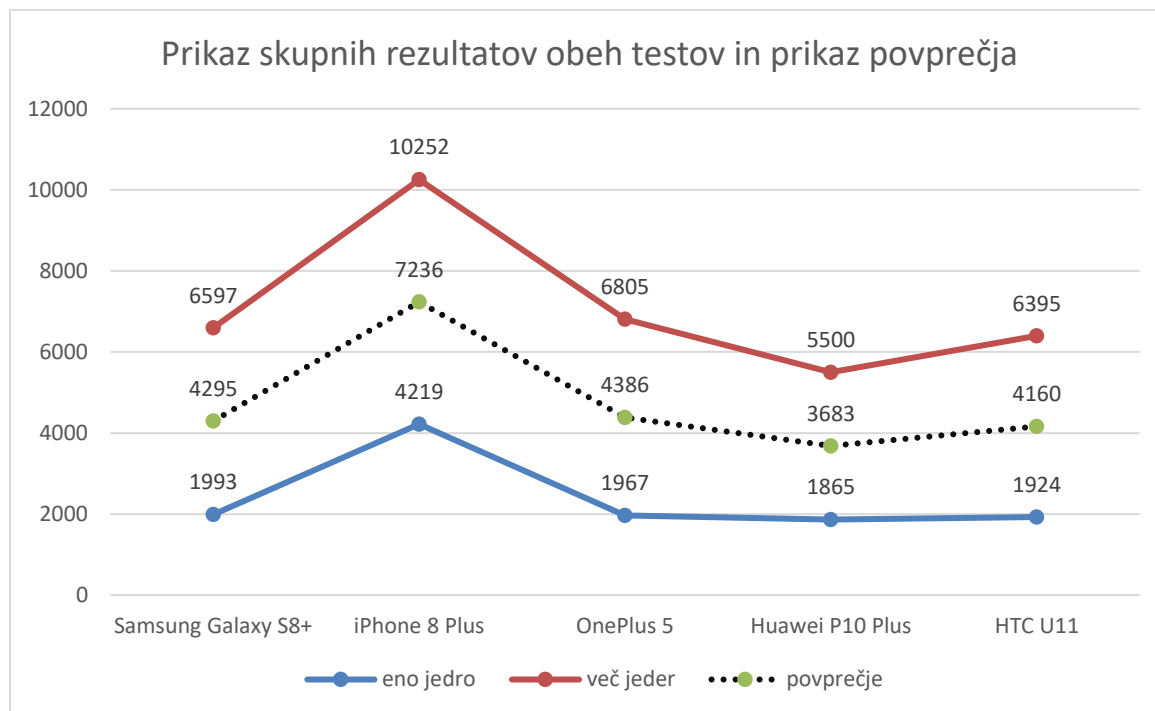
Tako kot pri testih izvajanja nalog z enim jedrom, je tudi pri testih izvajanja nalog z več jedri daleč največ točk zbral iPhone 8 Plus. Tudi tu je pri vseh skupinah testov zbral največ točk in pokazal, da je čip SoC A11 najboljši tudi pri uporabi več jeder za običajna opravila. Razlike tu so večje, a rezultati posameznih skupin testov pri iPhonu niso dvakrat boljši od ostalih telefonov kot pri testih uporabe enega jedra. Drugi najboljši telefon glede na rezultate testov pri uporabi več jeder je OnePlus 5, ki je v dveh skupinah (šifriranje, operacije s celimi števili) zbral več točk od Samsunga, pri ostalih dveh skupinah jih je več zbral Samsung. Tretji najboljši telefon glede na teste je Samsung Galaxy S8+, ki je četrti najboljši telefon HTC U11 premagal v vseh skupinah, razen pri izvajanju operacij s celimi števili. HTC se je presenetljivo znašel tako nizko, saj ima vgrajen enak SoC, kot OnePlus, a je vseeno naloge opravil slabše. Razlog za to bi lahko iskali v številu delujočih procesov v ozadju, ki pomagajo poganjati operacijski sistem, lahko pa tudi v verziji operacijskega sistema, saj posodobitev pri Androidu ne dobijo vsi telefoni istočasno. Na zadnjem mestu se je ponovno znašel Huawei P10 Plus, ki je sicer pri testih povezanih s pomnilnikom dobil manj točk le od iPhona (verjetno zaradi večje velikosti pomnilnika kot ostali), pri ostalih skupinah testov pa je bil na zadnjem mestu. Velika razlika je

nastala pri skupini testov s celimi števili, saj je procesov, ki vsebujejo operacije s celimi števili pri vsakdanji uporabi največ in je zanimivo, da se je od ostalih telefonov odrezal toliko slabše.



Slika 4.25: Primerjava rezultatov skupin pri testih uporabe več jeder

Oseбно mislim, da so testi uporabe več jeder boljši pokazatelj realnega stanja zmožnosti posameznih CPE, saj večina aplikacij in procesov v današnjih mobilnih telefonih uporablja prednosti, ki jih možnost uporabe več jeder prinese. Kot je prikazano na grafu na sliki 4.26, je pri obeh vrstah testov največ točk zbral iPhone 8 Plus. Na grafu je prikazano še povprečje skupnih rezultatov obeh vrst testov za posamezne testirane telefone. Ker so razlike rezultatov pri uporabi enega jedra tako majhne, rezultati testov uporabe več jedre pokažejo pravo stanje telefonov, sploh ker so bile iste naloge opravljene v obeh skupinah testov. Tako ima povprečni rezultat testov enako zaporedje telefonov, kot test uporabe več jeder. Rezultati se skoraj povsem skladajo z končnimi rezultati obeh že uporabljenih aplikacij, saj je vrstni red telefonov enak kot pri rezultatih aplikacije Basemark OS II. Zaenkrat tudi po analizi testov treh aplikacij lahko trdimo, da je iPhone 8 Plus glede na rezultate daleč najboljši telefon od vseh, najslabši pa je Huawei P10 Plus, saj je iPhone v vseh treh aplikacijah zasedel prvo mesto, Huawei pa zadnje.



Slika 4.26: Primerjava skupnih rezultatov testov in prikaz povprečja teh rezultatov

#### 4.3.4 Rezultati testov v aplikacijah AndroBench in GL Benchmark

Ker z aplikacijama AndroBench in GL Benchmark ni bilo možno testirati vseh telefonov zaradi tehničnih težav (pri aplikaciji GL Benchmark) in omejitev aplikacije (pri aplikaciji AndroBench) so rezultati teh aplikacij primerjani le med seboj in je tako dan dodaten vpogled v zmožnosti komponent kot sta notranji pomnilnik in GPE.

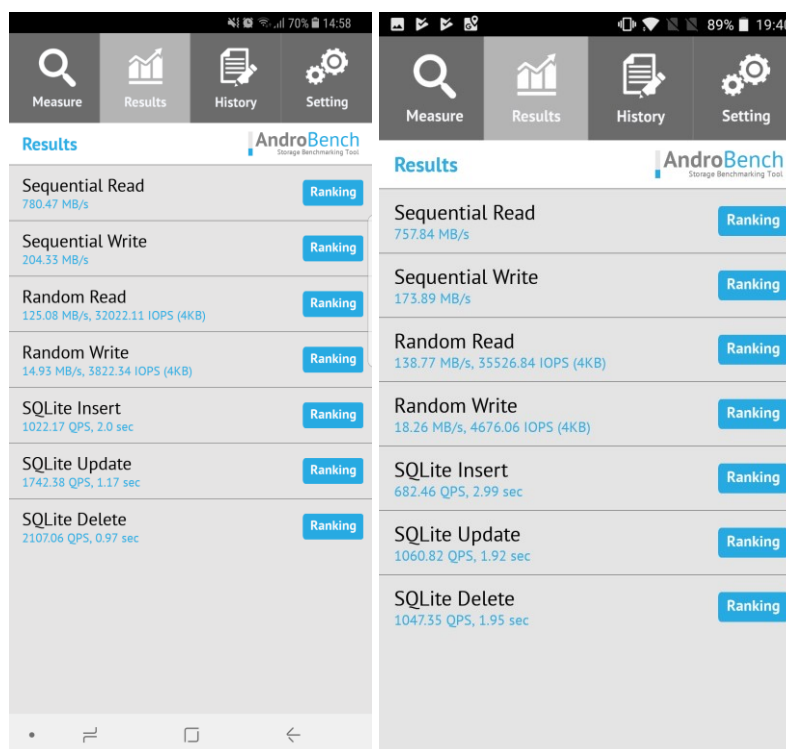
##### 4.3.4.1 Primerjava rezultatov testov v AndroBench

V tej aplikaciji so testirani samo telefoni z operacijskim sistemom Android, saj v operacijskem sistemu iOS ni primerljive aplikacije. Vseeno sem želel testirati hitrost notranjega pomnilnika, ker je pri branju in pisanju datoteke pomembna tudi hitrost, s katero se ta dva procesa opravljata.

Pri testu zaporednega branja je bil najhitrejši Samsung S8+, ki je podatke bral s hitrostjo 780,47 Mb/s. Drugi najhitrejši je bil OnePlus s hitrostjo 757,84 Mb/s, tretji HTC U11 s hitrostjo 720,08 Mb/s, na zadnjem mestu pa Huawei s hitrostjo branja 595,81 Mb/s. Pri zaporednem branju se je presenetljivo najbolje odrezal HTC U11 s hitrostjo 206,27 Mb/s, na drugem mestu za slaba 2 Mb/s počasnejši Samsung, daleč zadaj pa sta OnePlus (173,8 Mb/s) in Huawei (142,73 Mb/s).

Pri testu naključnega branja je bil najhitrejši OnePlus 5 s 138,77 Mb/s, drugi je bil Samsung S8+ s hitrostjo 125,08 Mb/s, tretji Huawei P10 Plus s hitrostjo 109,4 Mb/s, presenetljivo

počasen je bil HTC U11, saj je zabeležil hitrost 80,48 Mb/s. Pri testu naključnega pisanja je bil najhitrejši HTC s 78,21 Mb/s, drugi je bil Huawei s hitrostjo 44,52 Mb/s, tretji OnePlus s hitrostjo le 18,26 Mb/s, še počasnejši je bil Samsung S8+, ki se zapisal podatke s hitrostjo 14,93 Mb/s. Na slikah 4.27 in 4.28 je poleg hitrosti naključnega zapisa in branja podatkov napisano še število operacij s celimi števili (IOPS), ki so bile potrebne za izvedbo testa pri posameznih telefonih.



Slika 4.27: Rezultati testov za Samsung Galaxy S8+ (levo) in OnePlus 5 (desno)

Ostanejo še testi, ki uporabljajo ukaze SQLite in simulirajo podatkov bazo, v kateri z ukazi manipulirajo. Pri ukazu *Insert* je bil najhitrejši HTC, ki je naredil kar 5779,45 poizvedb/s znotraj testa. Drugi najhitrejši je bil Samsung, ki je naredil 1022,17 poizvedb/s (QPS), tretji najhitrejši je bil Huawei s 727,03 poizvedb/s. Najpočasnejši je bil OnePlus, ki je naredil le 682,46 poizvedb/s. Pri ukazu *Update*, je bil ponovno najhitrejši HTC s 5695,39 poizvedb/s, drugi je bil Samsung s 1742,38 poizvedb/s. Tretji in četrti pa sta bila OnePlus (1060,82 poizvedb/s) in Huawei (860,35 poizvedb/s), v tem zaporedju. Tudi pri ukazu *Delete*, je HTC naredil največ poizvedb, da je izvedel ukaz (9407,14 poizvedb/s), drugi je bil Samsung, ki je izvedel 2107,06 poizvedb/s, tretji in četrti OnePlus ter Huawei pa sta posamezno izvedla le 1047,35 poizvedb/s, ter 949,2 poizvedb/s. Poleg potrebnih poizvedb za izvedbo vsakega testa je na slikah 4.27 in 4.28 napisan še čas v sekundah, ki je bil potreben za uspešno izvedbo.

Izmed testov branj je zagotovo bolj pomemben test hitrost naključnega branja, saj se datoteke v pomnilnik le redko zapisujejo zaporedno in je za hitro uporabo teh datotek ključen podatek hitrost naključnega branja. V tem pogledu je najhitrejši OnePlus 5, kar pove, da je zmožen hitro prebrati večje datoteke, katerih fragmenti niso zapisani na zaporednih naslovih v pomnilniku. Pri naključnem branju se je najbolje odrezal HTC U11 in čeprav je bil pri branju na prvem mestu je pri pisanju OnePlus pristal šele na tretjem mestu.

Test Category	Huawei P10 Plus (Left)	HTC U11 (Right)
Sequential Read	595.81 MB/s	720.08 MB/s
Sequential Write	142.73 MB/s	206.27 MB/s
Random Read	109.4 MB/s, 28008.79 IOPS (4KB)	80.48 MB/s, 20603.7 IOPS (4KB)
Random Write	44.52 MB/s, 11399.44 IOPS (4KB)	78.21 MB/s, 20024.24 IOPS (4KB)
SQLite Insert	727.03 QPS, 2.81 sec	5779.45 QPS, 0.34 sec
SQLite Update	860.35 QPS, 2.38 sec	5695.39 QPS, 0.35 sec
SQLite Delete	949.2 QPS, 2.16 sec	9407.14 QPS, 0.21 sec

Slika 4.28: Rezultati testov za Huawei P10 Plus (levo) in HTC U11 (desno)

#### 4.3.4.2 Primerjava rezultatov testov v GL Benchmark

S to aplikacijo so bili zaradi tehničnih težav s strežniki testirani vsi telefoni, razen OnePlus 5. Pri nekaterih telefonih se niso izvedli vsi testi, saj recimo pri iPhone 8 Plus ni bilo testiranih prvih pet testov višje ravni, ki so bili testirani na ostalih telefonih, saj jih aplikacija ne vključuje.

Teste višje ravni je najbolje izvedel Samsung Galaxy S8+, ki je uspel opraviti vse teste vključene na tej ravni. Teste, opravljene na optimizirani resoluciji, kot je na primer »1080p Manhattan 3.1.1 Offscreen«, ki je bil opravljen na treh od štirih testiranih telefonih, je opravil tekoče, brez opaznih sprememb v poteku simulacije. Test simulira mesto in zgradbe, a se vse dogaja v ozadju, da uporabnik sploh ne vidi simulacije, ki se izvaja. Samsung je ta test izvedel slabše le od iPhone 8 Plus, ki je test opravil kar s 77 okvirji/s (angl. FPS – Frames Per Second), Samsung pa je test opravil s 35 FPS. Huawei je test opravil le s 17 FPS. Večja razlika se pozna pri testu na maksimalni resoluciji (QHD) »1440p Manhattan 3.1.1 Offscreen«, kjer je test od

telefonov najbolj tekoče izvedel Samsung s 24 FPS, HTC je dosegel 20 FPS, Huawei pa mizernih 9,5 FPS. Med temi tremi telefoni lahko za primerjavo pogledamo še prvi izveden test, in sicer je to »Car Chase«, ki simulira vožnjo dveh avtomobilov eden za drugim po cestah z različno okolico. Spet ga je najbolje izvedel Samsung, ki je test opravil z 20 FPS, HTC je dosegel 13 FPS, Huawei pa spet le mizernih 5,6 FPS. Sicer rezultatov za iPhone pri teh dveh testih nimamo, a glede na ostale rezultate lahko predvidevamo, da bi se odrezal bolje.

The screenshot shows the GL Benchmark application interface. It is divided into 'High-Level Tests' and 'Low-Level Tests'. The 'High-Level Tests' section lists various benchmarks with their respective frame rates and FPS values. The 'Low-Level Tests' section lists more detailed benchmarks, including 'Render Quality' and 'Render Quality (high precision)'. The bottom of the screen shows a navigation bar with icons for Home, Results, Compare, Info, and Settings.

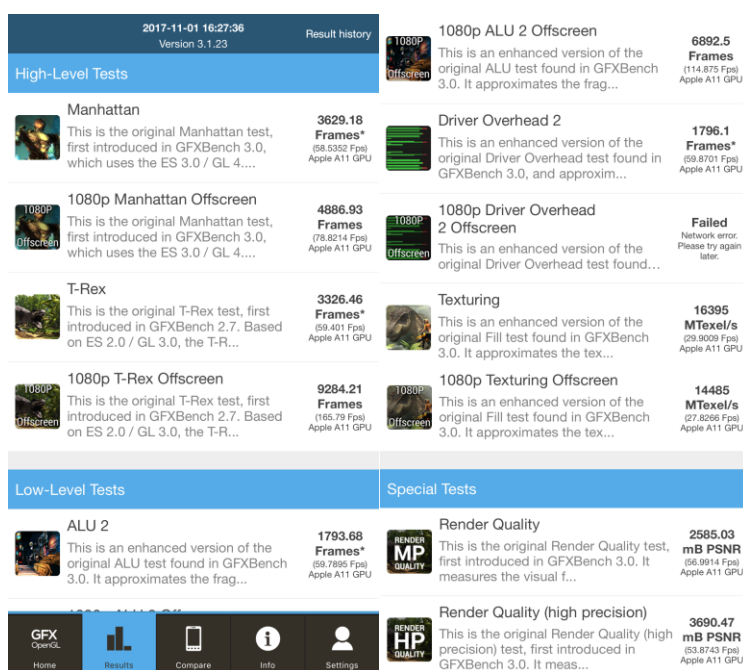
Test Name	Configuration	Frames	FPS
Car Chase	ES 3.1   Mali-G71   2094 x 1080	1.164	20
1080p Car Chase Offscreen	ES 3.1   Mali-G71   1920 x 1080	1.482	25
1440p Manhattan 3.1.1 Offscreen	ES 3.1   Mali-G71   2560 x 1440	1.518	24
Manhattan 3.1	ES 3.1   Mali-G71   2094 x 1080	2.072	33
1080p Manhattan 3.1 Offscreen	ES 3.1   Mali-G71   1920 x 1080	2.199	35
Manhattan	ES 3.0   Mali-G71   2094 x 1080	2.839*	46
1080p Manhattan Offscreen	ES 3.0   Mali-G71   1920 x 1080	3.124	50
T-Rex	ES 2.0   Mali-G71   2094 x 1080	3.347*	60
1080p T-Rex Offscreen	ES 2.0   Mali-G71   1920 x 1080	5.809	104
Tessellation	ES 3.1   Mali-G71   2094 x 1080	1.396*	47
1080p Tessellation Offscreen	ES 3.1   Mali-G71   1920 x 1080	2.817	47
ALU 2	ES 3.0   Mali-G71   2094 x 1080	1.798*	60
1080p ALU 2 Offscreen	ES 3.0   Mali-G71   1920 x 1080	6.437	107
Driver Overhead 2	ES 3.0   Mali-G71   2094 x 1080	305,4	10
1080p Driver Overhead 2 Offscreen	ES 3.0   Mali-G71   1920 x 1080	618,0	10
Texturing	ES 3.0   Mali-G71   2094 x 1080	7.857	MTexture/s
1080p Texturing Offscreen	ES 3.0   Mali-G71   1920 x 1080	7.824	MTexture/s
Render Quality	ES 2.0   Mali-G71   1920 x 1080	3.270	mB PSNR
Render Quality (high precision)	ES 2.0   Mali-G71   1920 x 1080	3.628	mB PSNR

Slika 4.29: Rezultati testov v aplikaciji GL Benchmark za Samsung Galaxy S8+

Pri testih nižje ravni se je pri vseh telefonih izvedlo več testov. Po pregledu testov, lahko ugotovimo, da je teste najbolje izvedel iPhone 8 Plus. Izjema je test »ALU 2«, ki simulira mesto ponoči z osvetljenimi stavbami in je podoben testu »Manhattan« pri testih višje ravni, le z manj premikanja. Ta test je iPhone opravil sicer le malo slabše kot Samsung, ki je test opravil s 60 FPS, iPhone pa z 59,8 FPS, kar je očesu nevidna razlika. Ta test je najslabše izvedel Huawei, ki je dosegel le 22 FPS. Test teksturiranja, je najbolje opravil iPhone, ki je v teksturni matriki sestavil 16395 Mtexlov/s (texel je enota teksturne matrike). Na drugem mestu je HTC U11, ki je sestavil 9963 Mtexlov/s, na tretjem je Samsung, ki je sestavil 7857 Mtexlov/s, zadnji pa je Huawei s 3822 Mtexlov/s.

Na koncu pogledajmo še teste kakovosti upodabljanja slike na ekranu. Kakovost upodabljanja se podaja s PSNR (angl. Peak signal-to-noise ratio), ki je logaritmčno razmerje maksimalne moči

signala in moči šuma. Rezultat pri teh testih je v milibelih (mB), to je tisočinka Bella. Pri prvem testu, ki meri kakovost upodabljanja v resoluciji 1920 x 1080 sta se najbolj izkazala Samsung in Huawei z rezultatom 3270 mB PSNR. Oba telefona imata enako GPE, tako da je kakovost upodabljanja enaka. Razlikujeta se le v številu gruč, ki jih uporabljata za procesiranje signalov, kar je pri GPE označeno s kratico MPx, kjer »x« predstavlja število teh gruč. Huawei uporablja 8 gruč, Samsung pa kar 20 gruč in je zato boljši pri procesiranju zahtevnejših signalov. Na drugem mestu je iPhone z 2585 mB PSNR, zadnji pa HTC z 2510 mB PSNR. Pri testih visoke natančnosti upodabljanja pa se je najbolj izkazal iPhone s 3690 mB PSNR, drugi je HTC z 3632 mB PSNR, na koncu pa sta skupaj Huawei in Samsung z 3628 mB PSNR.



Slika 4.30: Rezultati testov v aplikaciji GL Benchmark za iPhone 8 Plus

Rezultati testov tukaj niso tako enostranski, kot pri ostalih aplikacijah, a še vseeno glede na teste kaže, da je najboljša GPE vgrajena v iPhone 8 Plus. Čeprav je kakovost upodabljanja pri standardni natančnosti boljša pri Samsungu in Huaweiu, ima iPhone večjo hitrost procesiranja signalov saj GPE uporablja 20 gruč. Ker je GPE pri iPhonu optimizirana za sistem, lahko dobimo razlog za razliko v hitrosti procesiranja signalov v primerjavi s Samsungom.

Test Name	Resolution	Score	Additional Info
Car Chase	ES 3.1   Mali-G71   2560 x 1440	331,1 Frames (5,6 Fps)	
1080p Car Chase Offscreen	ES 3.1   Mali-G71   1920 x 1080	559,6 Frames (9,5 Fps)	
1440p Manhattan 3.1.1 Offscreen	ES 3.1   Mali-G71   2560 x 1440	601,8 Frames (9,7 Fps)	
Manhattan 3.1	ES 3.1   Mali-G71   2560 x 1440	607,7 Frames (9,8 Fps)	
1080p Manhattan 3.1 Offscreen	ES 3.1   Mali-G71   1920 x 1080	1.056 Frames (17 Fps)	
Manhattan	ES 3.0   Mali-G71   2560 x 1440	1.050 Frames (17 Fps)	
1080p Manhattan Offscreen	ES 3.0   Mali-G71   1920 x 1080	1.717 Frames	
Tessellation	ES 3.1   Mali-G71   2560 x 1440	1.085* Frames (36 Fps)	
1080p Tessellation Offscreen	ES 3.1   Mali-G71   1920 x 1080	2.664 Frames (44 Fps)	
ALU 2	ES 3.0   Mali-G71   2560 x 1440	670,6 Frames (22 Fps)	
1080p ALU 2 Offscreen	ES 3.0   Mali-G71   1920 x 1080	2.337 Frames (39 Fps)	
Driver Overhead 2	ES 3.0   Mali-G71   2560 x 1440	320,9 Frames (11 Fps)	
1080p Driver Overhead 2 Offscreen	ES 3.0   Mali-G71   1920 x 1080	689,2 Frames (11 Fps)	
Texturing	ES 3.0   Mali-G71   2560 x 1440	3.822 MTexel/s	
1080p Texturing Offscreen	ES 3.0   Mali-G71   1920 x 1080	3.750 MTexel/s	
Render Quality (MP)	ES 2.0   Mali-G71   1920 x 1080	3.270 mB PSNR	
Render Quality (HP)	ES 2.0   Mali-G71   1920 x 1080	3.628 mB PSNR	

Slika 4.31: Rezultati testov v aplikaciji GL Benchmark za Huawei P10 Plus

Test Name	Resolution	Score	Additional Info
Car Chase	ES 3.1   Adreno (TM) 540   2560 x 1440	756,5 Frames (13 Fps)	
1080p Car Chase Offscreen	ES 3.1   Adreno (TM) 540   1920 x 1080	1.405 Frames (24 Fps)	
1440p Manhattan 3.1.1 Offscreen	ES 3.1   Adreno (TM) 540   2560 x 1440	1.243 Frames (20 Fps)	
1080p Manhattan 3.1.1 Offscreen	ES 3.1   Adreno (TM) 540   1920 x 1080	4.749 Frames (79 Fps)	
Tessellation	ES 3.1   Adreno (TM) 540   2560 x 1440	1.719* Frames (57 Fps)	
1080p Tessellation Offscreen	ES 3.1   Adreno (TM) 540   1920 x 1080	5.404 Frames (90 Fps)	
ALU 2	ES 3.0   Adreno (TM) 540   2560 x 1440	1.563 Frames (52 Fps)	
1080p ALU 2 Offscreen	ES 3.0   Adreno (TM) 540   1920 x 1080	5.404 Frames (90 Fps)	
Driver Overhead 2	ES 3.0   Adreno (TM) 540   2560 x 1440	1.120 Frames (37 Fps)	
1080p Driver Overhead 2 Offscreen	ES 3.0   Adreno (TM) 540   1920 x 1080	2.511 Frames (42 Fps)	
Texturing	ES 3.0   Adreno (TM) 540   2560 x 1440	9.963 MTexel/s	
1080p Texturing Offscreen	ES 3.0   Adreno (TM) 540   1920 x 1080	9.921 MTexel/s	
Render Quality (MP)	ES 2.0   Adreno (TM) 540   1920 x 1080	2.510 mB PSNR	
Render Quality (HP)	ES 2.0   Adreno (TM) 540   1920 x 1080	3.632 mB PSNR	

Slika 4.32: Rezultati testov v aplikaciji GL Benchmark za HTC U11

### 4.3.5 Rezultati testov odzivnosti sistema in kamere

Telefoni so bili testirani tudi v odzivnosti sistema in hitrosti odpiranja aplikacij. Testi v sami izvedbi niso bili preveč zahtevni. Uporabljeni so bili le telefoni in štoparica.

#### 4.3.5.1 Primerjava odzivnosti testiranih telefonov

Telefoni so bili testirani v naslednjih kategorijah:

- Test časa vklopa, ki testira, koliko časa telefon potrebuje od pritiska na gumb za vklop, do prikaza domačega zaslona.
- Test hitrosti vklopa vmesnika kamere (prikaz slike in vseh ikon).
- Test hitrosti vklopa aplikacij, kjer bila testirana hitrost vklopa sistemskih aplikacij (nastavitve, koledar, kalkulator, galerija) in hitrost vklopa zahtevnejših aplikacij, v tem primeru igrice Temple Run (manj zahtevna igrica) in Asphalt 8 (bolj zahtevna igrica).
- Lokacija senzorja za prstni odtis in test odzivnosti senzorja za prstnim odtis.

	Čas vklopa telefona	Čas vklopa kamere	Čas zagona aplikacij	Prstni odtis
<b>Samsung Galaxy S8+</b>	22,0 s	0,8 s	sis. apl.: < 0,5 s Temple Run: 2,3 s Asphalt 8: 6,3 s	lokacija: zadaj ob kameri odzivnost: 0,1 s
<b>iPhone 8 Plus</b>	11,3 s	1,0 s	sis. apl.: < 0,5 s Temple Run: 2,9 s Asphalt 8: 6,4 s	lokacija: pod ekranom odzivnost: 0,1 s
<b>OnePlus 5</b>	27,2 s	0,8 s	sis. apl.: < 0,5 s Temple Run: 1,8 s Asphalt 8: 7,4 s	lokacija: pod ekranom odzivnost: 0,1 s
<b>Huawei P10 Plus</b>	23,3 s	0,7 s	sis. apl.: < 0,5 s Temple Run: 2,3 s Asphalt 8: 6,5 s	lokacija: pod ekranom odzivnost: 0,1 s
<b>HTC U11</b>	25, 1 s	0,8 s	sis. apl.: < 0,5 s Temple Run: 2,3 s Asphalt 8: 7,0 s	lokacija: pod ekranom odzivnost: 0,1 s

Tabela 4.6: Primerjava odzivnosti testiranih telefonov

Poleg teh testov je bila testirana še odzivnost operacijskega sistema, ko je bilo v ozadju odprtih več aplikacij. To pomeni testiranje kretenj, kot so premikanje po domačih zaslonih in v predal za aplikacije ter premikanje po zavihkih v nastavitvah. Tu sicer ne moremo govoriti v časovnih intervalih, le o občutku in možnih zamikih, ki se lahko zgodijo ob uporabi telefona. Ker so to vsi telefoni višjega ranga, s tako enostavnimi kretnjami in lažjim »sprehodom« skozi sistem ni bilo težav in ni bilo zaznane razlike med telefoni.

#### 4.3.5.2 Primerjava slik kamere

Slike so bile zajete v samodejnem načinu slikanja z glavno kamero pri slabši svetlobi oziroma v temnejšem prostoru, pod približno enakim kotom. Svetilnost je bila izmerjena z aplikacijo Lux Meter, ki je namerila 18 lx na poziciji mobilnega telefona. Svetilnost se meri v luksih (lx), to je svetlobni tok na enoto površine. En lux je en lumen na kvadratni meter. Lumen (lm) je enota za jakost svetlobnega toka. Objekt na sliki je bil postavljen ob vrata 3,5 m od svetlobnega vira. Slike zajete s posameznimi telefoni so na sliki 4.33.



Slika 4.33: Primerjava slik, posnetih s testiranimi telefoni v slabši svetlobi

Kamera v Samsung Galaxy S8+ ima en objektiv, ki v samodejnem načinu zajame sliko v ločljivosti 12MP. Odprtina zaslonke je velikosti  $f/1,7$ , kar je eden večjih premerov odprtine zaslonke pri kamerah mobilnih telefonov, saj tako, lahko zajame boljše slike tudi pri slabši svetlobi. Senzor sestavljajo piksli velikosti 1,4 mikrometra (večji piksel pomeni več ujete svetlobe) in omogoča zaznavanje dveh pikslov na svetlobno diodo v senzoru ter s tem tudi hitrejše ostrenje. Vse te tehnične specifikacije pomenijo, da bi se morala kamera dobro izkazati v različnih pogojih in pri različnih osvetlitvah. Na testu se je Samsungova kamera po mojem mnenju odrezala odlično, saj so barve, zajete na sliki, dokaj realne, slika je svetla prav tako ni prenasičenosti barv ali premočnega ostrenja predmetov na sliki.

Kamera v iPhone 8 Plus ima dva objektiv, ki v samodejnem načinu zajameta sliko v ločljivosti 12MP. Odprtina zaslonke pri večjem objektivu je  $f/1,8$  in omogoča širokokotno slikanje, pri drugem telefoto objektivu pa je odprtina zaslonke  $f/2,8$  in omogoča dvakratni optični zoom ter služi predvsem za portretni način slikanja. Za razliko od Samsunga kamera pri iPhone 8 Plus poleg optičnega zooma in portretnega načina omogoča še snemanje z 240 FPS, kar pomeni, da lahko upočasni posnetek, ker je zajetih več okvirjev v sekundi. Senzor pri glavnem objektivu sestavljajo piksli velikosti 1,22 mikrometra, pri drugem pa 1 mikrometer. Na testu se je kamera odrezala slabo, saj je slika temna in ne prikaže pravih barv oziroma so prikazane barve bolj tople. Na sliki se ob podrobnem pogledu opazi tudi zrnatost, kar je verjetno posledica temnejše slike.

Kamera v OnePlus 5 ima dva objektiv, ki v samodejnem načinu zajameta sliko v ločljivosti 16 MP in 20 MP. Odprtina zaslonke pri glavnem objektivu je  $f/1,7$  in omogoča širokokotno slikanje, pri drugem telefoto objektivu pa je odprtina zaslonke  $f/2,8$  in omogoča 1,6-kratni optični zoom ter tako kot pri iPhoneu služi predvsem za portretni način slikanja. Pri nobenem objektivu ni vgrajene optične stabilizacije. Senzor pri glavnem objektivu sestavljajo piksli velikosti 1,12 mikrometra, pri drugem pa 1 mikrometer. Na testu se je kamera odrezala dobro, a še vseeno je ton celotne slike temnejši kot pri Samsungu, so pa barve še vseeno bolj naravne, ter predmeti bolj ostreni kot pri iPhone 8 Plus.

Kamera v Huawei P10 Plus ima dva objektiv, ki v samodejnem načinu zajameta sliko v ločljivosti 12 MP in 20 MP. Odprtina zaslonke pri glavnem objektivu je  $f/1,8$ , enaka velikost zaslonke je tudi pri drugem. Drugi objektiv je uporabljen slikanje v enobarvnem/črno-belem načinu, kar služi predvsem za izpopolnjevanje podrobnosti na slikah. Kamera uporablja objektiv podjetja Leica, ki proizvaja objektivne tudi za profesionalne digitalne fotoaparate. Senzorja pri obeh objektivih sestavljajo piksli velikosti 1,55 mikrometra. Na testu se je kamera odrezala zelo dobro, saj je slika svetla in predmeti na njej dobro vidni. Kar lahko sicer rečemo

je, da so barve na sliki prenasičene, ter pretople in zato niso povsem realne, obenem pa je slika zrnata, verjetno zato ker je preveč ostrena in sistemsko obdelana.

Kamera v HTC U11 ima en objektiv, ki v samodejnem načinu zajame sliko v ločljivosti 12 MP. Odprtina zaslonke je velikosti  $f/1,7$ , kar je enako kot pri Samsungu eden izmed večjih premerov odprtine zaslonke. Senzor zaznava piksle velikosti 1,4 mikrometra in prav tako kot Samsung omogoča zaznavanje dveh pikslov na svetlobno diodo, ter s tem hitrejše ostrenje slike. Na testu se je kamera glede na podobnost s specifikacijami kamere v Samsungu odrezala presenetljivo slabo. Slika je bolj temna, tako da se podrobnosti ne vidijo dobro, prav tako barve, prikazane na sliki, niso realne. Slika je sicer ostra, a se vseeno vidi zrnatost.

Glede na posnete slike je po mojem mnenju najboljša slika nastala s Samsung Galaxy S8+, kjer so barve na sliki videti najbolj realistične od vseh, prav tako pa ni vidnih učinkov premočnega procesiranja slik s programsko opremo (prenasičenost, premočno programsko ostrenje). Med drugo in tretjo najboljšo sliko je bilo težko izbrati, a je bila po mojem mnenju boljša zajeta s OnePlus 5, s katerim je bila slika sicer zajeta v drugačni ločljivosti kot ostale in je bilo potrebno zgornji in spodnji del slike izrezati, da se je prilagodila velikosti ostalih slik. Na sliki zajeti z OnePlus so barve hladne, a še vseeno dokaj naravne, čeprav je celotna slika bolj temna, kar lahko pripišemo dejstvu, da je velikost zaznanih pikslov v senzorju manjša kot pri Samsungu. Naslednja najboljša slika je nastala s Huawei P10 Plus. Slika je sicer svetla, saj ima telefon vgrajen senzor z največjo velikostjo pikslov, posledica tega pa je večja svetlost slike. Na koncu je k slabši uvrstitvi Huaweia botrovalo predvsem dejstvo, da je slika premočno procesirana, saj zaradi prenasičenosti niso vidne povsem realne barve. Četrta najboljša slika je nastala s HTC U11, s katerim je glede na podobnost specifikacij s Samsungom nastala presenetljivo temna slika. Možen razlog za nastanek razlike lahko najdemo v tem, da v samodejnem načinu občutljivost senzorja ni tako velika kot pri Samsungu. Najslabša slika je bila zajeta z iPhone 8 Plus, saj je glede na druge precej temna, kar lahko pripišemo dejstvu, da ima glavna kamera vgrajen senzor z manjšo velikostjo pikslov, obenem pa ima manjšo odprtino zaslonke.

Glede na rezultate testov kakovosti zajema slik v slabši svetlobi bi za zmagovalca izbral Samsung Galaxy S8+. Zdi se mi, da je to eden izmed težjih testov za kamero, saj je tu pomembna kakovost vseh sestavnih delov od objektiva in odprtine zaslonke, do senzorja in na koncu obdelave slike s programsko opremo. Drugi telefoni ponujajo funkcije, kot so optični zoom in zelo počasni posnetki, a glede na zastavljen test se zdi, da je kvaliteta slike najboljša pri Samsungu, bi pa bilo bolje, da bi telefon imel še objektiv za optični zoom, kot pri Note 8.

Vsi telefoni imajo tudi kamere na sprednji strani. Sicer se v današnjih časih vse več uporabljajo, večinoma za tako imenovanem selfi posnetke in video klice, a niso tako dovršene in kvalitetne kot kamere na zadnji strani. Ker se uporabljajo bolj za socialne namene in ne omogočajo toliko

funkcij, sem se odločil, da jih ne bom testiral, so pa navedene tehnične specifikacije pri lastnostih telefonov.

## Poglavje 5 Primerjava testnih in prodajnih rezultatov

Glede na analizo rezultatov vseh opravljenih testov lahko trdimo, da se je pri večini testov, ki so jih opravile testne aplikacije, najbolje odrezal iPhone 8 Plus. V posameznih kategorijah, kot so odzivnost sistema, testi CPE in GPE ter z njima povezanih operacij, testi RAMa in testi uporabniške izkušnje, je bil pri večini testov najboljši iPhone 8 Plus. Pri testih branja in pisanja v pomnilnik, kjer na žalost ni bilo možno testirati iPhonea, ker je aplikacija narejena le za sistem Android, se je najbolje odrezal OnePlus 5, ki je bil najhitrejši pri testu naključnega branja, pri testu naključnega pisanja pa je bil najhitrejši HTC U11. Presenetljivo se je iPhone 8 Plus zelo slabo odrezal pri testu kamere, kjer je bil kljub dvojnem objektivu, boljši le od HTC U11. Pri tem testu se je najbolje odrezal Samsung S8+, za katerega se je tudi oglaševalo, da ima enega boljših objektivov na trgu, kar je ta test tudi dokazal.

Ugotovimo lahko tudi, da ne obstaja telefon, ki je najboljši v vseh kategorijah, ampak imajo določeni telefoni prednosti na posameznih področjih, kjer je tudi po navadi poudarek trženjskih kampanj. Prednost Applovih naprav je predvsem v operacijskem sistemu, ki je bolj pregleden in bolje organiziran kot Android in zato po mnenju mnogih uporabnikov bolj preprost za uporabo. Kot sem že omenil iPhoni veliko bolj pogosto dobivajo posodobitve sistema, s čimer se tudi odpravijo napake, ki so se mogoče pojavile v preteklih posodobitvah. Prav tako je izgled sistema oziroma uporabniški vmesnik na vseh Applovih telefonih enak. Vse to omogoča boljšo uporabniško izkušnjo, ki je za uporabnike mobilnih telefonov zelo pomembna. V uporabniško izkušnjo lahko posredno vključimo tudi hitrost in odzivnost operacij, ki jih opravljata CPE in GPE, saj bolj odziven telefon in hitreje opravljene operacije še dodatno pripomorejo k boljši uporabniški izkušnji. Ostali telefoni s sistemom Android sicer dohajajo sistem iOS in s tem tudiboljšajo stopnjo uporabniške izkušnje, a je zaradi množice različnih uporabniških vmesnikov in nerednih posodobitev težko konkurirati operacijskemu sistemu iOS.

Ker je uporabniško izkušnjo na telefonih s sistemom Android težko popolnoma približati iPhonom, se ostali proizvajalci telefonov osredotočajo predvsem na fizične komponente, s katerimi lahko izboljšajo druge dele telefona. Ker sem kot študent zaposlen v prodajalni A1 Slovenija v Kranju, imam izkušnje s pogledom kupcev na pomembnost komponent pri nakupu mobilnega telefona. Poleg že omenjenega sistema in z njim povezane uporabniške izkušnje, sta pri odločanju za nakup najbolj pomembna še kakovost kamere in kakovost zajetih slik ter

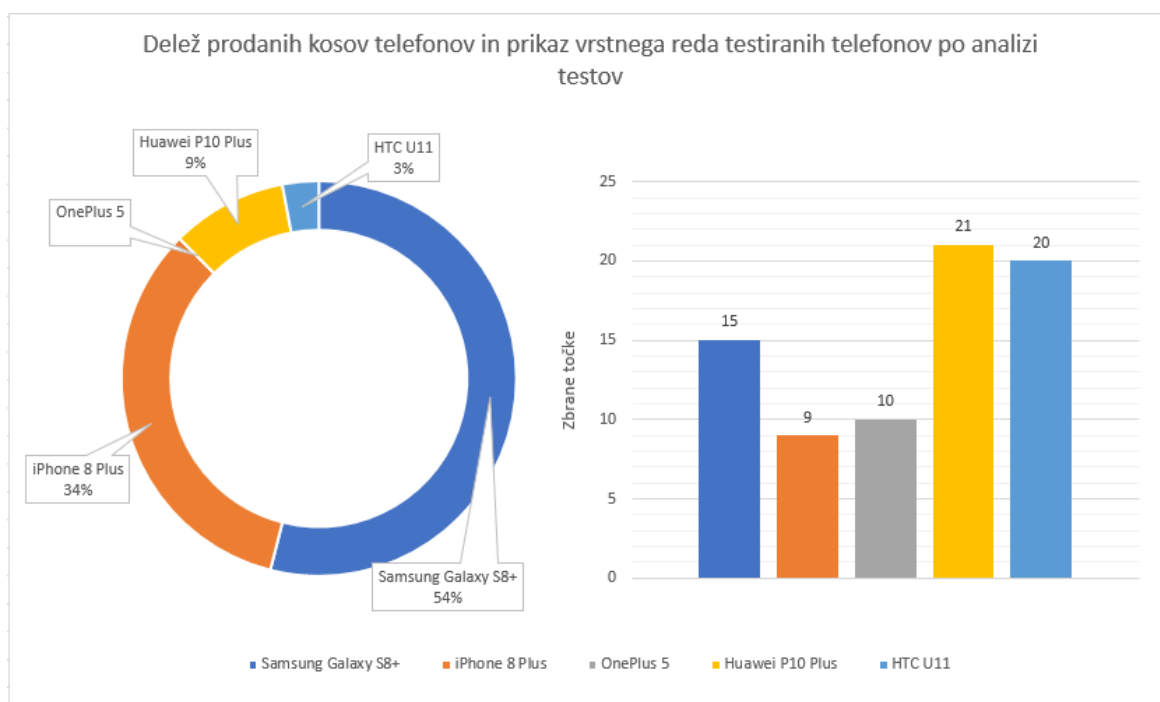
videov in seveda cena telefona glede na zmogljivosti in značilnosti, ki jih ponuja. Značilnosti pri izbiri novega mobilnega telefona so glede na moje skoraj triletno izkušnje velikost ekrana in telefona, kapaciteta baterije, vrednost SAR ter odpornost na prah in vodo. Te zadnje našete značilnosti sicer so pomembne pri izbiri, a najbolj pomembne so prve tri našete, ki so bile vse tudi testirane v tej diplomski nalogi. Omenim pa lahko še, da je v zadnjem času vse bolj pomembno tudi podjetje, ki je telefon sestavilo, saj v današnjem času pametni telefon postaja tudi statusni simbol.

Če za konec testiranja potegnemo črto in glede na rezultate vseh testov v tabeli prikažemo telefone, ki so se najbolj odrezali pri testiranju posameznih komponent in značilnosti, ter jih primerjamo s prodajnimi rezultati v poslovalnicah A1 Slovenija po vsej državi, so rezultati taki, kot so prikazani v tabeli 5.1. Omeniti je treba, da znamke OnePlus operater A1 Slovenija ne prodaja, tako da točnih rezultatov ni mogoče navestako imenovanem Omenim lahko le, da je bil ob začetku prodaje OnePlus najboljše prodajani telefon do takrat [36]. V tabeli je vključen tudi stolpec »točke«, kjer manj točk pomeni boljši rezultat na vseh testih skupaj. Torej telefon z najmanj točkami se je odrezal najboljše, saj številka mesta, kjer se je telefon znašel pri posamezni komponenti, pomeni število točk, ki jih je telefon dobil. Podatke o številu prodanih kosov v prvih treh mesecih od prihoda telefona na trg sem dobil v podjetju.

	CPE	GPE	Notranji pomnilnik	Uporabniška izkušnja	Kamera	Točke	Prodanih kosov/ Cena
<b>Samsung Galaxy S8+</b>	3. mesto	3. mesto	4. mesto	4. mesto	1. mesto	<b>15</b>	1869 kosov/ 899€
<b>iPhone 8 Plus</b>	1. mesto	1. mesto	1. mesto	1. mesto	5. mesto	<b>9</b>	1163 kosov/ 899€
<b>OnePlus 5</b>	2. mesto	2. mesto	2. mesto	2. mesto	2. mesto	<b>10</b>	-/ 559€
<b>Huawei P10 Plus</b>	5. mesto	5. mesto	3. mesto	5. mesto	3. mesto	<b>21</b>	329 kosov/ 769€
<b>HTC U11</b>	4. mesto	4. mesto	5. mesto	3. mesto	4. mesto	<b>20</b>	103 kosov/ 770€

Tabela 5.1: Prikaz razvrstitve telefonov glede na analizo rezultatov testiranje

Rezultati v tabeli kažejo na to, da so stranke pripravljene plačati več, če telefon ponuja dovolj funkcionalnosti, tudi če uporabniška izkušnja ni tako dobra, kot pri drugih telefonih. Predvsem to velja za Samsung Galaxy S8+. Uporabniška izkušnja ni tako dobra kot pri HTC U11 ali iPhone 8 Plus, a je več ljudi kupilo ta telefon v prvih treh mesecih od prihoda na trg kot oba omenjena skupaj (prikazano na sliki 5.1). Tu se vidi, da je poleg uporabniške izkušnje zelo pomembno tudi oglaševanje ter akcije, ki jih proizvajalci ponujajo. Vse to pomeni, da je za večino kupcev najbolj pomemben dejavnik pri izbiri telefona razmerje med kvaliteto in ceno. Na papirju in v testih je sicer kar nekaj razlik med Samsungom in iPhonom, ki glede na teste izgledajo kar velike, a v praksi povprečnemu uporabniku mogoče niso tako očitne kot kažejo testako imenovanem Ker se te razlike v hitrosti CPE in uporabniški izkušnji običajno povprečnemu uporabniku ne zdijo tako velike in Samsung pripravlja več akcij z večjimi popusti, kupci naredijo kompromis in kupijo približno enako dober telefon, za kakih 100€ manj, ki je sicer boljši po drugih značilnostih (v tem primeru sta to kamera in kapaciteta baterije).



Slika 5.1: Delež prodanih kosov telefonov in prikaz vrstnega reda telefonov po analizi testov

Vsi telefoni, omenjeni v diplomski nalogi, so telefoni višjega ranga, kar pomeni, da ponujajo veliko, a tudi za dokaj visoko ceno. Tako bi razloge za slabšo prodajo HTC in Huawei lahko našli predvsem v tem, ker podjetji nista tako priznani kot Samsung in Apple in tudi ker U11 in P10 Plus, čeprav najboljša telefona v času testiranja, ne ponujata nekaj novega oziroma sta res dobra le v eni lastnosti, medtem ko pri drugih ostajata za kakšen korak zadaj. Za zahtevne kupce to ni dovolj in raje izberejo Samsung ali Apple, povprečni uporabniki pa raje izbirajo telefone

srednjega ranga, ki so cenejši. OnePlus je še najcenejši od vseh telefonov, a se ga da naročiti le preko spleta in preko redkih operaterjev po svetu. Od vseh testiranih telefonov je bilo izdelanih tudi najmanj kosov, saj je že proti koncu 2017 izšel OnePlus 5T. Kot že omenjeno, je bil sicer njihov najhitreje prodajan telefon do tistega trenutka, a točnih številka na žalost ni na voljo. Gotovo je bilo prodanih veliko modelov, saj je prihod telefona na trg povzročil veliko navdušenje, kar je tudi razlog, da sem ga želel vključiti v testiranje in se sam prepričati, kako dober je zares.

Za zaključek lahko ugotovimo, da je glavna želja uporabnikov predvsem dobro razmerje med ceno in zmogljivostjo telefona, vsaj za večino uporabnikov, ki pa spadajo v skupino zmernih oziroma nezahtevnih uporabnikov. Ti uporabniki so pripravljeni skleniti kompromis, ter za nižjo ceno vzamejo telefon, kjer je kakšna komponenta manj zmogljiva, da bodo v zameno v telefonu dobili na primer boljšo kamero ali več notranjega pomnilnika (najbolj pogosta primera). Če pogledamo skupino zahtevnih uporabnikov, lahko iz izkušenj rečem, da taki testi, kot so bili opravljeni v tem diplomskem delu, dejansko zelo vplivajo na izbiro telefona, saj pokažejo kakovost posameznih komponent. Na žalost se teh razlik v prodajnih številkah ne vidi, a zahtevni uporabniki so pripravljeni plačati več, da dobijo telefon, kjer so vse komponente zanesljive in zato praviloma raje vzamejo glavne telefone priznanih firm kot sta Samsung in Apple. Zato si upam trditi, da je to glavni vzrok, da so pri mobilnih telefonih teh dveh podjetij prodajne številke toliko večje, kot pri ostalih proizvajalcih.

## **Poglavje 6      Sklepne ugotovitve**

To diplomsko delo je lahko zelo poučno za ljudi, ki se ukvarjajo s telekomunikacijami, in predvsem s pametnimi mobilnimi telefoni, saj opisuje kratko zgodovino razvoja celotnega področja, opisuje pa tudi sestavo mobilnih telefonov in delovanje posameznih komponent. Na pomembnejših komponentah so bili nato izvedeni še testi z »benchmark« aplikacijami, ki so vrnille objektivne rezultate v posameznih kategorijah, kot so zmogljivost CPE, GPE in RAMa, ter odzivnost sistema in kvaliteta uporabniške izkušnje. Zanimivo pa je bilo tudi pogledati, koliko rezultati takih testov dejansko vplivajo na prodajo mobilnih telefonov kupcem v podjetju A1 Slovenija. Ugotovljeno je bilo, da taki testi vplivajo na prodajo pri zahtevnejših uporabnikih, medtem ko pri povprečnih uporabnikih, ki jim je bolj pomembno razmerje med ceno in zmogljivostmi telefona, po mojih izkušnjah nimajo tako velikega vpliva, a vseeno lahko prepričajo uporabnike, ki so ob nakupu telefona še neodločeni.

Diplomsko delo bi lahko izboljšal tako, da bi našel še boljše testne aplikacije, ki testirajo še kakšno dodatno komponento. Žal mi je, da mi ni uspelo dobiti profesionalne aplikacije Basemark, ki bi bolj podrobno prikazala rezultate testov, kar bi pomenilo boljšo in še bolj poglobljeno analizo. Za konec lahko povem, da za to področje obstaja malo strokovne literature, pa še ta je zaradi hitrega razvoja pametnih mobilnih telefonov hitro zastarela. Večina informacij o mobilnih telefonih je objavljena le na internetu. Tako je bilo treba preiskati veliko virov (predvsem internetnih), da so bile določene informacije potrjene in pripravljene za uporabo v tem diplomskem delu, saj je področje testiranja mobilnih telefonov še dokaj neraziskano in novo, a se mi je ravno zato zdelo zanimivo in primerno za obravnavo v tem diplomskem delu.



## Literatura

- [1] S.K. Das, *Mobile handset design*, John Wiley & Sons Ltd., 2010 [Online]. Dosegljivo: <http://freepdf-books.com/mobile-handset-design-book/> (zadnji obisk 23. 2. 2018).
- [2] S.K. Das, *Mobile Terminal Receiver Design: LTE and LTE-Advanced*, John Wiley & Sons Ltd., 2016, str. 174–219.
- [3] D. Kodek, *Arhitektura in organizacija računalniških sistemov*, Bi-Tim, 2008, str. 152–153, 210–211.
- [4] I. Škraba, *Vhodno-izhodne naprave: Flash pomnilniki* [Online]. Dosegljivo: [https://ucilnica1617.fri.uni-lj.si/pluginfile.php/54631/mod\\_resource/content/2/VIN-8%20SSD.pdf](https://ucilnica1617.fri.uni-lj.si/pluginfile.php/54631/mod_resource/content/2/VIN-8%20SSD.pdf) (zadnji obisk 25. 2. 2018).
- [5] *Wireless phone cases dismissed*. California Digital Newspaper Collection [Online]. Dosegljivo: <https://cdnc.ucr.edu/cgi-bin/cdnc?a=d&d=SFC19080707.2.68> (zadnji obisk 5. 12. 2017).
- [6] The evolution of mobile phone technology [Online]. Dosegljivo: <http://www.magoda.com/technology/the-evolution-of-mobile-phone-technology/> (zadnji obisk 5. 12. 2017).
- [7] *1946: First Mobile Telephone Call*. AT&T [Online]. Dosegljivo: <https://web.archive.org/web/20160101113948/http://www.corp.att.com/attlabs/reputation/timeline/46mobile.html> (zadnji obisk 5. 12. 2017).
- [8] Martin Cooper: The inventor of the cell phone [Online]. Dosegljivo: [https://web.archive.org/web/20160124141532/http://www.cellular.co.za/cellphone\\_inventor.htm](https://web.archive.org/web/20160124141532/http://www.cellular.co.za/cellphone_inventor.htm) (zadnji obisk 5. 12. 2017).
- [9] *The first mass-produced GSM phone*. The Register [Online]: Dosegljivo: [https://www.theregister.co.uk/2007/11/09/ft\\_nokia\\_1011/](https://www.theregister.co.uk/2007/11/09/ft_nokia_1011/) (zadnji obisk 7. 12. 2017).

- [10] Nokia 3310 [Online]. Dosegljivo:  
[http://www.mobilephonehistory.co.uk/nokia/nokia\\_3310.php](http://www.mobilephonehistory.co.uk/nokia/nokia_3310.php) (zadnji obisk 7. 12. 2017).
- [11] GSM Mobile Phone [Online], Dosegljivo:  
<http://www.rfwireless-world.com/Articles/gsm-mobile-phone-basics.html> (zadnji obisk 8. 12. 2017).
- [12] RISC architecture [Online]. Dosegljivo:  
<https://cs.stanford.edu/people/eroberts/courses/soco/projects/risc/riscisc/> (zadnji obisk 15. 1. 2018).
- [13] Qualcomm Snapdragon 835 mobile platform [Online]. Dosegljivo:  
<https://www.qualcomm.com/documents/snapdragon-835-mobile-platform-product-brief> (zadnji obisk 25. 2. 2018)
- [14] Why does the iPhone need less RAM than Android devices [Online]. Dosegljivo:  
<https://www.techworm.net/2017/05/iphone-lesser-ram-android-phones.html> (zadnji obisk 15. 2. 2018).
- [15] *Camera Module*. Samsung [Online]. Dosegljivo:  
<http://www.samsungsem.com/global/product/module/camera-module/index.jsp>  
(zadnji obisk 1. 2. 2018).
- [16] Lens actuators for Camera Modules [Online]. Dosegljivo:  
[http://www.global.tdk.com/ceatec\\_2013/pdf/CEATEC2013\\_18\\_en.pdf](http://www.global.tdk.com/ceatec_2013/pdf/CEATEC2013_18_en.pdf) (zadnji obisk 25. 2. 2018).
- [17] A. Walton. *Does a Larger mAh Number on Your Cell Phone Battery Mean a Better Battery* [Online]. Dosegljivo: <https://sciencing.com/larger-mah-number-cell-phone-battery-mean-better-battery-15015.html> (zadnji obisk 20. 1. 2018).
- [18] E. R. Iglesias, P. Venet, S. Pelissier, *Measuring Reversible and Irreversible Capacity Losses on Lithium-ion Batteries* [Online]. Dosegljivo: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01393614/document> (zadnji obisk 20. 1. 2018).
- [19] How wireless charging works [Online]. Dosegljivo:  
<https://powerbyproxi.com/wireless-charging/> (zadnji obisk 21. 1. 2018).

- [20] S. Kolokowsky, *Touchscreens 101: Understanding Touch screen Technology and Design*. Cypress [Online]. Dosegljivo: <http://www.cypress.com/file/95156/download> (zadnji obisk 25. 2. 2018).
- [21] Smartphone OS Market Share, 2017 Q1 [Online]. Dosegljivo: <https://www.idc.com/promo/smartphone-market-share/os> (zadnji obisk 22. 1. 2018).
- [22] N. Alsmadi, K. Saif, *Mobile Phone Antenna Design* [Online]. Dosegljivo: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:840332/FULLTEXT02.pdf> (zadnji obisk 1. 2. 2018).
- [23] Highest and Lowest Radiation Cell Phones [Online]. Dosegljivo: <https://cellphones.procon.org/view.resource.php?resourceID=003054> (zadnji obisk 1. 2. 2018).
- [24] Specific Absorption Rate (SAR) For Cell Phones: What It Means For You [Online]. Dosegljivo: <https://www.fcc.gov/consumers/guides/specific-absorption-rate-sar-cell-phones-what-it-means-you> (zadnji obisk 1. 2. 2018).
- [25] *Understanding SIM evolution*. GSMA Intelligence [Online]. Dosegljivo: <https://www.gsmainelligence.com/research/?file=81d866ecda8b80aa4642e06b877ec265&download> (zadnji obisk 1. 2. 2018).
- [26] GSMArena [Online]. Dosegljivo: <https://www.gsmarena.com/> (zadnji obisk 4. 2. 2018).
- [27] A1 Slovenija [Online]. Dosegljivo: <https://www.a1.si/> (zadnji obisk 4. 2. 2018).
- [28] AnTuTu Benchmark [Online]. Dosegljivo: <http://www.antutu.com/en/index.htm> (zadnji obisk 3. 2. 2018).
- [29] What Does AnTuTu Benchmark Actually Measure [Online]. Dosegljivo: <https://www.makeuseof.com/tag/antutu-benchmark-measure/> (zadnji obisk 3. 2. 2018).
- [30] Basemark OS II [Online]. Dosegljivo: <https://www.basemark.com/products/basemark-os-ii> (zadnji obisk 3. 2. 2018).
- [31] GeekBench 4 CPU Workloads [Online]. Dosegljivo: <https://www.geekbench.com/doc/geekbench4-cpu-workloads.pdf> (zadnji obisk 3. 2. 2018).

- [32] Best Performance Smartphones of 2016 [Online]. Dosegljivo:  
<http://www.antutu.com/en/doc/107650.htm> (zadnji obisk 4. 2. 2018).
- [33] AnTuTu Performance Ranking [Online]. Dosegljivo:  
<https://web.archive.org/web/20170120223842/http://www.antutu.com/en/ranking/rank1.htm> (zadnji obisk 4. 2. 2018).
- [34] Geekbench: iOS Benchmarks [Online]. Dosegljivo:  
<https://web.archive.org/web/20170122223702/https://browser.geekbench.com/ios-benchmarks> (zadnji obisk 15. 2. 2018).
- [35] Digital Displays Explained [Online]. Dosegljivo:  
<https://www.pcworld.com/article/251988/tablets/digital-displays-explained.html?page=4> (zadnji obisk 26. 2. 2018).
- [36] OnePlus 5 is the company's fastest-selling smartphone [Online]. Dosegljivo:  
<https://www.androidauthority.com/oneplus-5-fastest-selling-smartphone-781579/>  
(zadnji obisk 15. 3. 2018).