

# Usporedba i konverzija analognih videozapisa u digitalne videozapise

---

**Kalaica, Ana**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:304178>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-12**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

**Završni rad br. 696/MM/2020**

**Usporedba i konverzija  
analognih videozapisa u digitalne videozapise**

**Ana Kalaica, 1627/336**

Varaždin, rujan 2020. godine





# Sveučilište Sjever

**Stručni studij multimedije, oblikovanja i primjene**

**Završni rad br. 696/MM/2020**

## **Usporedba i konverzija analognih videozapisa u digitalne videozapise**

**Student**

Ana Kalaica, 1627/336

**Mentor**

mr. sc. Dragan Matković, dipl.ing.,  
viši predavač

Varaždin, rujan 2020. godine



# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

|                             |  |              |  |
|-----------------------------|--|--------------|--|
| ODJEL                       | Odjel za multimediju   |              |  |
| STUDIJ                      | preddiplomski stručni studij Multimedija, oblikovanje i primjena     |              |  |
| PRISTUPNIK                  | Ana Kalaica  | MATIČNI BROJ | 1627/336   |
| DATUM                       | 15.09.2020.  | KOLEGIJ      | Uvod u digitalnu videotehnologiju u elektroničkim mediji |
| HASLOV RADA                 | Usporedba i konverzija analognih videozapisa u digitalne videozapise |              |  |
| NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU | Comparison and conversion of analog videos to digital videos         |              |  |

|                      |  |  |               |
|----------------------|--|--|---------------|
| MENTOR               | mr. sc. Dragan Matković, dipl.ing.     | ZVANJE   | Viši predavač |
| ČLANOVI POVJERENSTVA | doc.dr.sc. Domagoj Frank - predsjednik |  |               |
|                      | 1.                                     | doc.dr.sc. Andrija Bernik - član                         |               |
|                      | 2.                                     | mr. sc. Dragan Matković, v.pred. - mentor                |               |
|                      | 3.                                     | mr.sc. Stanisavljević Vladimir, v.pred. - zamjenski član |               |
|                      | 4.                                     |  |               |
|                      | 5.                                     |  |               |

## Zadatak završnog rada

BROJ 696/MM/2020

### OPIS

S pojavom digitalizacije drastično se promijenio način snimanja, pohranjivanja, emitiranja i prijenosa videosignala. Osjetljivost analognih medija za pohranu i gubitak kvalitete tokom kopiranja stvara potrebu za jednostavnom i jeftinom potrošačkom metodom za konverziju osobnih analognih videozapisa u svrhu digitalnog očuvanja videozapisa. U radu je potrebno detaljno opisati postupak konverzije analognog u digitalni videozapis pomoću Gembird USB videograbber-a i OBS-a (Open Broadcaster Software). Zatim, usporediti dobiveni digitalni videozapis s izvornim analognim, kako bi se s analizom parametara ustanovila kvaliteta i isplativost ove metode konverzije.

U radu je potrebno:

1. Dati pregled osnovnih pojmova, opisati povijesni razvoj, principe rada i karakteristike analognih videozapisa
2. Dati pregled osnovnih pojmova, opisati povijesni razvoj, principe rada i karakteristike digitalnih videozapisa
3. Ukratko objasniti povijesni razvoj i vrste medija za pohranu videozapisa
4. Opisati pojam konverzije, navesti i usporediti neke od potrošačkih metoda konverzije te odrediti prednosti i probleme konverzije
5. Objasniti postupak konverzije kroz praktičan primjer te usporediti glavne parametre izvornog analognog videozapisa i dobivenog digitalnog videozapisa

ZADATAK URUČEN

17.09.2020.



*Adriana D.*



## **Predgovor**

Već neko vrijeme živimo u doba koje nazivamo *digitalna era*.

Ne toliko davno, ovisili smo u potpunosti o analognoj tehnologiji. Vrijeme prolazi, a tehnologija još brže. Nažalost, analogni mediji za pohranu nemaju dug vijek trajanja.

Stoga, iz vlastite želje za čuvanjem i ponovnim otkrivanjem obiteljskih uspomena, odlučila sam posvetiti ovaj završni rad konverziji analognih videozapisa u digitalni oblik.

Prije svega, zahvaljujem se mom mentoru mr.sc. Draganu Matkoviću na pruženoj pomoći i savjetima tijekom izrade ovog rada.

Od srca se zahvaljujem svojim roditeljima i cijeloj obitelji koja mi je pružila podršku i razumijevanje tijekom studiranja.



## **Sažetak**

S pojavom digitalizacije drastično se promijenio način na koji se snimaju, pohranjuju, emitiraju i prenose videozapisi. Osjetljivost analognih medija za pohranu i gubitak kvalitete tokom kopiranja stvara potrebu za jednostavnom i jeftinom potrošačkom metodom za konverziju osobnih analognih videozapisa u svrhu digitalnog očuvanja videozapisa.

Na početku rada opisan je povijesni razvoj analognih i digitalnih videoformata. Uz to, obrađene su glavne karakteristike i mediji za pohranu. U radu je također detaljno opisan potrošački postupak konverzije analognog u digitalni videozapis pomoću Gembird USB videograbber-a i OBS-a (Open Broadcaster Software). Zatim se uspoređuje dobiveni digitalni videozapis s izvornim analognim, kako bi se s analizom osnovnih parametara ustanovila kvaliteta i isplativost ove metode konverzije.

**Ključne riječi:** konverzija, analogni videozapis, digitalni videozapis, parametri, formati, mediji za pohranu

## **Summary**

With the appearance of digitalization, the way videos are recorded, stored, and transmitted has changed drastically. The sensitivity of analog storage media and the loss of quality during copying creates the need for a simple and inexpensive consumer method for converting personal analog videos in order to digitally preserve videos.

At the beginning of the paper, the historical development of analog and digital video formats is described. Also, the main characteristics and storage media are covered. The paper also describes in detail the consumer process of converting analog to digital video using Gembird USB videgrabber and OBS (Open Broadcaster Software). The obtained digital video is then compared with the original analog, to establish the quality and cost-effectiveness of this conversion method by analyzing the basic parameters.

**Keywords:** conversion, analog video, digital video, parameters, formats, storage media

## Popis korištenih kratica i oznaka

|                |  |
|----------------|--|
| <b>VCR</b>     | Videocassette recorder - videorekorder   |
| <b>CVBS</b>    | Composite video – kompozitni video   |
| <b>NTSC</b>    | National Television Standards Committee –<br>Nacionalni odbor za televizijske sustave                                |
| <b>PAL</b>     | Phase Alternation Line – linijsko zakretanje faze  |
| <b>SECAM</b>   | Séquentiel couleur à mémoire (engl. Sequential colour with memory) –<br>linijsko memoriranje krominantnih komponenti |
| <b>FPS</b>     | Frame rate – broj slika u sekundi  |
| <b>RTV</b>     | Radio television - radiotelevizija   |
| <b>SMPTE</b>   | Society of Motion Picture and Television Engineers -<br>Društvo filmskih i televizijskih inženjera                   |
| <b>VBI</b>     | Vertical blanking interval – vertikalni potisni interval   |
| <b>SD</b>      | Standard Definition – standardna kvaliteta   |
| <b>HD</b>      | High Definition – visoka kvaliteta   |
| <b>PIXEL</b>   | Picture element – piksel, element slike  |
| <b>CCD</b>     | Charge-coupled device – poluvodički sklop u slikovnom senzoru  |
| <b>CMOS</b>    | Complementary Metal Oxide Semiconductor – poluvodička tehnologija<br>slikovnog senzora                               |
| <b>CODEC</b>   | Coder-decoder – koder i dekodeer u jednom uređaju  |
| <b>PCM</b>     | Pulse-code modulation – impulsno kodna modulacija  |
| <b>ECC</b>     | Error-correction circuitry – sklopovi za korekciju pogrešaka   |
| <b>DVC/DV</b>  | Digital video cassette/Digital video – digitalne videokasete   |
| <b>ATSC</b>    | Advanced Television Systems Committee -<br>Komitet za napredne televizijske sustave                                  |
| <b>DVB-T</b>   | Digital Video Broadcasting-Terrestrial – standard digitalne zemaljske televizije                                     |
| <b>CBR</b>     | Constant bitrate – konstantna brzina prijenosa podataka  |
| <b>VBR</b>     | Variable bitrate – promjenljiva brzina prijenosa podataka  |
| <b>HDR</b>     | High-dynamic-range – veliki dinamički raspon   |
| <b>BPP</b>     | Bits per pixel – broj bitova po pikselu  |
| <b>CD</b>      | Compact disc – kompaktni disk  |
| <b>DVD</b>     | Digital versatile disc – digitalni višenamjenski disk  |
| <b>LSB</b>     | Least significant bit – bit najmanjeg značaja  |
| <b>Rec 601</b> | ITU-R BT.601 – međunarodna norma za SD studijski digitalni videosignal   |

# Sadržaj

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1.   | Uvod .....   | 1  |
| 2.   | Analogni videozapisi .....                             | 3  |
| 2.1. | Razvoj formata za snimanje analognih videozapisa.....  | 4  |
| 2.2. | Parametri analognih videozapisa.....                   | 9  |
| 3.   | Digitalni videozapisi.....                             | 11 |
| 3.1. | Razvoj formata za snimanje digitalnih videozapisa..... | 12 |
| 3.2. | Parametri digitalnih videozapisa .....                 | 15 |
| 4.   | Mediji za pohranu videozapisa .....                    | 19 |
| 5.   | Konverzija analognih u digitalne videozapise.....      | 22 |
| 5.1. | Problemi konverzije .....                              | 24 |
| 5.2. | Prednosti konverzije .....                             | 26 |
| 6.   | Primjer konverzije .....                               | 27 |
| 7.   | Zaključak .....  | 33 |
| 8.   | Literatura .....                                       | 35 |
|      | Popis slika.....                                       | 39 |

# 1. Uvod

Od kad ljudi postoje, na razne načine bilježe značajne trenutke svoga života. Prvi oblik bilježenja događaja koji je poznat ljudima su pećinske slike. Ova tehnika bilježenja potječe čak 32 tisuće godina u prošlost. S razvojem čovječanstva razvijale su se i metode bilježenja određenih trenutaka. Dugo vremena jedini način bilježenja je bilo slikanje i crtanje sve dok 1826. godine Joseph Nicéphore Niépce nije uspio stvoriti prvu fotografiju „Pogled s prozora na Le Gras“. Ova fotografije snimljena je uz pomoć *camere obscurae* na kositrenu ploču presvučenu bitumenom. Nakon prve fotografije sljedeći korak bio je napraviti prvi film. Eadward Muybridge bio je prvi čovjek koji je uspio u tom pothvatu. Kako bi stvorio prvi „film“, 1878. godine Muybridge je spojio 24 fotografije konja koje su bile stavljene u sekvencu, pa su stvarale iluziju konja u galopu. Nedugo nakon prvog uspješnog simuliranja pokreta pomoću izmjenjivanja fotografija izašao je „Roundhay Garden Scene“. Autor ovog filma u trajanju od 11,2 sekunde, bio je francuski izumitelj Louis Le Prince. Kako bi snimio ovaj film Le Prince koristio je kameru s jednom lećom i komadić filma, koji je u to vrijeme bio od papira. Sve do početka 20. stoljeća filmovi su bili ograničeni na duljinu kraću od jedne minute. No, 1906. godine sve se promijenilo s izlaskom prvog dugometražnog filma „The Story of the Kelly Gang“. Ubrzo nakon ljudi su počeli eksperimentirati s filmom u boji. Prvi pokušaji potječu sve do 1902. godine, no prvi komercijalizirani način dobivanja boje u filmu bio je *technicolor* koji je korišten tokom dvadesetih godina prošlog stoljeća. Kako je film postajao sve popularniji i popularniji ljudi su eksperimentirali s prvim oblicima televizora. John Logie Baird je 1925. godine demonstrirao svoj „televizor“. Pedesetih godina prošlog stoljeća televizori su počeli biti sve češći u kućanstvima, te je u tom desetljeću izumljena i prva videovrpca od strane američke tvrtke Ampex. Zbog sve veće popularnosti videa velike tvrtke razvijaju kamere za kućnu uporabu. Sony prvi predstavlja videokameru za potrošačko tržište pod imenom Handycam. Nakon toga tržište potrošačkih videokamera ne prestaje rasti sve do danas.

U ovome radu obrađuje se tema analognih i digitalnih videozapisa, te konverzije analognih u digitalne videozapise. Kako bi se dobro upoznali s pojmovima analognog i digitalnog videozapisa objašnjava se od čega se sastoje, koje vrste postoje i koja im je uporaba. Povijest analognih i digitalnih formata videozapisa obrađena je pomno kako bi se istakli oni značajni i kako bi se dao naglasak na sam razvoj videozapisa. Da bi bolje razumjeli ograničenja pojedinih formata videozapisa u radu se govori o razvoju i vrstama medija za pohranu analognih i digitalnih videozapisa. Pošto je većina tehnologije danas digitalnog oblika a analogna propada tokom vremena, ovaj rad objašnjava što je konverzija i zašto se koristi. Praktičan primjer rada

daje poseban naglasak na potrošačku metodu konverzije analognih videozapisa u digitalne videozapise kako bi se potaklo očuvanje i digitalizacija analognih videomaterijala. Primjer konverzije u ovom radu namijenjen je za dobivanje digitalnog videozapisa za lako dijeljenje preko Google Drive-a, One Cloud-a, društvenih mreža i slično. Konverzija se izvodi pomoću jeftine i pristupačne metode koja koristi Gembird USB videograbber te OBS (engl. Open Broadcaster Software) program za snimanje videa.

## 2. Analogni videozapisi

Nekoć smo bili okruženi samo analognim slikama i videozapisima pa bi se moglo reći da smo živjeli u analognom svijetu. Ljudi su proučavali i koristili fotokemijske filmove, videorekordere (VCR – videocassette recorder) i videokamere, a gotovo je svako kućanstvo posjedovalo svoj televizor s analognim prijemnikom. Analogna zemaljska (engl. broadcast) i kabelaška televizija bile su glavni način distribucije analognih videosadržaja. Prebacivanje televizijskih programa, pretraživanje naprijed-natrag (engl. fast-forward search) i usporena reprodukcija na videorekorderu (engl. slow-motion replay) su bile jedine interaktivne karakteristike analognih videa. [1]

„Analogni video je videosustav koji karakterizira analogni (kontinuirani) električki signal, čija amplituda i oblik sadrže informacije o osobinama slike. Kao medij za pohranu koristi se magnetska vrpca. Veliki nedostatak je utjecaj šuma, pogotovo kod kopiranja gdje sa svakim daljnjim kopiranjem razina šuma raste, što sve više kvari informaciju o slici.“ [2]

Pomoću optičke tehnologije, filmovi se također mogu snimati i na laserskim diskovima u obliku analognih signala. Doduše, laserski disk kao potrošački (engl. consumer) videoformat nikada nije uspio nadmašiti magnetsku vrpcu. [3]

Analogni video se sastoji od jednog ili više analognih signala. Analogni videosignal s bojom uključuje luminanciju (Y) i krominanciju (C). U sljedeće navedenim videoformatima audio se nalazi na posebnom priključku. Ako su svi signali u jednom kanalu, tad je riječ o kompozitnom analognom videosignalu (CVBS - composite video). Kompozitni video je prvi analogni videosignal u boji, gdje su tri komponente boja istovremeno prisutne u jednom signalu. Primjeri su NTSC i PAL, koji koriste princip „učešljanja“ frekvencija luminantnog signala (svjetlina) – (luma, Y') i krominantnih signala (signala razlike boja, chroma U i V). S-video (Y/C - separate video) je analogni videosignal koji se sastoji od dva kanala, u kojima su kombinirani YUV videosignali. Luma (Y') se nalazi u jednom kanalu, dok se chroma (U i V) nalazi u drugom kanalu. Komponentni video je analogni videosignal koji prenosi tri analogna signala svaki zasebno bez interferencije te koristi R'G'B' ili Y'P<sub>B</sub>P<sub>R</sub> sustav boja. [4]

U svijetu analogne televizije, postoje tri analogna televizijska (video) sustava koja nisu međusobno kompatibilna: NTSC, PAL i SECAM. Svaki od ovih sustava karakterističan je za dio svijeta iz kojeg je potekao. National Television Standards Committee ili NTSC je prvi standardizirani analogni televizijski (video) sustav koji se koristi u SAD-u, Japanu i mnogim drugim zemljama. NTSC slika se sastoji od 525 linija (redaka) s proredom koje se prikazuju s

29.97 slika u sekundi (FPS – frames per second) koja pripada sustavu od 60 Hz za prijenos i prikaz videoslike. Phase Alternate Line ili PAL je dominantni analogni televizijski (video) sustav koji se koristi u europskim zemljama. PAL slika se sastoji od 625 linija (redaka) koje se prikazuju s 25 slika u sekundi u sustavu od 50 Hz. Sequential Color and Memory ili SECAM je analogni televizijski (video) sustav koji je potekao iz Francuske. Koristi se također u mnogim dijelovima istočne Europe, Rusije i u zemljama Bliskog istoka. Poput PAL-a, SECAM slika se sastoji od 625 linija (redaka) s proredom koje se prikazuju s 25 slika u sekundi. Iako je superiorniji od NTSC-a, kad je PAL u pitanju – to ipak nije slučaj jer SECAM televizijski sustav prenosi informacije o boji sekvencijalno. [5]

Analogni videozapisi postoje gotovo 80 godina, no otkako je u posljednja dva desetljeća većina medija prešla na distribuciju ili pohranu sadržaja u digitalnom obliku, analogija kao tehnologija službeno izumire.

## **2.1. Razvoj formata za snimanje analognih videozapisa**

U počecima televizije, jedini način snimanja televizijskog programa uživo bio je pomoću kineskopa. Kineskop kao pojam je imao više značenja kroz povijest. Izvorno značenje kineskopa je „prva reproduksijska elektronska cijev za pretvorbu pokretne slike iz elektroničkoga u svjetlosni, vidljivi oblik. Konstruirao ga je 1924. Vladimir Kosma Zworykin za prikaz crno-bijele televizijske slike, tj. za obratnu funkciju od ikonoscopa.“ [3]

Krajem 1947., tvrtke Eastman Kodak Company, NBC i DuMont, razvijaju prvu funkcionalnu metodu distribucije snimaka televizijskih programa. Dakle, pojam kineskop se odnosi ujedno i na sam proces snimanja televizijskog programa, filmsku kameru koja fotografira televizijski ekran s katodnom cijevi ili na proizvedeni kineskopski film (16mm ili 35mm fotokemijski film). [4]

Početakom 50-ih godina prošlog stoljeća, uz uspješno populariziranje snimanja audiozapisa na magnetske vrpce, razne američke i engleske tvrtke su krenule s razvojem magnetskih vrpca za snimanje videosignala. Prvi uspješni videorekorder (VTR) predstavljen je 1956. godine od tvrtke Ampex Corporation. Koristio je 2-inčnu magnetsku vrpcu u roli poznatu kao 2“ quadruplex, koji je postao standardni profesionalni format magnetskih vrpca u televizijskom emitiranju sljedeća dva desetljeća. Ovaj je format bio korišten na lokalnim i državnim radiotelevizijama (RTV) te je imao upotrebe i u profesionalnoj kinematografiji. [2]



Prekretnica u metodi snimanja visoko frekvencijskih signala na magnetsku vrpcu 1956. bio je helikoidalno skeniranje (engl. helical scan). Osim što je bio znatno skuplji, Quadruplex format nije imao mogućnost pauziranja jer se signal slike nalazi u segmentima. Helikoidalno skeniranje ubrzo postaje standard u svijetu snimanja i jedan od razloga postojanja kasetna formata.

| <i>Notation</i> | <i>SMPTE type</i> | <i>Method</i>                | <i>Tape width<sup>a</sup></i> | <i>Resolution, TVL/PH (approx.)</i> |
|-----------------|-------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| Type-B          | B                 | Direct color, segmented scan | 1 inch                        | 430                                 |
| Type-C          | C                 | Direct color                 | 1 inch                        | 430                                 |
| U-matic         | E                 | Color-under                  | 3/4 inch                      | 250                                 |
| U-matic SP      |                   | Color-under                  | 3/4 inch                      | 320                                 |
| Betacam         | L                 | Component analog (CTDM)      | 1/2 inch (Beta)               | 320                                 |
| Betacam SP      | L                 | Component analog (CTDM)      | 1/2 inch (Beta, MP)           | 360                                 |
| M-II            | M-2               | Component analog (CTDM)      | 1/2 inch (VHS, MP)            | 400                                 |
| Betamax         |                   | Color-under                  | 1/2 inch (Beta)               | 240                                 |
| VHS, VHS-C      | H                 | Color-under                  | 1/2 inch                      | 240                                 |
| S-VHS           | H                 | Color-under                  | 1/2 inch                      | 400                                 |
| Video-8 (8 mm)  |                   | Color-under                  | 8 mm                          | 280                                 |
| Hi8             |                   | Color-under                  | 8 mm MP/ME                    | 400                                 |

*Slika 2.1. Analogni SDTV videoformati*

Sljedeći proizvod od tvrtke Ampex Corporation predstavljen je 1965. godine pod nazivom type A videovrpca, prva koja je širine od 1“ te je dizajnirana od strane SMPTE-a (engl. Society of Motion Picture and Television Engineers). Doduše, nije se uspjela popularizirati kao *broadcast* (televizijski) standard jer nije odgovarao već postojećim standardima na tržištu.

„Značajan problem type A videovrpce je bio taj što njen sustav nije bilježio VBI (engl. Vertical Blanking Interval), tj. vrijeme između zadnje linije od trenutne poluslike i početne linije sljedeće poluslike. Također, bio je ograničen na 350 linija, dok je NTSC televizijski sustav imao 525, a PAL i SECAM po 625 linija. Kompromitirana kvaliteta type A videovrpce u konačnici dovodi do razvoja type C videovrpce 1976. godine, od strane Ampex-a i Sony-a, koju je odobrio SMPTE.“ [6] Zbog svoje kvalitete i pouzdanosti, 1“ type C videovrpca imala je osigurano mjesto kao profesionalni format u televizijskoj i videoprodukciji čak 20 godina. Slična Type C videovrpca, Type B videovrpca je izašla iste godine te je postala popularna u Europi. No, nije imala mogućnost pauziranja ili usporene snimke.

Nekoliko godina kasnije, 1971. japanska tvrtka Sony predstavlja U-matic, prvi analogni potrošački videoformat.. U-matic kasete koristi 3/4-inčnu magnetnu vrpču s videozapisom koso položenim, dobivenim sa zakošenom osi vrtnje bubnja s videoglavama (helikoidalni zapis). Ovaj potrošački format je bio prvi oblik zatvorene videokasete, do tada sve videovrpce bile su u roli. Prvobitno je bio namijenjen za amatersku uporabu, zato prvi model koji je imao mogućnost snimanja, također je posjedovao i ugrađeni TV prijamnik. Međutim, zbog visoke cijene, umjesto standardnog formata za amatersku uporabu postaje standard za industrijske, obrazovne i demonstracijske svrhe i nastavlja biti u uporabi više od 25 godina. Također U-matic je široko korišten u televizijskoj produkciji, posebno za prikupljanje vijesti na licu mjesta. [7] Sony je 1975. godine predstavio svoj novi analogni potrošački format videovrpce i istoimeni videorekorder 1979. zvan Betamax. U obliku, vrpca od pola inča u kasetama, postao je prvi komercijalno uspješni standard za kućnu uporabu. [8]

Beta vrpce nakon godinu dana dobivaju svog konkurenta – VHS (engl. Video Home System) kojeg je razvio JVC (The Japan Victor Company). Betamax i Sony su imali kompletno drugačije videovrpce i videorekordere te su korisnici morali izabrati samo jedan od njih kako bi postao standard za kućnu uporabu. [9] „Betamax“ je postao izraz za primjer superiornijeg proizvoda koji je naposljetku izgubio tržište protiv inferiornijeg proizvoda. Razlog k tomu je rat poznat kao „Videotape Format War“ iliti rat videoformata, koji je potrajao čak cijelo desetljeće, a jedna od glavnih razlika je bila duljina snimanja filma. Naime, standardna Beta vrpca je imala nešto manju kasetu naspram VHS-a, te samim time maksimalnu dužinu snimanja 1h, dok je standardna VHS vrpca imala duljinu snimanja čak do 2h. Iako je Betamax imao nešto veću horizontalnu rezoluciju (250 protiv 240 linija), kvalitetniji zvuk i stabilniju sliku – njihov videorekorder je bio skuplji od protivnikovog. Također, VHS je zbog boljih aranžmana licenciranja pridobio Hollywood studije za korištenje VHS formata u 1980-ima, pa su videoteke do kraja desetljeća polako gubile interes za Betamax formatom. Sony je napokon priznao poraz 1988. te je krenuo s prodajom VHS formata. S tim, VHS je službeno postao standardni potrošački videoformat u 1990-ima. [10] Zanimljivo, Sony je zaustavio proizvodnju Betamax videovrpca tek u ožujku 2016. godine.

Do 1982. svi videoformati su se sastojali od kompozitnih analognih videosignala – luminancija i krominancija se nalaze u jednom kanalu. Naime, te godine Sony plasira na tržište profesionalni Betacam komponenti videoformat. Za razliku od U-matic videoformata, Betacam snima YUV videosignale svaki zasebno kako bi gubitak kvalitete signala (preslušavanja kanala, odnos signal/šum, frekvencijski opsezi) tokom snimanja ili reprodukcije bili što manji. S odvajanjem kanala postiže se profesionalna kvaliteta s rezolucijom od 300 linija za luminanciju i 120 linija

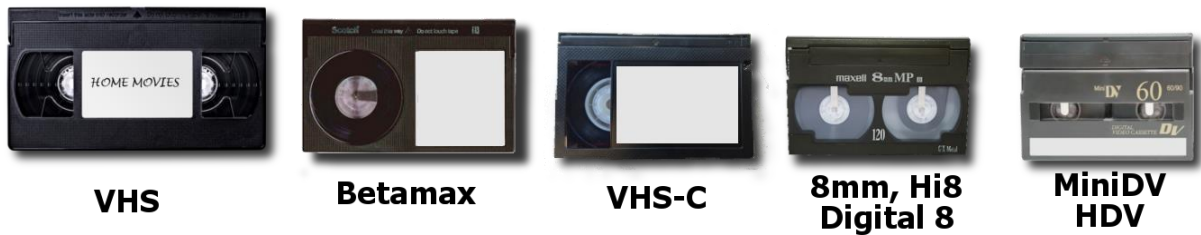
za krominanciju. Vrpce su jednake svojim prethodnicima Betamax, osim činjenice da su poznate kao Betacam Oxide koje dolaze u dvije veličine: Short (S) i Long (L). Jedino profesionalni videorekorderi mogu reproducirati obje veličine, dok je S namijenjen za potrošačke videorekordere. [11]

Eastman Kodak je 1984. razvio potrošački Video8 format koji se popularizirao pomoću plasiranja Sony Handycam-a 1985. godine. Također, Video8 format se snima na prve 8mm „mini“ kasete za videokamere. Horizontalna rezolucija Video8 formata jednaka je onoj od VHS-a (240 linija). Video8 format imao je prednost nad VHS-om i Beta vrpcama, zbog znatno manje veličine kasete što je značilo automatski i manje videokamere. Također, ima i kvalitetniji audiozapis pomoću AFM-a (audio frequency modulation – frekvencijska modulacija). AFM je modulacijski postupak za snimanje tonkog signala na istoj helikoidalnoj putanji na vrpci (engl. helical-tape path) kao i videosignala. Dok je Sony gubio bitku s Betamax formatom protiv VHS-a, Video8 format je bio uspješan. Ubrzo nakon, VHS-C kompaktna kasete je plasirana na tržište kao ozbiljan konkurent. Video8 format je i dalje bio superiorniji radi duljine snimanja od 120 min naspram VHS-C od 40 min, ali Video8 format nije mogao biti reproduciran na VHS videorekorderima. [12]

Razvijen 1986., Betacam SP (Superior Performance) doveo je nova poboljšanja za Betacam profesionalni format - horizontalna rezolucija se povećala na 340 linija zajedno s novom kasetom koja ima u sebi metalnu vrpcu s 90 min snimanja. Betacam SP postao je standardni videoformat za većinu televizijskih postaja do kasnih 1990-ih. Nije bio određen za potrošačke videorekordere jer nisu mogli koristiti Betacam SP „metalne“ vrpce, niti su parametri zapisa bili jednaki. [11]

„MII ('em two') je profesionalni analogni videoformat za snimanje videozapisa koji je Panasonic razvio 1986. godine u konkurenciji s Betacam SP formatom. Tehnički je bio sličan Betacam SP-u s „metalnom“ vrpcom u kaseti i komponentnim analognim videoformatom. Baš kao što je Betacam SP bio poboljšana verzija svog prethodnika Betacam-a s većom kvalitetom videosignala i tonkog signala, tako je i MII bio poboljšani razvoj svog prethodnika, propalog M formata (izvorno izvedenog iz VHS-a). Postojale su dvije veličine MII trake od kojih je veća blizu VHS veličine i ima trajanje do oko 90 min, a upola manja traka traje do oko 20 min. MII je u početku imao uspjeha, ali patio je od manjka marketinga, nedostatka korisničke podrške i odnosa s javnošću Panasonic-a i Matsushita (Panasonic-ove matične tvrtke), i što je najvažnije, nedostatka pouzdanosti zbog spomenutog nedostatka podrške za popravak i servis. To je

rezultiralo da MII nije ni približno tako uspješan kao Betacam SP. U kasnim devedesetim MII prestao se koristiti zbog dolaska digitalnih formata.“ [13]



Slika 2.2. Potrošačke videovrpce

JVC plasira 1987. S-VHS (Super VHS) videoformat koji ima jednake karakteristike poput svog prethodnika (VHS-C) i identičnu kasetu s duljinom snimanja do 40 min. No, rezolucija se povećala s 240 na 400 linija uz kvalitetniju kasetu. S-VHS je također uveo analogni signal S-Video na potrošačko tržište. Doduše, reprodukcija S-VHS kasete je bila moguća samo na S-VHS videorekorderu. [14]

Kao odgovor na S-VHS, 1989. Sony plasira svoj novi analogni videoformat Hi8 s mogućnošću snimanja digitalnog audiozapisa. Poput svog konkurenta, Hi8 je samo naprednija verzija Video8 formata s boljom rezolucijom oko 400 linija. Kvaliteta Hi8 formata je blizu one koje su tad zahtijevali *broadcast* standardi ali prihvatljivije cijene. Hi8 format ima vrpce s premazom od isparenog metala (engl. metal evaporated) koje su zaslužne za veću rezoluciju jer su kvalitetnije od vrpca s premazom od metalnim česticama (engl. metal particle). Vrpca od isparenog metala ima tri puta tanji sloj na magnetskom materijalu te ju to čini osjetljivijom i sklonom oštećenjima. Hi8 format koristio je poboljšanu elektroniku snimača i formulaciju vrpce (s premazom od isparenog metala) kako bi povećao opseg signala luminancije na 2,0 MHz, dok je Video8 imao opseg od 1,2 MHz. Duljina snimanja je bila do 120 min što je znatno veće od S-VHS duljine snimanja (40 min). Sony je 1998. najavio XR (extended resolution), gdje je frekvencijski opseg luminancije povećan za 10% za Video8-XR i Hi8-XR videoformat. Uz to, sva Hi8 oprema može biti snimana i reproducirana u Video8 formatu. Hi8 kasete bile su vrlo popularne za potrošačke videokamere, no zbog svojih prednosti nad konkurencijom, korištene su i u profesionalne svrhe. [15]

## 2.2. Parametri analognih videozapisa

Parametri analognih videozapisa opisuju vrijednosti koje definiraju kakav će videozapis biti. Kad su u pitanju analogni videozapisi, videosustavi (PAL, NTSC i SECAM) određuju većinu sljedećih parametara:

- Omjer stranica
- Rezolucija (raster slike, razlučivost, subjektivna oštrina)
- Broj slika u sekundi
- Metoda prikaza slike – s proredom i progresivni prikaz
- Vrsta videosignala - kompozitni, komponentni i S-Video signal

Omjer stranica (engl. aspect ratio) predstavlja odnos širine i visine slike. To je bezdimenzionalna veličina i piše se kao proporcija, s tim da je uobičajeno da se proporcija skraćivanjem svede na prost razlomak. SD (Standard Definition) video ima 4:3 omjer stranica. [16]

Rezolucija je definirana količinom informacija u svakoj slici videa. Slika analognih videozapisa sačinjena je od linija (engl. scan lines) koje čine raster slike i ujedno s ostalim efektima (*Kell*, *twitter*, *flicker*) određuju njenu rezoluciju (subjektivnu oštrinu). Što je veći broj vertikalnih linija, slika je detaljnija. Broj vertikalnih linija određen je videosustavom kojem videozapis pripada. Svaki od videosustava ima svoj zadan broj vertikalnih linija, za NTSC 480i to je 525 linija od kojih su 480 uvijek aktivne (vidljive) a preostalih 45 linija su iz VBI intervala između poluslika. PAL i SECAM 576i videosustavi imaju po 625 linija od kojih su također 50 linija iz VBI intervala, dok su preostalih 575 linija aktivne (vidljive). Iako je vertikalna rezolucija konstanta koja je predodređena samim videosustavom, horizontalna rezolucija je određena videoformatom i samim mogućnostima uređaja na kojem se reproducira video kao što je propusni opseg uređaja (engl. system bandwidth). [17]

Video je sačinjen od niza nepokretnih slika, nizanjem tih slika stvara se iluzija pokreta. Zbog tromosti oka, ljudsko oko percipira pokret već kod brzine izmjene od 8 slika u sekundi, dok se iluzija glatkog pokreta postiže s minimalno 24 slike u sekundi. Dakle, brzina izmjene slika samog videa je definirana fps-om, tj. brojem slika u sekundi. NTSC videosustav ima po 60 poluslika u sekundi, tj 29.97 fps-a, dok PAL i SECAM videosustavi imaju po 50 poluslika u sekundi, tj. 25 fps-a. [18]

Postoje dva načina prikaza slike u videu, s proredom (engl. interlaced) i progresivni (engl. progressive) prikaz. Metoda prikaza slike s proredom korištena je kod prijenosa slike analognog videozapisa. Zbog nemogućnosti tadašnjih ekrana da prikažu dovoljno brzo cijelu sliku, ova metoda je uvedena kako bi se zadržala svjetlina same slike bez treperenja. Dakle, ovo je način snimanja i prikazivanja videosadržaja kod koga se slika sastoji od dvije poluslike dobivene izdvajanjem posebno parnih i posebno neparnih linija istog kadra. Ekran prvo prikazuje jednu polusliku (samo neparne linije), pa zatim drugu polusliku (samo parne linije).[18]

Analogni videozapisi imaju tri različite vrste videosignala, te tri vrste su: kompozitni video signal, komponentni videosignal i s-video signal. Svaki od ovih vrsta signala razlikuje se po načinu prijenosa videosignala i po priključcima potrebnim za prijenos signala.

Kompozitni videosignal u jedan signal spaja komponentu lume kojoj je pridodan sinkronizirajući impuls s komponentom krome, zbog toga se signal lume filtrira niskopropusnim filterom kako ne bi došlo do miješanja s kromom. Ova vrsta videosignala ima mogućnost prenijeti crno-bijelu sliku i sliku u boji. Većina potrošačke analogne opreme koristi ovu vrstu videosignala. Za prijenos kompozitnog videa potreban je RCA priključak. Ovaj priključak sastoji se od tri posebna „činča“. Kroz žuti priključak prolazi videosignal dok kroz druga dva (uobičajeno crveni i bijeli) prolaze lijevi i desni kanal audiosignala.

Sljedeća vrsta analognih videosignala je S-video. Za razliku od kompozitnog videosignala S-video za kromu i lumu koristi odvojene kanale. Pošto luma i kroma imaju posebne kanale nema potrebe za niskopropusnim filterom, a to omogućava prijenos šireg frekvencijskog opsega lume. S-video za prijenos videosignala koristi jedan priključak s četiri „pina“. Svaki od tih pinova prijenosi jednu vrstu signala, dva služe kao uzemljenje dok druga dva prenose kromu i lumu zasebno.

Komponentni videosignal je zadnji i najkvalitetniji videosignal. Ovaj videosignal se razlikuje od ostalih po tome što informacije o svakoj od tri komponente RGB sustava boja prenosi zasebno. Zbog zasebnog prijenosa signala boja komponentni videosignal zahtjeva širi propusni opseg i dobru sinkronizaciju ta tri zasebna kanala. U komponentnom videu potrebno je dodatno sinkronizirati signale, to se ostvaruje preko odvojenih linija ili su uključeni u VBI intervale jedne ili više komponenta. Za prijenos signala komponenti video zahtjeva RCA priključak sa tri „činča“, od kojih svaki propušta jedan signal boje (R,G,B). [16]

### 3. Digitalni videozapisi

Video je prvotno razvijen kao dio analognog svijeta. Budući da je sustav bio u potpunosti analogan, imao je lakoću i prednost uklapanja u prirodni fizički sustav. Međutim, sa sobom je nosio smetnje i šum. Šum je analogna informacija kao što su to video i audio. Riješiti se smetnji i šuma u analognom videosignalu nije lako, s obzirom da poprimaju isti oblik kao video i audiosignali. Također, komplicirano je manipulirati analognim informacijama u kreativne svrhe. Kako bi uklonili smetnje i koristili video na kreativnije načine, razvijen je proces digitalizacije videosignala. Digitalizacija se odnosi na konverziju analognih informacija u niz brojeva. Kao digitalna informacija, signali su puno otporniji na analogne (električne) smetnje u stvarnom svijetu. Fizički problemi iz stvarnog svijeta nemaju učinka na televizijski signal kada je digitaliziran ali do određene granice. [18]

S napretkom u tehnologiji, videokaseta više se ne koristi za snimanje, montažu i reprodukciju, već je sada primarno medij za arhiviranje. Kraj videokaseta je bio predviđen već 1995. godine, kada se pojavio Avid sustav za nelinearnu montažu videozapisa koji se pohranjuje na tvrde diskove. Videokaseta se ipak intenzivno koristila od strane potrošača sve do 2004. godine, kada su se pojavile potrošačke videokamere zasnovane na DVD-u i kada su računala imala dovoljno velik *hard* disk za pohranu videozapisa. Potrošačke videokamere prešle su s pohrane na vrpce na pohranu bez vrpce – videozapisi se snimaju direktno kao računalne datoteke i pohranjuju na optičke diskove, *hard* diskove i memorijske kartice.

Digital videozapis je način pohrane informacija o seriji pravokutnih nizova piksela slika (engl. pixel) koje predstavljaju svjetlost u 3 podpojasne frekvencije: crvena, zelena i plava, a mijenjaju se najmanje 25 puta u sekundi. Problem je u tom što bi bio potreban ogroman broj bitova za direktnu reprezentaciju digitalnog videozapisa. Kako bi se omogućio učinkovit prijenos videozapisa preko interneta i optičkih diskova, digitalni signal koji predstavlja pokretne slike mora biti komprimiran (engl. video compression/video encoding). [19] Videokompresija je izraz koji se odnosi na proces za smanjenje količine podataka korištenih za kodiranje digitalnog videa pomoću takozvanog kodeka (engl. coder/decoder). „Videokodek je hardver, softver ili oprema za kodiranje/dekodiranje podataka između dva formata (analognog i digitalnog ili digitalnog i digitalnog), koja često koristi kompresiju/dekompresiju signala.“ [20] Kada govorimo o formatima videodatoteka (engl. video file format), zapravo se misli na format videokontejnera (engl. container) i kodeka. Kontejner format opisuje strukturu datoteke te pohranjuje komponente tipa videokodek, audiokodek, meta podatke (titlovi i pregledne slike) po kojem je nazvan nastavak datoteke, na primjer .mp4. Kontejner format je nosač, dok kodek

predstavlja sadržaj. Kontejner format može sadržavati mnogo različitih vrsta kodeka, dok kodek neovisno o kontejner formatu određuje namjenu i kvalitetu videozapisa. [21]

Digitalni podaci putuju kao niz diskretnih impulsa visokog i niskog napona koji reprezentiraju binarne podatke. U digitalnim video kamerama, CCD (charge-coupled device) ili CMOS (complementary metal oxide semiconductor) slikovni senzori daju na svom izlazu analogne signale koji se modulacijskim postupkom pretvaraju u impulse koji predstavljaju „1“ i niskonaponske impulse koji predstavljaju „0“. Modulacijska metoda naziva se impulsno kodna modulacija ili PCM. Ovi impulsi mogu prijeći velike udaljenosti uz minimalno pogoršanja kvalitete signala zbog svoje jednostavnosti i diskretnosti. Kada je potrebno pojačanje signala, impulsi se mogu identično replicirati kroz regeneraciju signala. ECC (error checking and correction) ili provjera i ispravljanje pogrešaka je način umetanja redundantnih informacija prije digitalne pohrane, snimanja ili prijenosa te obrada tih podataka nakon reprodukcije ili prijema, tako da se mogu otkriti pogreške u snimanju ili prijenosu i ispraviti ih. [20] Ako je velik blok podataka oštećen, sklop za ispravljanje pogrešaka će zamijeniti podatke iz prethodnih blokova podataka. U slučaju da se izgube podaci iz jednog ili više kompletnih slika iz videa, na zaslonu će biti zadnja zamrznuta video slika dok sustav čeka na neoštećene podatke.

### **3.1. Razvoj formata za snimanje digitalnih videozapisa**

Prva digitalna profesionalna video vrpca, D-1, predstavljena je na tržištu 1986. godine. To je bila ujedno i prva vrpca koja je omogućila više-generacijsku montažu videa bez gubitka kvalitete. D-1 video ormat snima nekomprimiran Rec.601 standard, koji koristi YCbCr 4:2:2 sustav boja za kodiranje i kroma poduzrokovanje (engl. chroma subsampling). D-1 videoformat je SDTV zapis koji snima na 19 mm vrpca, s brzinom prijenosa podataka od 172Mbit/s (engl. bit rate) i 460 linija horizontalne rezolucije. Zatim se pojavljuje kompozitni digitalni video format, D-2, kojeg je razvio Ampex 1988, kao idealni format za arhiviranje s duljinom snimanja od 180 min te ima 450 linija horizontalne rezolucije. Par godina kasnije, Panasonic prilagođava D-2 tehnologiju na kasetu od pola inča koja je skoro jednaka VHS kaseti – ovo je postao D-3 video format 1991. godine. Inače, zanimljiva je činjenica da ne postoji D-4 format zato što izgovor broja 4 na japanskom zvuči slično kao i riječ „smrt“. Sony 1993. predstavlja tržištu Digital Betacam komponentni YCbCr 4:2:2 videoformat, koji komprimira 480i ili 576i SDTV



do oko 90Mbit/s za snimanje na kasetu od pola inča. Određena Digital Betacam oprema kompatibilna je s Betacam i Betacam SP kasetama. [4]

D-5 je videoformat od Panasonic-a predstavljen 1994. godine kao konkurent Digital Betacam-u, koji snima nekomprimiran 10-bitni Rec.601, 4:2:2 video, s brzinom prijenosa oko 200 Mbit/s na kasete od pola inča. Ovaj video format je prvi parirao kvaliteti D-1 videoformata. D-6 je profesionalni digitalni videoformat koji snima nekomprimirani, 8-bitni, 4:2:2 HDTV s brzinom prijenosa od 1,188 Gb/s.

| <i>Notation</i>       | <i>Method</i>   | <i>Tape width (track pitch)<sup>a</sup></i> | <i>Data rate video/all, Mb/s</i> | <i>Notes</i>                 |
|-----------------------|---|---|----------------------------------|------------------------------|
| D-1                   | Component 4:2:2   | 19 mm (45 μm)                               | 172/225                          | 8-bit video                  |
| D-2                   | Composite 4f <sub>SC</sub> NTSC, PAL                              | 19 mm (35 μm MP)                            | 94/127 (NTSC)                    | 8-bit video                  |
| D-3                   | Composite 4f <sub>SC</sub> NTSC, PAL                              | ½ inch (VHS, 18 μm MP)                      | 94/125 (NTSC)                    | 8-bit video                  |
| D-5                   | Component 4:2:2   | ½ inch (VHS, 18 μm MP)                      | 220/300                          | 10-bit video                 |
| Digital Betacam       | Component compressed, 4:2:2, M-JPEG-like compression              | ½ inch (Beta, 21.7 μm MP)                   | 90/128                           | (Sony)                       |
| Betacam SX            | Component compressed, 4:2:2, MPEG-2 422P@ML (I-B GOP)             | ½ inch (Beta, 32 μm)                        | 18.7/44                          | (Sony)                       |
| DVC                   | Component compressed; 4:1:1 for 480i, 4:2:0 for 576i              | 6.35 mm (10 μm ME)                          | 25/41.85                         | Consumer format, DV25        |
| Digital8              | Component compressed; 4:1:1 for 480i, 4:2:0 for 576i              | 8 mm (16.3 μm ME/MP)                        | 25/41.85                         | Consumer format, DV25 (Sony) |
| DVCAM                 | Component compressed; 4:1:1 for 480i, 4:2:0 for 576i              | 6.35 mm (15 μm ME)                          | 25/41.85                         | DV25 (Sony)                  |
| D-7 (DVCPRO)          | Component compressed; 4:1:1 for 480i, 4:2:0 for 576i <sup>b</sup> | 6.35 mm (18 μm MP)                          | 25/41.85                         | DV25                         |
| DVCPRO50              | Component compressed, 4:2:2                                       | 6.35 mm (18 μm MP)                          | 50/80                            | DV50                         |
| D-9 (Digital-S)       | Component compressed, 4:2:2                                       | ½ inch (VHS, 20 μm MP)                      | 50/80                            | DV50 (JVC)                   |
| D-10 (MPEG IMX)       | Component compressed, MPEG-2 422P@ML (I-frame only)               | ½ inch (Beta, 21.7 μm)                      | 50/105                           | (Sony)                       |
| DVCPRO P (DVCPRO50 P) | Component compressed, 4:2:0                                       | 6.35 mm (18 μm MP)                          | 50/80                            | DV50 (480p)                  |

Slika 3.1. Digitalni SDTV formati (na vrpcu) [4]

Sredinom 1990-ih, skupina proizvođača potrošačke elektronike (Sony, Philips, Thomson, Hitachi, Panasonic) razvija skup standarda za potrošačke uređaje koji koriste digitalne videokasete (DVC – Digital video cassette). DVC je izvorno označavao format videokasete kako bi se razlikovao od DV-a koji je opisivao sustav kompresije. Danas DV videoformat opisuje ujedno i format i sustav kompresije. DV sustav kompresije je razvijen za potrošačko

korištenje s brzinom prijenosa podataka od 25 Mbit/s, s Rec.601 standardom kompresije (DV25) i 500 linija horizontalne rezolucije. Kasnije su prilagođeni do 50 Mbit/s za studio SDTV (DV50) i do 100 Mbit/s za studio HDTV (DV100). MiniDV kasete bile su namijenjene amaterskoj uporabi pri snimanju videa malim ručnim kamerama, ali su postale prihvaćene i u profesionalnim produkcijama. MiniDV kasete koriste se za snimanje baznih DV, DVCAM i HDV. Svaka vrpca sadrži oko 13 GB za jedan sat videozapisa. [22]

Betacam SX, digitalna verzija Betacam-a SP, predstavio ju je Sony 1996. i pozicionirao kao jeftiniju alternativu Digital Betacam-u. Videomaterijal pohranjuje se korištenjem MPEG-2 4:2:2 Profile@ML kompresije.

Digital-S koji je izašao iste godine je predstavljen kao profesionalna nadogradnja VHS-u s DV50 sustavom kompresije. Kad je SMPTE konačno odobrio Digital-S kao standard, naziv se promijenio u D-9. Sa svojih 540 linija horizontalne rezolucije i jeftinijom cijenom, ozbiljan je konkurent Digital Betacam-u.

| <i>Notation</i>  | <i>Method</i>   | <i>Tape</i>               | <i>Datarate, Mb/s</i> | <i>Notes</i> |
|------------------|---|---------------------------|-----------------------|--------------|
| D-6              | Component 4:2:2 HDTV  | 19 mm                     | 1188                  |              |
| D-5 HD (HD-D5)   | Component compressed, 4:2:2 HDTV                                | ½ inch (VHS-derived)      | 270                   | (Panasonic)  |
| D-11 (HDCAM)     | Component compressed, M-JPEG-like, 1440×1080, 3:1:1 HDTV        | ½ inch (Beta-derived, MP) | 135                   | (Sony)       |
| D-12 (DVCPRO HD) | Component compressed, DV100, 1280×1080 (or 960×720), 4:2:2 HDTV | 6.35 mm                   | 100                   | DV100        |

Slika 3.2. Digitalni HDTV video formati (na vrpcu) [4]

Godinu dana nakon, Sony predstavlja profesionalni HDTV digitalni videoformat – HDCAM ili D-11. Dotad nije postojao nijedan drugi HD *broadcast* format koji snima na vrpcu. Snima sliku s proredom ili progresivnom metodom s 1080 redaka (linija) s brzinom prijenosa podataka oko 135 Mbit/s.

Sony razvija 1999. godine potrošački Digital8 videoformat, gdje je adaptiran DV25 sustav kompresije i audio CD kvalitete. Kasete je jednaka Hi8 kaseti, no zato što se bubanj u Digital8 videokameri vrti dvostruko brže od Hi8, vrijeme snimanja od 60 min na Hi8 kaseti je zapravo samo 40 min digitalnog videa. Većina Digital8 videokamera može reproducirati analogne Video8 i Hi8 kasete.

DVCPRO format (kojeg je razvio Panasonic 1995.) i DVCAM format (kojeg je razvio Sony 1996.) oboje koriste identični DV25 sustav kompresije kao i potrošački format DVC. S 530 linija rezolucije i jednakim kasetama, imale su i puno veću brzinu prijenosa na *hard* disk od DVC formata.

Panasonic 1998. godine predstavlja DVCPRO50 videoformat koji ima brzinu prijenosa podataka od 50 Mbit/s. Videokasete srednje veličine nadmašuju male i velike videokasete koje koristi DVCPRO videoformat.

DVCPRO HD ili D-12 videoformat 1080i30 HDTV rezolucije, predstavio je Panasonic 2000. godine. Imao je brzinu prijenosa podataka od 100 Mbit/s (DV100) i konkurent mu je bio HDCAM videoformat od Sony-a. Panasonic je prestao prodavati opremu za videovrpce 2013. godine.

Sony predstavlja SDTV digitalni videoformat MPEG IMX ili D-10 iz obitelji Betacam formata, 2001. godine. Kao što i ime govori, snimao je u MPEG videoformatu.

HDCAM SR od Sony-a, predstavljen je 2003. godine s brzinom prijenosa podataka od čak 440 ili 880 Mbit/s. Sony je 2016. obustavio svu produkciju videorekordera za HDCAM, MPEG IMX i Digital Betacam i Betamax formate. [23]

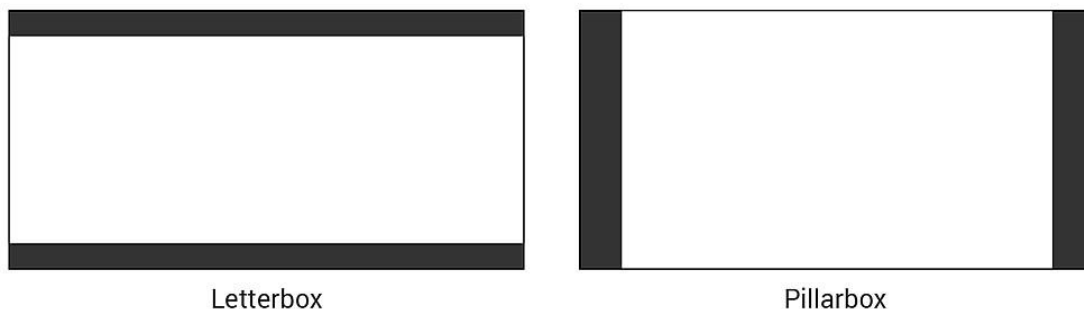
### 3.2. Parametri digitalnih videozapisa

Digitalne videozapise definiraju sljedeći parametri:

- Omjer stranica
- Rezolucija (raster slike, razlučivost, subjektivna oštrina)
- Broj slika u sekundi
- Metoda prikaza slike – s proredom i progresivni prikaz
- Videokodek
- Brzina prijenosa podataka videomaterijala
- Dubina boje (broj bitova po podpiksela, duljina kodne riječi podpiksela)

HD (engl. High Definition) video koristi 16:9 omjer stranica. Kako bi se 4:3 format ispravno prikazao na širokim 16:9 ekranima (engl. widescreen), primjenjuje se metoda postavljanja crnih stupaca s lijeve i desne strane slike koja se zove *pillarbox*. Za prikaz 16:9 formata na

ekranu 4:3 formata, primjenjuje se metoda postavljanja crnih stupaca s donje i gornje strane slike koja se zove *letterbox*.



Slika 3.3. Letterbox i pillarbox

Rezolucija (točnije raster slike) tj. veličina slike u videu izražava se brojem piksela po horizontalnoj i vertikalnoj dužini stranice videoslike, npr. 720x576 ili 1920x1080. Rezolucija je definirana standardom. Trenutno postoje dva široko rasprostranjena standarda prikazivanja videoslike prema rezoluciji: standardna (SD) i visoka (HD). U digitalnom videu i dalje se koriste PAL i NTSC standardi, ali se označavaju kao PAL DV i NTSC DV. S digitalizacijom, pojavili su se novi digitalni *broadcast* standardi koji su zamijenili analogni NTSC i PAL, a to su ATSC i DVB-T/DVB-T2. Neke od glavnih digitalnih videorezolucija prikazane su Tablica 3.1 ispod.

|    | Standard | Rezolucija | FPS                | Metoda prikaza | Omjer stranica |
|----|----------|------------|--------------------|----------------|----------------|
| SD | PAL DV   | 720x576    | 25                 | s proredom     | 4:3            |
|    | NTSC DV  | 720x480    | 29.97              | s proredom     | 4:3            |
| HD | 720p     | 1280x720   | 50, 60             | progresivno    | 16:9           |
|    | 1080p    | 1920x1080  | 25, 30             | progresivno    | 16:9           |
|    | 1080i    | 1920x1080  | 25 (50i), 30 (60i) | s proredom     | 16:9           |

Tablica 3.1

*DV standardi najprije ispisuju parne linije, a SD i HD standardi najprije ispisuju neparne linije.*

Standardni broj slika u sekundi u filmskoj industriji je 24. Prije digitalne ere, analogna televizija je definirala standarde za broj slika u sekundi ovisno o regiji u kojoj se nalazimo, 25 (PAL) ili 29.97 fps-a (NTSC). Ali, potpuni prelazak na digitalnu televiziju između 2007. i 2012. godine je otvorio nove prilike za veći fps u videu. Za razliku od SD standarda, kod HD standarda PAL i NTSC razlikuju se samo u broju slika u sekundi. HD PAL snima se sada u 25 ili 50 fps, dok se HD NTSC snima u 30 ili 60 fps. *Broadcast* televizije sada podržavaju do 60 fps-a, kao i

većina online *streaming* usluga. Kao i s videorezolucijom, broj slika u sekundi utječe na opseg videofrekvencije (pojasnu širinu). Videosadržaj s visokim fps-om ima više podataka za prenesti.

Metoda prikaza slike s proredom se koristila kod prijenosa analogne TV slike kako bi se eliminiralo treperenje svjetline zbog nemogućnosti tadašnjih fosfora ekrana da dovoljno dugo zadrže cijelu sliku. Progresivna metoda način je snimanja i prikazivanja cijele slike jedne za drugom, slično filmskoj metodi. U jednoj sekundi prikazat će se 25 slika u PAL standardu. Slika nastala progresivnom metodom detaljnija je i oštija kod sporo promjenljivih površina u slici.

„Codec je niz računalnih instrukcija kako se zapisuju (enkodiraju) informacije u komprimiranom videu i kasnije kako se dešifriraju (dekodiraju) te informacije prilikom prikazivanja. Naziv je skraćenica od coder-decoder. Coder kodira informacije, „pakira” ih za lakši prijenos ili pohranu, a decoder dekodira („otpakirava”) informacije kako bi mogli prikazati video.“ [24]

Videokodek ima dvije metode videokompresije: bez gubitaka (engl. lossless) i s gubicima (engl. lossy). Kompresije bez gubitaka se koriste na profesionalnim videouređajima i pri montaži. Takve su datoteke vrlo velike i zauzimaju puno prostora za pohranu. Prednost je rad s videom visoke kvalitete. Većina kompresija koje se koriste za kompresiju videa su s gubicima. Takve kompresije odbacuju dio informacija iz videa koje smatraju suvišnima i na taj način postižu manje datoteke.

Video *bitrate* označava broj bitova koji su procesirani u jedinici vremena, tj. *bitrate* je količina podataka prenesenih u sekundi videa. Tokom kodiranja *bitrate* određuje kvalitetu i veličinu završnog videa, što je veći *bitrate* – to je kvalitetnija slika. Postoji konstantan (CBR) i varijabilan (VBR). CBR kroz cijeli videosadržaj ima isti *bitrate* što ograničava kvalitetu slike kada su u pitanju kompleksne scene. VBR to zaobilazi tako da kompleksnim scenama daje veći broj podataka, a jednostavnijim scenama manji broj podataka. [24]



Slika 3.4. Razlika u dubini boje s 8 i 16 bitova

Dubina boje (engl. bits per pixel - bpp) označava broj bitova dodijeljenih svakom pikselu. Podrazumijeva se da svaki piksel sadrži kompletan set komponenti boja (crvena, zelena i plava). Što je veća dubina bita, to je veći broj tonova boje koje mogu biti reprezentirane. Na primjer, dubina boje od 1 bita je monokromatska slika, crna ili bijela, dok 8-bitna slika može generirati 256x256x256 razina u kojima se nalaze nijanse boja. Većina profesionalnih kamera koristi dubinu boja od 24-bitu po pikselu, što se naziva „Truecolor“ i ima više od 16 milijun varijacija razina u koje se mapiraju nijanse boje. Ljudsko oko može prepoznati samo oko 10 milijuna različitih nijansi boja. Potrebno je koristiti visoko bitne dubine boje kako bi se izbjegli *aliasing*, te digitalni artefakti *color banding* i posterizacija. Pojavljuju se kad je u pitanju nisko bitna dubine boje te kod *color banding*-a rezultira tako da su na slici vidljivi prijelazi iz jedne gradacije boje u drugu. Kod posterizacije slika nema velikih gradacija boje pa se stoga stvaraju apstraktni uzorci. Također, visoko bitne dubine boje su potrebne za HDR (engl. high dynamic range) slike te kako bi se održala kvaliteta slike tokom manipuliranja s njom u postprodukciji. [25]

## 4. Mediji za pohranu videozapisa

Podatke pohranjujemo trajno ili privremeno na razne vrste medija za pohranu. U ovom radu fokusira se na medije za pohranu videozapisa. Mediji za pohranu videozapisa razlikuju se po načinu zapisa podataka, kapacitetu, brzini prijenosa podataka te životnom vijeku samog medija. Problem kod pohrane podataka je što niti jedan medij za pohranu neće biti dugovječan i kad tad će biti zamijenjen sa novim.

Magnetska vrpca je jeftin i kompaktan medij za pohranu za očuvanje i reprodukciju podataka. Zbog svojih karakteristika zapisi na magnetskim trakama mogu se reproducirati odmah nakon samog zapisa te se iste vrlo lako brišu, što magnetskoj traci daje mogućnost zapisa novih podataka na to mjesto bez gubitka kvalitete snimke. Magnetska vrpca sačinjena je od uske plastične vrpce premazane tankim slojem čestica metalnog oksida ili od nekog drugog materijala koji se lako magnetizira. Proces zapisivanja videozapisa na magnetsku vrpcu je sljedeći; električni signali prolaze kroz glavu za snimanje dok se vrpca izvlači te tako ostavlja otisak (magnetiziranost magnetskog materijala) na površini vrpce. Kada se zapis na vrpci ponovo reproducira, magnetsko polje otiska se inducira u glavi za reprodukciju kako bi bio jednak onom originalnom snimljenom signalu. Signal se pojačava do granice koja odgovara određenoj normi u izlaznoj opremi. Magnetske vrpce mogu izgubiti zapisane podatke ako počnu gubiti magnetski sloj (magnetiziranost) ili u slučaju da se slojevi trake počnu odvajati. Kod magnetskih vrpca razlikujemo tri osnovna načina zapisivanja podataka. Prva od ovih metoda zapisivanja je poprečno ili okomito (engl. *transverse*) skeniranje. U ovoj metodi uređaj za snimanje ima glave na rotirajućem disku koje su okomito postavljene u odnosu na magnetsku vrpcu, te zapisuju podatke po širini magnetske vrpce. Ovu metodu zapisa koriste prve videovrpce, 2“ *quadroplex* koje je razvila tvrtka Ampex. Sljedeća metoda zapisa je helikoidalno skeniranje (eng. *helical scan*). U ovoj metodi uređaji za snimanje imaju blago nakošenu glavu za zapisivanje montiranu na brzo rotirajući cilindar, pomoću nje se zapisuju podaci na videovrpcu u obliku dijagonalnih staza. Ova metoda je prisutna kod gotovo svih sustava videokaseta. Posljednja metoda zapisa na magnetske video zove se linearni zapis (engl. *linear recording*). U ovoj metodi više magnetskih glava istovremeno zapisuju podatke na paralelne staze uzduž vrpce. Vijugavo linearno zapisivanje je druga varijacija linearnog zapisivanja. Kod vijugavog zapisa nakon što glave prođu cijelu dužinu vrpce, svaka od njih se malo pomakne i kreće zapisivati podatke na stazu u drugome smjeru. [26]

Laserski disk (engl. *Laserdisc*) je medij za pohranu koji je predstavljen potrošačima 1978. godine. Ovaj medij za pohranu pohranjuje video i audio u obliku analognih signala. Laserski

disk koristi frekvencijsku modulaciju analognog signala te je njegova površina prekrivena malim udubinama i poljima. Udubine na disku su mjesta gdje se podaci pohranjuju na laserski disk, dok su polja prostori između udubina. Promjer laserskih diskova je 12 inča te se sastoje od dva zalijepljena jednostrana diska. Iako se i danas može kupiti laserski disk, mnogi smatraju da je ta tehnologija izumrla 2009. godine. [27]

Optički mediji za pohranu koriste laser kako bi zapisali podatke, ovaj proces se zove „prženje“ podataka na disk. Podaci se spremaju na disk u obliku točaka koje se kasnije mogu iščitati pomoću izvora svjetla (najčešće laserska zraka). Kako bi se zapisani podaci, iščitali laser se odbija od površine diska. Kada laser pogodi točku na disku odbija se drukčije i na taj način prepoznaje što je zapisano na njemu.

Kompaktni videodisk ili Video CD je medij za pohranu koji može pohranjivati videosekvence i stereo zvuk visoke kvalitete u do 98 audio/video staza. Video CD pohranjuje digitalne videosekvence pomoću MPEG-1 formata kompresije. Zbog dobre kompresije Video CD može pohraniti između 70 i 80 minuta videa sa zvukom visoke kvalitete. Kvaliteta Video CD-a može se usporediti sa onom VHS videoformata. Super Video CD je poboljšana verzija Video CD-a koja ima znatno bolju kvalitetu od Video CD-a no i dalje ne parira kvaliteti DVD-a. [28]

Digitalni videodisk ili DVD (engl. Digital Video Disc) je medij za pohranu svih vrsta podataka. Za razliku od kompaktnog diska (CD-a), DVD ima znatno veći kapacitet za pohranu podataka i znatno veću kvalitetu videozapisa. Laserom manje valne duljine te zapis na obje strane diska i dodavanje dodatnog sloja za pohranu ostvario se dodatni kapacitet pohrane podataka. Kapacitet DVD-a varira od 4,38 GB (zapis na jednu stranu, jedan sloj) do 15,9 GB (zapis na obje strane, oba sloja). Za distribuciju videozapisa koristi se DVD-Video format koji koristi MPEG-2 kompresiju, ima mogućnost reprodukcije do 30 slika u sekundi i podržava s proredom i progresivni tip videozapisa. [26]

Blu-ray diskovi su treća generacija kompaktnih diskova predstavljeni 2006.godine i format su optičkih diskova za videozapise visoke razlučivosti. Blu-ray diskovi mogu biti jednoslojni i dvoslojni. Iako su diskovi jednakih dimenzija poput onih od DVD-a, jednoslojni Blu-ray diskovi sadrže 25 GB prostora za pohranu, dok dvoslojni imaju 50 GB prostora za pohranu podataka. Plavo ljubičasti laser kojeg koristi Blu-ray disk manje je valne duljine od onog kojeg koristi DVD što mu omogućava veću pohranu podataka. Ime samog diska potječe od plavo ljubičastog lasera kojeg koristi. [29]

Tvrđi disk (engl. Hard Drive, HD) je magnetski medij za pohranu velikih količina podataka, uglavnom trajno ugrađen u računalo. Postoje naravno i prijenosni tvrđi diskovi. Ovaj medij za pohranu pričvršćuje se direktno na kontroler diskova i sadrži jednu ili više kružnih ploča koje



su zbog svoje osjetljivosti na vanjske utjecaje zatvorene unutar hermetičkih kućišta računala. Podaci se upisuju na ploče pomoću magnetske glave, koja se kreće konstantnom brzinom po njima dok se ploče okreću. Pohranjuje podatke operacijskog sustava i softverskih programa, kao i korisničke dokumente poput fotografija, tekstualnih datoteka i videozapisa.

*Flash* memorija (engl. Flash storage) je vrsta medija u kojoj se informacije ne pohranjuju na magnetskim ili optičkim diskovima, već u memorijskim čipovima pomoću *flash* tehnologije. *Flash* memorija je trajna, ali podaci pohranjeni u njoj se mogu izbrisati ili promijeniti. SSD diskovi (engl. Solid state memory) se temelje na elektroničkim sklopovima bez pokretnih dijelova. SSD diskovi se počinju koristiti sve više i više na prijenosnim i desktop računalima umjesto tradicionalnog tvrdog diska. Prednosti SSD-a u odnosu na tvrdi disk su veća brzina čitanja/pisanja, veća pouzdanost i manja potrošnja energije. Neki od medija za pohranu koji također spadaju pod kategoriju *flash* memorija su USB i SD kartice. [30]

Pohrana podataka na oblak (engl. Cloud storage) je revolucionarni koncept koji predstavlja sasvim nov način pristupa i pohrane medija, koji više nisu smješteni na potrošačkim fizičkim uređajima za pohranu – već se nalaze u tzv. oblaku. Podaci koji su preneseni na oblak automatski postaju odgovornost samog pružatelja oblaka, koji *hostira*, osigurava i održava servere. Također, svim podacima u oblaku može se pristupiti s većeg broja uređaja, u bilo kojem vremenskom razdoblju, s bilo koje lokacije. Privatni korisnici mogu besplatno koristiti usluge tipa Microsoft OneDrive, Dropbox, Google Drive, ali postoji granica besplatnog kapaciteta pohrane za svakog korisnika. Stoga, postoji opcija pretplate na mjesečnoj/godišnjoj bazi gdje korisnik ima veliki kapacitet slobodnog prostora za pohranu uz malu novčanu naknadu. *Cloud* pohrana je premašila sve ostale medije za pohranu i arhiviranje, upravo zbog svoje neovisnosti o gubitku podataka na fizičkoj razini zbog npr. degradacije materijala ili kvara. Uz to, velika prednost *cloud*-a je neograničena memorija. Ali, potpuna ovisnost o internetskoj vezi i brzini iste se može kategorizirati kao nedostatak. [31]

## 5. Konverzija analognih u digitalne videozapise

Kako bi napravili digitalni video, analogni sinusni val treba digitalnu reprezentaciju, tj. treba biti kreiran digitalno. Za to je razvijen proces koji mjeri amplitudu sinusnog vala u određenim vremenima te pridodaje numeričku vrijednost svakoj mjeri. Sinusni val se konstanto mijenja, stoga što češće se uzima mjera, točnija će biti digitalna reprodukcija sinusnog vala.

Konverzija analognog signala u digitalni zove se A/D konverzija. Ovaj proces je sastavni dio sustava za obradu, pohranu i prijenos podataka. Za razliku od analognih informacija, digitalne informacije su znatno manje podložne smetnjama, izobličavanju i oštećenju. Proces A/D konverzije izvršava se pomoću analogno-digitalnog pretvornika (A/D pretvornik).

A/D konverzija izvršava se u 3 koraka:

- uzorkovanje (engl. *Sampling*)
- kvantizacija (engl. *Quantization*)
- kodiranje (engl. *Coding*)

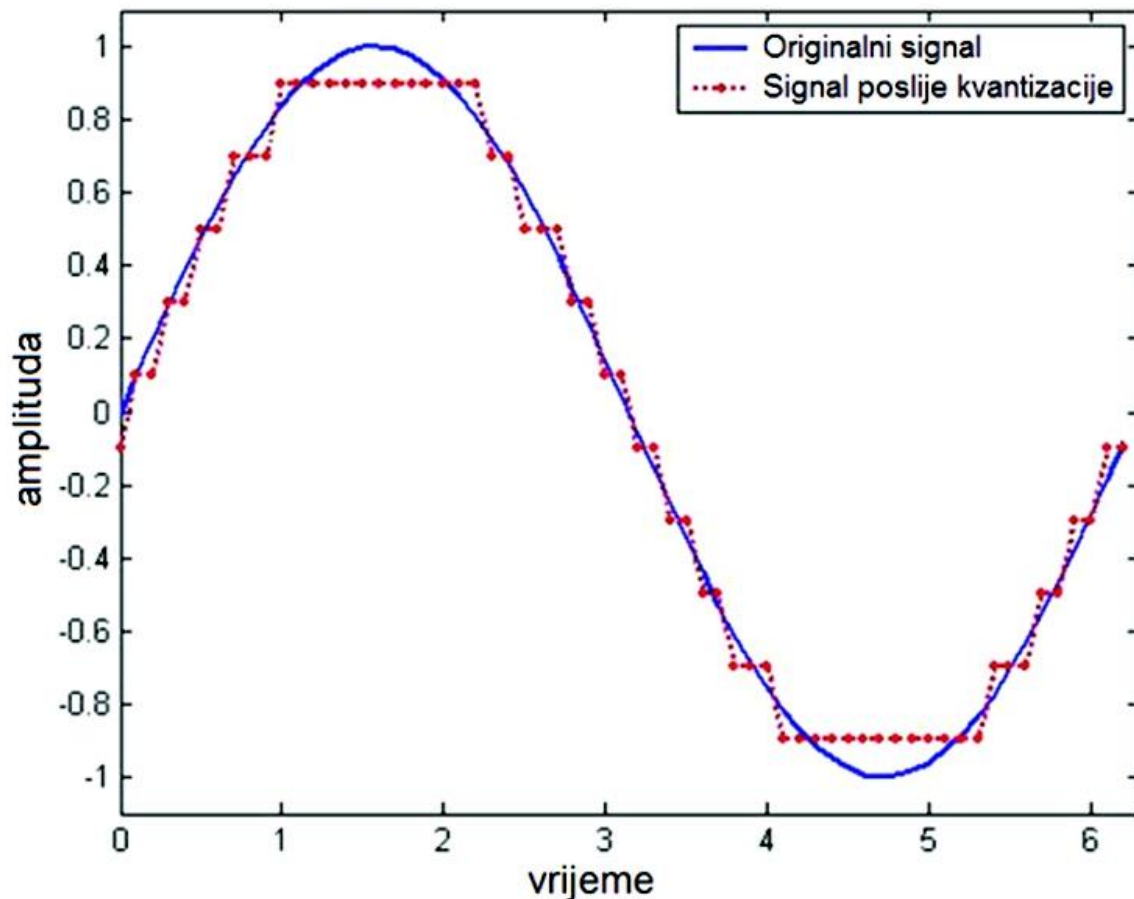
Uzorkovanje je proces uzimanja određenog broja uzroka ravnomjerno razmaknutih po kontinuiranom signalu. Povećana učestalost uzimanja uzoraka doprinosi boljem i detaljnijem prikazu uzrokovanog signala. Kako bi se uspješno uzrokovao analogni signal koji se mijenja tokom vremena uzima se najveći mogući broj uzoraka u određenoj jedinici vremena.

Izobličenje i oštećenje video i audiosignala naziva se *aliasing*, a do njega dolazi ako je frekvencija uzorkovanja nije odgovarajuća. *Anti-aliasing* je tehnika koja se temelji na tehnici filtriranja, a koristi se za rješavanje *aliasing-a*.

Kako bi signal mogao biti korišten u sustavima za obradu, nakon procesa uzorkovanja potrebno je provesti proces kvantizacije. Kvantizacija je proces koji signalu čija amplituda ima raspon kontinuiranih vrijednosti dodjeljuje svakom intervalu amplitude konkretnu brojčanu vrijednost. Na slici (Slika 5.1.) prikazana je razlika između izvornog analognog signala (prikazan plavom bojom) i signala dobivenog procesom kvantizacije (prikazan crvenom bojom), ta razlika između signala naziva se šum kvantizacije. Da bi se smanjio šum kvantizacije mora se povećati broj uzoraka.

Videokodiranje i videokompresija je proces u kojem se smanjuje količina podataka i istovremeno se nastoji zadržati izvorna kvaliteta videa.

Digitalizacija je naziv za cjelokupni proces pretvorbe analognih veličina u digitalne. Nakon što elektronička obrada obavi pojedine informacije, prikazuju se u digitalnom obliku dok se neke moraju vratiti u izvorni analogni oblik. U slučaju kada je potrebno povratiti izvorni analogni oblik, pomoću digitalno-analognog pretvornika (D/A pretvornik), provodi se digitalno-analoga pretvorba. Postoje razne metode koje D/A pretvornici mogu koristiti, no u pravilu kod tzv. paralelne pretvorbe koriste se mrežom otpora ili mrežom strujnih izvora.

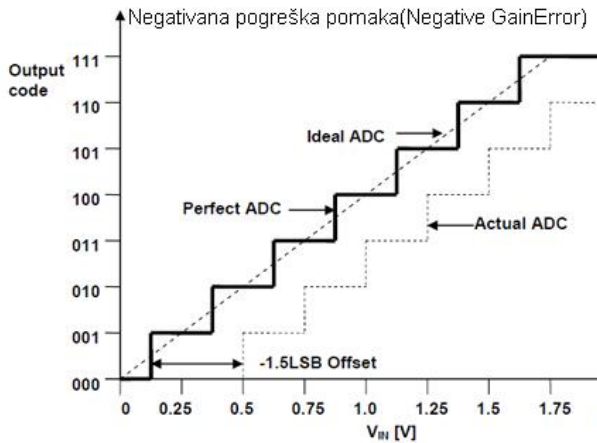


Slika 5.1. Prikaz izvornog analognog signala te istog signala nakon procesa kvantizacije

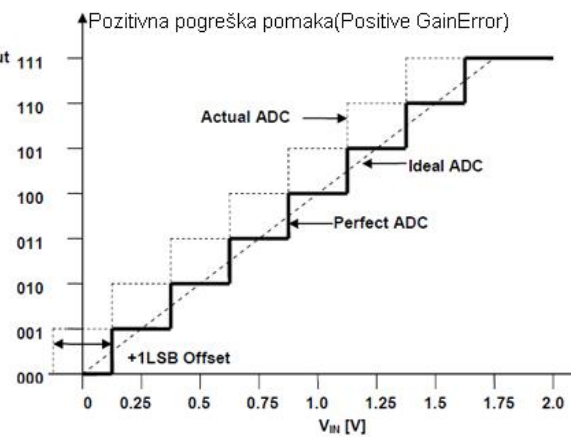
Kod suvremenih elektroničkih obrada informacija analognodigitalna i digitalnoanalognakonverzija jako su česte. Ove vrste konverzija prisutne su čak i u područjima koja u pravilu koriste analogne informacije poput zvuka, slika i slično. Primjer aplikacije A/D konverzije u tim područjima mogu se vidjeti prilikom prilagodbe analognih video ili audiosignala pri ulasku u digitalni uređaj, dok se D/A konverzija koristi za potrebe monitoringa ili obrade digitalnih video i audiosignala u analognim uređajima. [32]

## 5.1. Problemi konverzije

Pri konverziji analognih signala u digitalne signale javljaju se razni problemi. Jedan od ovih problema je pogreška pomaka (engl. Offset Error). Pogreška pomaka je razlika između napona prvog stvarnog prijelaza i napona prvog idealnog prijelaza. U idealnom slučaju prvi prijelaz imati će napon jednak  $\frac{1}{2}$  LSB-a (engl. Least-significant bit). Pogreška pomaka može biti pozitivna i negativna.

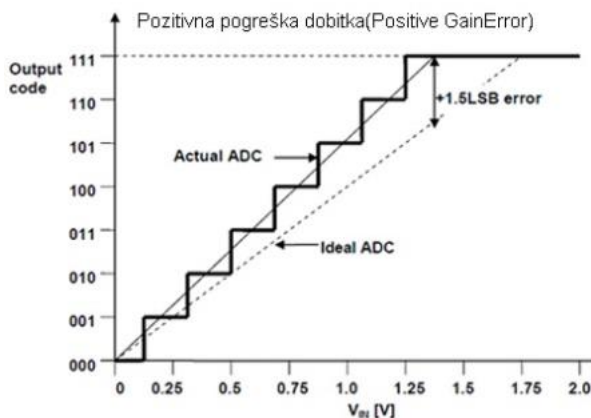


Slika 5.3. Negativna pogreška pomaka

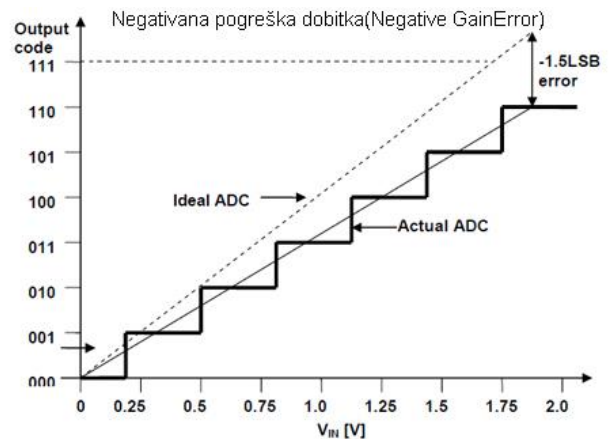


Slika 5.2. Pozitivna pogreška pomaka

Pogreška dobika (engl. Gain Error) je razlika u nagibu stvarne funkcije prijenosa i idealne funkcije prijenosa. Kao i kod pogreške pomaka, pogreška dobivanja također može biti pozitivna i negativna.

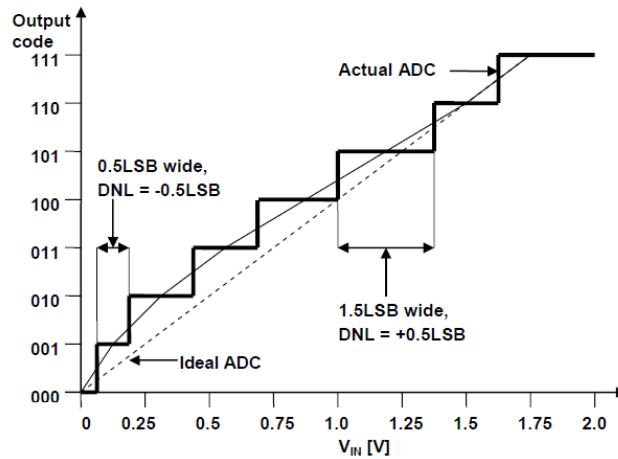


Slika 5.5. Pozitivna pogreška dobika



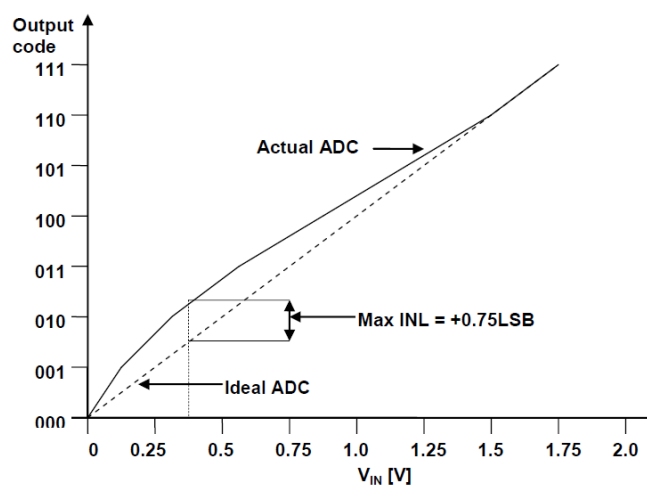
Slika 5.4. Negativna pogreška dobika

Diferencijalna nelinearnost (engl. Differential nonlinearity) je maksimalna i minimalna razlika u širini koraka između stvarne funkcije prijenosa i idealne funkcije prijenosa. Nelinearnost stvara korake kvantizacije različitih širina.



Slika 5.6. Diferencijalna nelinearnost

Integralna nelinearnost (engl. Integral nonlinearity) je maksimalna vertikalna razlika između stvarne i idealne krivulje. Također označava količinu odstupanja stvarne prijenosne krivulje od idealne prijenosne krivulje. [33]



Slika 5.7. Integralna nelinearnost

## 5.2. Prednosti konverzije

Analogna tehnologija u znatno manjoj uporabi za razliku od prije dva desetljeća javlja se sa mnogo problema kod očuvanja i reprodukcije analognih videozapisa. Uređaji za reprodukciju i mediji za pohranu za većinu analognih videozapisa se više ne proizvode.

Degradiranje materijala zbog loših uvjeta skladištenja i samog prolaska vremena također su mane analognih videozapisa. Pošto se kvaliteta i stanje digitalnih videozapisa ne degradira tokom vremena, puno su povoljniji pri očuvanju i arhiviranju željenih videomaterijala.

Osim što su povoljni zbog svoje konstantne kvalitete, digitalni videozapisi pohranjuju se na memorije računala, vanjske memorije i sl. što ih čini puno lakše za skladištenje od analognih videozapisa.

Također, digitalni videozapisi mogu se obrađivati u specijaliziranim programima za obradu videa što stvara nove mogućnosti. Osim što se mogu uređivati, prijenos digitalnih videozapisa je puno lakši i brži pošto su zapisani u obliku jedinica i nula za razliku od analognih koji su fizički vezani sa svojim načinom pohrane.

Digitalni oblik videozapisa također pruža mogućnost umnožavanja videomaterijala bez gubitka kvalitete - što kod analognih videozapisa nije slučaj.

Radi digitalne konverzije, svijet je spojen (online) više nego ikada. Sve što se može vidjeti na ekranima od mobitela, tableta, računalima je digitalno. Stoga je sasvim logično da su digitalni videozapisi najrašireniji oblik videozapisa danas. Jednostavnost korištenja i brzina je ono što se očekuje sa svakim tehnološkim napretkom, a digitalni mediji su to svakako dokazali.

## 6. Primjer konverzije

U praktičnom dijelu rada obraditi će se i opisati potrošačka metoda konverzije analognih videovrpca u digitalni oblik. Format videovrpca s kojim se izvodi primjer konverzije je Sony-ev Hi8 ME (engl. metal evaporated) format videovrpca. Videozapis u ovome primjeru je kućna snimka te se konverzija vrši kako bi se produžio životni vijek tih snimaka i podijelio s većim brojem ljudi nego što se moglo dosad s analognim kasetama. Pošto većina ljudi danas posjeduje barem nekoliko videozapisa na analognim medijima za pohranu, svima bi dobro došao jednostavan i isplativ način konverzije koji se može obaviti kod kuće. Potrošačke metode konverzije nisu toliko poznate, stoga ovaj rad nastoji na jednostavan način objasniti proces konverzije analognih videozapisa u digitalne videozapise pomoću Gembird USB videograbbra (UVG-002 ) i OBS programa koji dolazi sa njim.

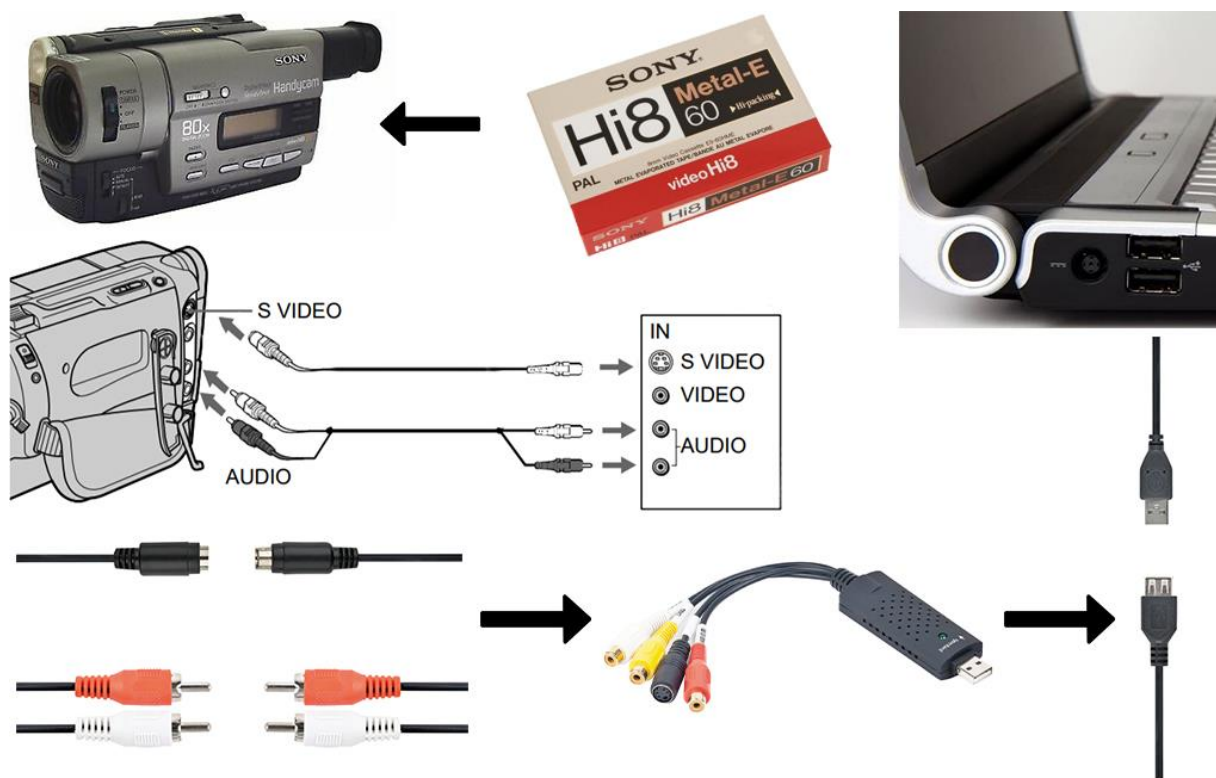


*Slika 6.2. Gembird USB videograbbra*



*Slika 6.1. OBS logo*

Prvi korak u ovom procesu konverzije je preuzimanje upravljačkih programa (engl. *driver*) za Gembird USB Videograbber. Kako bi preuzeli upravljačke programe potrebno je otići na Gembird web stranicu ([USB Videograbber](#)). Nakon preuzimanja, upravljačke programe potrebno je raspakirati iz .zip formata te se zatim mogu instalirati. Ovaj proces konverzije ne bi bio moguć bez programa za snimanje videozapisa. Iako dolazi uz Gembird, [OBS](#) program je najbolje preuzeti sa službene web stranice za najnovije nadogradnje. Zatim se ponavlja isti proces raspakiranja datoteka te instalacija samog programa. Sljedeći korak je odabir kasete koja će biti konvertirana i umetanje iste u prethodno uključenu videokameru (Sony Handycam CCD-TR913E).

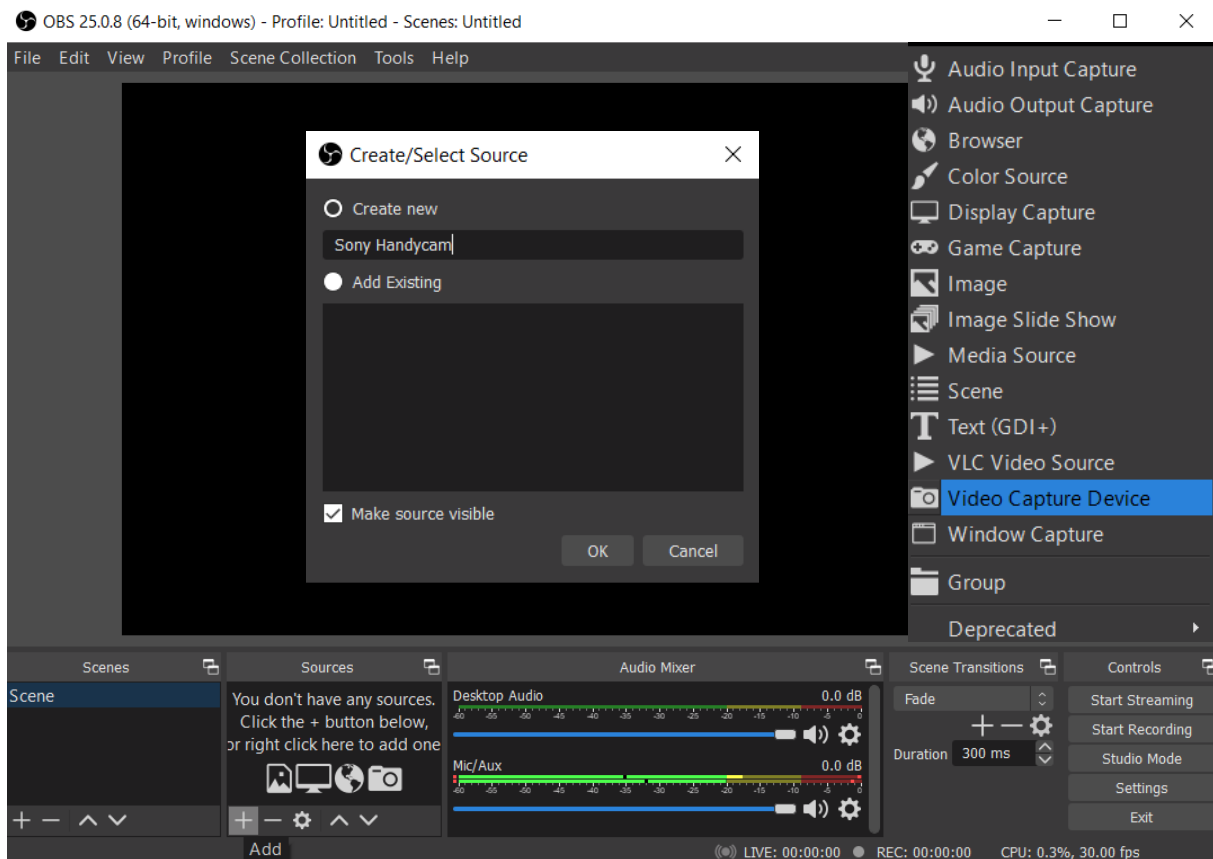


Slika 6.3. Skica spajanja videokamere s računalom za konverziju

Kako bi povezali videokameru s računalom, potrebno je napraviti sljedeće korake:

1. Spajanje S-Video i stereo RCA audio kablova na videokameru.
2. Spajanje S-Video i stereo RCA audio kablova na USB Videograbber.
3. Spajanje USB Videograbber-a s USB produžnim kabelom.
4. Spajanje USB produžnog kabela s USB priključkom na računalu (USB 3.0/2.0).

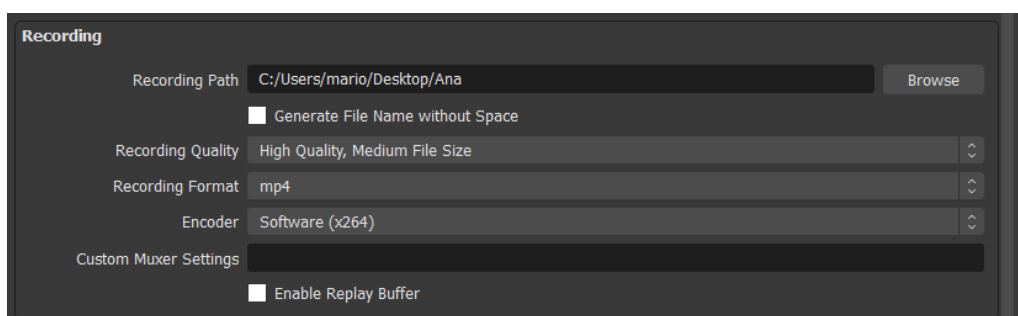




Slika 6.4. Izrada videoizvora u OBS-u

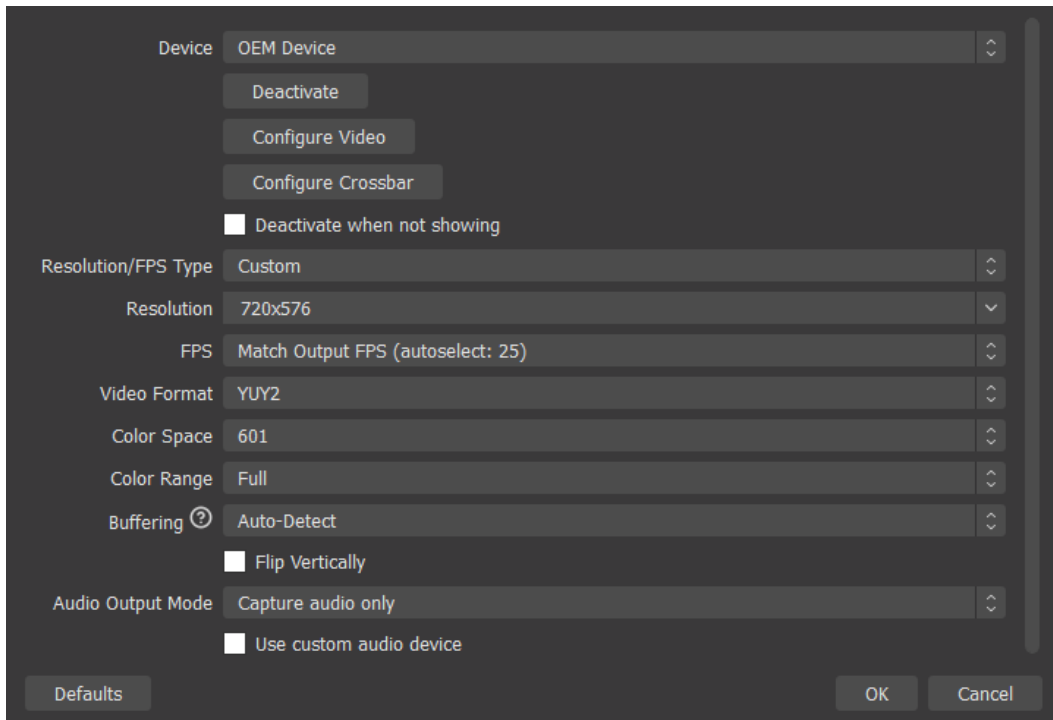
Nakon spajanja videokamere s računalom, slijedi pokretanje OBS programa i postavljanje novog videoizvora (engl. Video capture device).

Sljedeći je korak odabrati postavke za snimanje, ali na način da budu što sličnije samom izvornom analognom videu. Cilj je postići istu kvalitetu sa što manje artefakta.

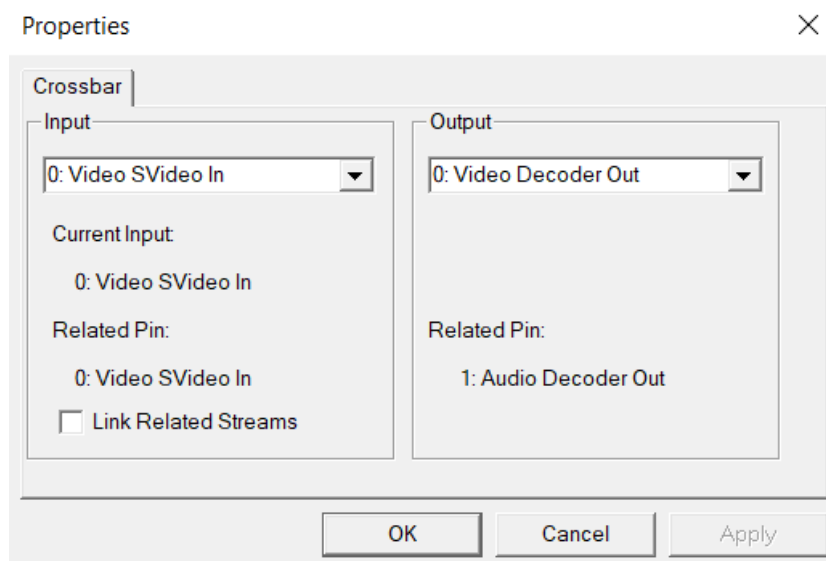


Slika 6.5. Postavke za izlaznu datoteku

Iz razloga što .mp4 format ne zauzima puno memorije a s druge strane je kvalitetan, čini ga idealnim formatom za prijenos preko interneta. U ovom slučaju, za pohranu na oblak. U nastavku, nalaze se osnovne postavke za sam videoizvor. Odabran je 601 sustav boja jer je upravo on namijenjen za SD kvalitetu slike. Također, bitno je namjestiti da jedini zvuk koji se može čuti – bude upravo taj iz videokamere.



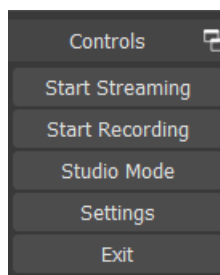
Slika 6.8. Postavke za videoizvor (OEM Device)



Slika 6.7. Postavke za odabir ulaznog i izlaznog signala kod videoizvora



Slika 6.6. Postavke zvuka pri snimanju



Slika 6.9. Dugme za početak snimanja

Za snimanje analognog videozapisa potrebno je još samo odabrati početak snimanja (engl. Start Recording) par sekundi prije nego što se odabere početak reprodukcije na samoj videokameri. Snimanje videozapisa se odvija u realnom vremenu, stoga se može korigirati dodatno slika i zvuk tokom snimanja. Za kraj snimke je potrebno ručno isključenje.

Izvorni analogni videozapis snimljen je u Hi8 videoformatu. Duljina trajanja vrpce je 90 minuta. Taj videozapis je kompozitne vrste, ima horizontalnu rezoluciju od 400 linija, omjer stranica 4:3, reproducira 25 slika u sekundi (PAL) i ima metodu s proredom prikaza slike.



Slika 6.10. Dobiveni digitalni video

Za razliku od izvornog videozapisa konvertirani je .mp4 datotečni videoformat. Konvertirani digitalni videozapis ima rezoluciju od 720x576 piksela, omjer stranica je 5:4, reproducira i dalje 25 slika u sekundi, ima progresivnu metodu prikaza slike i koristi YUV sustav boja. Kvaliteta dobivenog videa je zadovoljavajuća, s obzirom na originalni videozapis, iako je pri konverziji došlo do artefakta u obliku zelene linije na desnoj strani videozapisa (Slika 6.10). Format videodatoteke predviđen je za lakše dijeljenje videozapisa a manje za arhiviranje istog. Metoda konverzije pomoću Gembird USB videograbber-a, iako nije najbolje kvalitete, za potrošačku uporabu idealna je opcija ako nije u pitanju veliki obujam videozapisa. Koristeći S-Video priključak postignuta je veća kvaliteta slike ali i manji raspon boja naspram onog kod kompozitnog videosignala.

## 7. Zaključak

U ovom radu obradili su se pojmovi analognih i digitalnih videozapisa, analizirali su se njihovi parametri i karakteristike te se prikazao njihov razvoj. Kroz razvoj mijenjali su se i sami mediji za pohranu videozapisa zajedno s videozapisima. Što se tiče konverzije, objašnjeno je kako funkcionira, koji su njeni segmenti i zašto se ona koristi te su se navele njene prednosti i mane. Na posljertku se ispostavilo da su prednosti analogno-digitalne konverzije znatno brojnije od njenih mana. Mogućnost dijeljenja sadržaja nikada nije bila veća nego sada, što je digitalna era već odavno pokazala. No, analogna tehnologija ipak se bolje uklapa u fizički svijet nego digitalna tehnologija. U praktičnom dijelu rada pomoću primjera opisana je potrošačka metoda konverzije. Iako program (OBS) nije prvenstveno namijenjen za snimanje analognih videozapisa, ova metoda potrošačke konverzije u potpunosti zadovoljava bazične potrebe. Činjenica da smo konstanto okruženi A/D i D/A konverzijama, čak i kada toga nismo svjesni, pokazuje koliko je svijet brzo tehnološki napredovao. Smatram da su danas arhiviranje i pohrana analognih videozapisa jedni od glavnih načina čuvanja sentimentalnih vrijednosti te da je dužnost svakoga od nas pokušati sačuvati barem mali dio za nadolazeće generacije.

U Varaždinu, 30. rujna 2020.



Potpis studenta

IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Ana Kalaica (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Usporedba i konverzija analognih videozapisa u digitalne (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Ana Kalaica  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Ana Kalaica (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Usporedba i konverzija analognih videozapisa u digitalne videozapise (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Ana Kalaica  
(vlastoručni potpis)

## 8. Literatura

- [1] A. M. Tekalp, Digital Video Processing, svez. Second edition, New Jersey: Pearson Education, Inc., 2015.
- [2] »Analog Videotape,« AIC Wiki, 2015. [Mrežno]. Izvor: [https://www.conservation-wiki.com/wiki/Analog\\_Videotape#History](https://www.conservation-wiki.com/wiki/Analog_Videotape#History).
- [3] »Culture and communication,« 2010. [Mrežno]. Izvor: <http://cultureandcommunication.org/deadmedia/index.php/Laserdisc>.
- [4] C. Poynton, Digital Video and HDTV Algorithms and Interfaces, San Francisco: Elsevier, 2003.
- [5] »Worldwide Analog Video Standards,« Lifewire, 2020. [Mrežno]. Izvor: <https://www.lifewire.com/pal-ntsc-secam-video-standards-1845714>.
- [6] »Type A, B, C format 1 inch open reel video tape,« greatbear audio & video digitising, [Mrežno]. Izvor: <https://thegreatbear.net/project/1-inch-type-a-type-b-type-c/>.
- [7] »U-matic (1971 – 1990s),« Museum of Obsolete media, [Mrežno]. Izvor: <https://obsoletemedia.org/u-matic/>.
- [8] »Betamax,« PCMag, 2020. [Mrežno]. Izvor: <https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/betamax>.
- [9] »VHS (Video Home System) (1976 – late 2000s),« Museum of Obsolete Media, [Mrežno]. Izvor: <https://obsoletemedia.org/vhs-video-home-system/>.
- [10] D. Owen, »The Betamax vs VHS Format War,« MediaCollege, 2008. [Mrežno]. Izvor: <https://www.mediacollege.com/video/format/compare/betamax-vhs.html>.
- [11] M. E. Alan Barnett, »Betacam The Format,« PALsite, 2015. [Mrežno]. Izvor: <http://betacam.palsite.com/format.html>.

- [12] »Audio Video Formats,« AZCopyCats, [Mrežno]. Izvor: <http://www.azcopycats.com/audio-video-formats.html>.
- [13] »MII (1986. – kasne 1990-te),« Sektor X, [Mrežno]. Izvor: <https://nastava.tvz.hr/rdomovic/mii-1986-kasne-1990-te/>.
- [14] »The S-VHS-C Format,« MediaCollege, [Mrežno]. Izvor: <https://www.mediacollege.com/video/format/vhs/s-vhs-c.html>.
- [15] E. Elliott, »HI8 TAPES,« Southtree, [Mrežno]. Izvor: <https://southtree.com/blogs/artifact/hi8-tapes>.
- [16] D. Čeko, »Promjena učestanosti odabiranja kod televizije visoke definicije,« 2006. [Mrežno]. Izvor: <https://dsp.etfbl.net/students/ceko.pdf>.
- [17] R. Silva, »How Video Resolution Works,« Lifewire, 2020. [Mrežno]. Izvor: <https://www.lifewire.com/video-resolution-information-1845780>.
- [18] D. W. Marcus Weise, *How Video Works (Second Edition)*, 2007.
- [19] S. M. Ticao Zhang, »An overview of emerging video coding standards,« [Mrežno]. Izvor: [https://www.sigmobile.org/pubs/getmobile/articles/Vol22Issue4\\_1.pdf](https://www.sigmobile.org/pubs/getmobile/articles/Vol22Issue4_1.pdf).
- [20] C. Poynton, *Digital Video and HD Algorithms and Interfaces (Second Edition)*, 2012.
- [21] »digitalni videoformati,« Leksikon radija i televizije, [Mrežno]. Izvor: <https://obljetnica.hrt.hr/leksikon/d/digitalni-videoformati/>.
- [22] »VIDEOTAPE FORMATS,« VideOlson, [Mrežno]. Izvor: <https://www.tech-notes.tv/Standards-Practices/TVTapeformats.htm>.
- [23] »Video Format Timeline,« Museum of Obsolete Media, 2020. [Mrežno]. Izvor: <https://obsoletemedia.org/video/>.
- [24] edchelp, »Understanding bitrates in video files,« encoding.com, 2017. [Mrežno]. Izvor: <https://help.encoding.com/knowledge-base/article/understanding-bitrates-in-video-files/>.



- [25] »UNDERSTANDING BIT/COLOR DEPTH,« unravel, [Mrežno]. Izvor: <https://www.unravel.com.au/understanding-bit-color-depth>.
- [26] A. Plišo, »DIGITALIZACIJA AUDIOVIZUALNOGA GRADIVA U RADIOTELEVIZIJSKIM ARHIVIMA,« Zagreb, 2016..
- [27] »Laserdisc,« Culture and communication, [Mrežno]. Izvor: <http://cultureandcommunication.org/deadmedia/index.php/Laserdisc>.
- [28] »VideoCD Format,« CDRinfo, [Mrežno]. Izvor: <https://www.cdrinfo.com/d7/content/videocd-format>. [Pokušaj pristupa 8 rujan 2020].
- [29] E. Gregersen, »Blu-ray,« Britannica, 10 srpanj 2019. [Mrežno]. Izvor: <https://www.google.com/url?q=https://www.britannica.com/technology/Blu-ray&sa=D&source=hangouts&ust=1599882277015000&usg=AFQjCNGuGrR1dMMI-kurB7JAJWZNAghVQ>.
- [30] P. Zandbergen, »What Is a Hard Drive?,« Study.com, [Mrežno]. Izvor: <https://study.com/academy/lesson/what-is-a-hard-drive-types-function-definition.html>.
- [31] B. Curtis, »DIFFERENT TYPES OF CLOUD STORAGE MODELS EXPLAINED,« Your Tech Diet, [Mrežno]. Izvor: <https://www.yourtechdiet.com/blogs/cloud-storage-models/>.
- [32] »Leksikon radija i televizije,« HRT, [Mrežno]. Izvor: <https://obljetnica.hrt.hr/leksikon/a/analogno-digitalna-pretvorba/>. [Pokušaj pristupa 10 9 2020].
- [33] Microchip Developer Help, [Mrežno]. Izvor: <https://microchipdeveloper.com/adc:adc-differential-nonlinearity>. [Pokušaj pristupa 9 rujan 2020].
- [34] R. A. Malaga i B. N. Koppel, »A Comparison Of Video Formats,« 2017. [Mrežno]. Izvor: <https://pdfs.semanticscholar.org/048e/603fb2300df6dc277eb47722f1e724751db1.pdf>.
- [35] »Magix,« 2020. [Mrežno]. Izvor <https://www.magix.com/ca/video-editor/video-formats/>.

- [36] Leksikografski zavod Miroslav Krleža, »kineskop,« 2020.. [Mrežno]. Izvor: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=31490>.
- [37] R. Wirth, »The Mother of Invention of Videotape,« provideocoalition, 2013. [Mrežno]. Izvor: <https://www.provideocoalition.com/invention-of-videotape/>.
- [38] M. Pavlek, »Analogni video,« 2000. [Mrežno]. Izvor: [http://pvprm.zesoi.fer.hr/1999-00-web/1999-00-seminari/mpavlek/seminar/analog\\_video.htm](http://pvprm.zesoi.fer.hr/1999-00-web/1999-00-seminari/mpavlek/seminar/analog_video.htm).
- [39] »8mm, Hi8 and Digital 8,« PLAYITAGAIN STUDIO INC, 2009. [Mrežno]. Izvor: <http://videotransferboston.com/8mm-hi8-and-digital8/>.
- [40] M. L. Igor Crnković, Video, Zagreb: Grafička škola u Zagrebu, 2013.
- [41] »analogno-digitalna pretvorba,« HRT, [Mrežno]. Izvor: <https://obljetnica.hrt.hr/leksikon/a/analogno-digitalna-pretvorba/>.

## Popis slika

|   |    |
|---|----|
| Slika 2.1. Analogni SDTV videoformati Profesionalni formati su iznad sivo obliježenih potrošačkih formata [4] ..... | 5  |
| Slika 2.2. Potrošačke videovrpce.....   | 8  |
| Slika 3.1. Digitalni SDTV formati (na vrpcu) [4] .....  | 13 |
| Slika 3.2. Digitalni HDTV video formati (na vrpcu) [4].....   | 14 |
| Slika 3.3. Letterbox i pillarbox .....  | 16 |
| Slika 3.4. Razlika u dubini boje s 8 i 16 bitova .....  | 18 |
| Slika 5.1. Prikaz izvornog analognog signala te istog signala nakon procesa kvantizacije                            | 23 |
| Slika 5.2. Pozitivna pogreška pomaka.....   | 24 |
| Slika 5.3. Negativna pogreška pomaka .....  | 24 |
| Slika 5.4. Negativna pogreška dobitka .....   | 24 |
| Slika 5.5. Pozitivna pogreška dobitka .....   | 24 |
| Slika 5.6. Diferencijalna nelinearnost .....  | 25 |
| Slika 5.7. Integralna nelinearnost .....  | 25 |
| Slika 6.1. Gembird USB videograbber .....   | 27 |
| Slika 6.2. OBS logo .....   | 27 |
| Slika 6.3. Skica spajanja videokamere s računalom za konverziju .....   | 28 |
| Slika 6.4. Izrada videoizvora u OBS-u .....   | 29 |
| Slika 6.5. Postavke za izlaznu datoteku.....  | 29 |
| Slika 6.6. Postavke za odabir ulaznog i izlaznog signala kod videoizvora .....                                      | 30 |
| Slika 6.7. Postavke zvuka pri snimanju.....   | 30 |
| Slika 6.8. Postavke za videoizvor (OEM Device) .....  | 30 |
| Slika 6.9. Dugme za početak snimanja.....   | 31 |
| Slika 6.10. Dobiveni digitalni video .....  | 31 |