

Digitalizacija

Digitalizacija signala

Osnovni pojmi

- D – dinamično področje signala

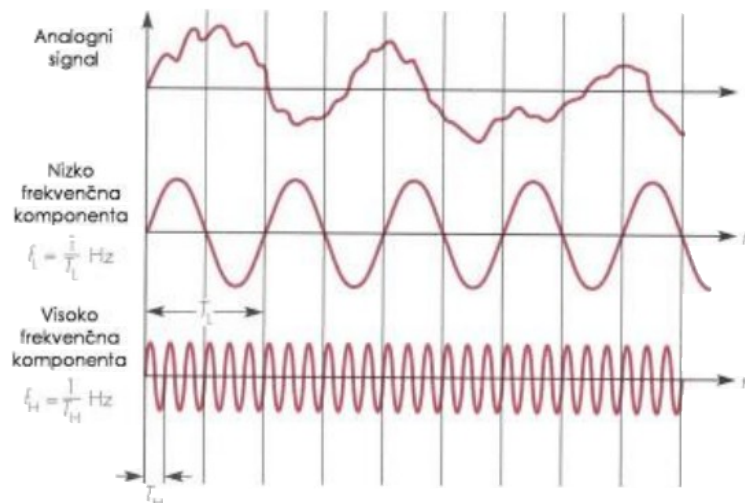
$$D = 20 \log_{10} \left(\frac{V_{max}}{V_{min}} \right) \quad [\text{dB}]$$

V_{min} – minimalni nivo analognega signala

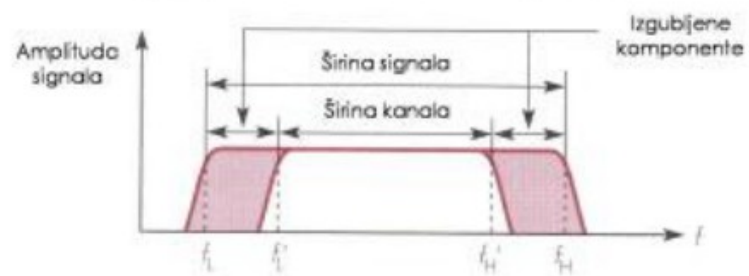
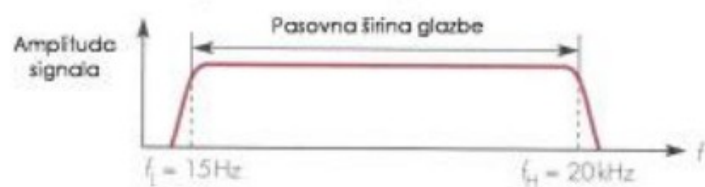
V_{max} – maksimalni nivo analognega signala

- Frekvenčni spekter
- Pasovna širina signala
 - f_L – najnižja frekvenca
 - f_H – najvišja frekvenca
- Pasovna širina kanala

Analogni signal – časovni diagram



Analogni signal – frekvenčni diagram



Primer

Najvišji nivo signala je 3000 enot in najnižji nivo je 30 enot.

Dinamično področje signala je:

AD pretvorba

Osnovni pojmi

- Frekvenca vzorčenja – f_s
- Frekvenca omejitve – f_c
- Prekrivanje signala
- Kvantizacijski interval q
- Kvantizacijski šum

PCM – pulzno kodna modulacija

Uporabi pulze iz PAM pretvorbe (kjer se analogni signal vzorči, da dobimo serijo impulzov). Te pulze PCM natomodificira, kvantizira, naredi binarno pretvorbo (vsako vrednost prevede v sedem bitni binarni ekvivalent, 8 bit je predznak). Nato se binarna števila transformirajo v digitalni signal, z digitalno digitalno pretvorbo.

Frekvenca vzorčenja

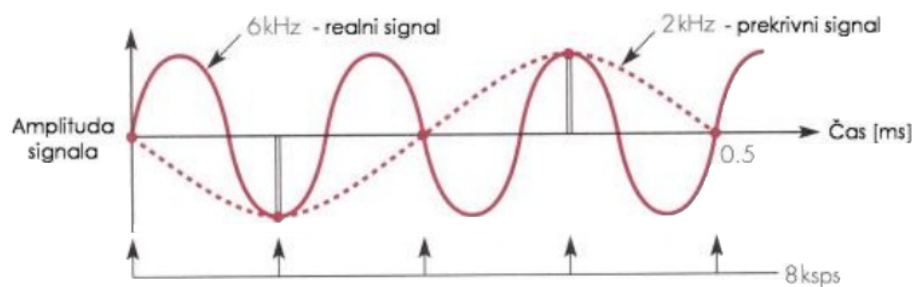
Opredeljena je z Nyquist-ovim teoremom vzorčenja, ki pravi, da moramo za natančno predstavitev časovno spremenljivega analognega signala, njegovo amplitudo vzorčiti s frekvenco, ki je enaka vsaj 2x frekvenci komponente, ki ima v signalu najvišjo frekvenco.

Hitrost vzorčenja mora biti vsaj 2x večja od največje frekvence v signalu.

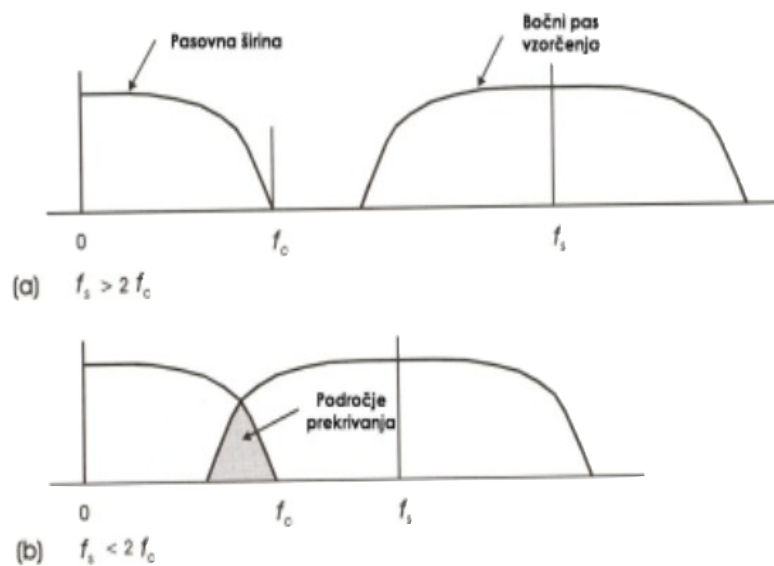
$$f_s \geq 2 \times f_H$$

Če pogoj ni izpolnjen, pride do prekrivanja signala. Da do tega ne pride, je treba signal pred vzorčenjem omejiti z nizko pasovnim filtrom na frekvenco f_c .

Prekrivanje – časovni prostor



Prekrivanje – frekvenčni prostor



Primer prekrivanja pasov, če je tipanje prepočasno – Aliasing effect (visoke frekvence se slišijo kot nizke).

Primer:

Imamo analogni signal s pasovno širino od 15Hz do 10kHz. Kako vzorčimo signal, če ga želimo?

- a) Shraniti v spomin računalnika?

$$f_s = 2 \times f_H = 2 \times 10\text{kHz} = 20\text{kHz}$$

Pasovni filter od 0Hz do 10kHz.

- b) Omejiti pasovno širino 200Hz do 3,4kHz?

$$f_s = 2 \times f_c = 2 \times 3,4\text{kHz} = 6,8\text{kHz}$$

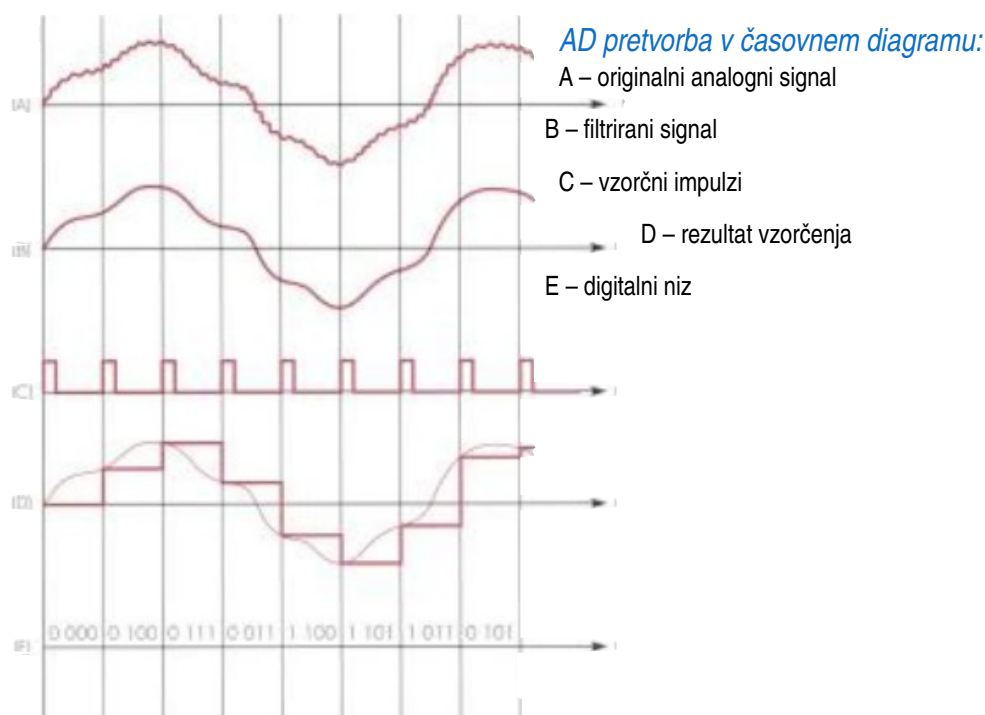
Pasovni filter od 0Hz do 3,4kHz.

Ker filtri niso idealni lahko v zadnjem primeru prehajajo tudi frekvence do 4 kHz, zato se v praksi običajno uporabi višjo frekvenco vzorčenja (8 kHz).

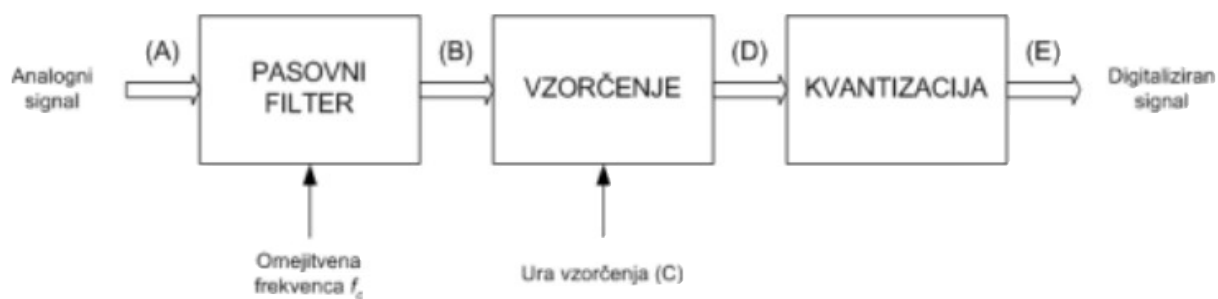
Kvantizacijski interval

Če privzamemo, da ima analogni signal enak pozitiven in negativen nivo ($-V_{\max}$ in V_{\max}), je celotni razpon signala $2V_{\max}$. Število bitov, ki jih uporabimo za kvantizacijo je enako n . Potem je vrednost kvantizacijskega intervala q .

$$q = \frac{2V_{\max}}{2^n}$$



Analogno digitalni pretvornik

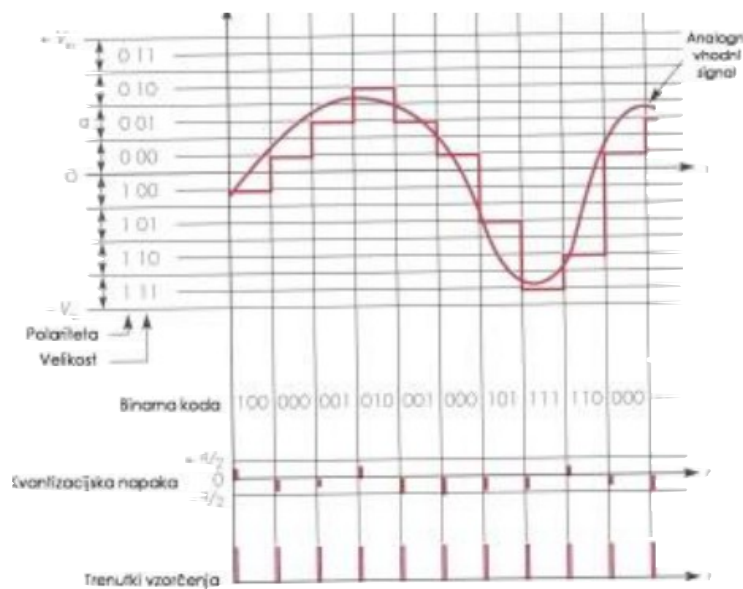


Kvantizacijska napaka

V splošnem vrednost analognega signala v trenutku vzorčenja ni enaka prirejenemu kvantnemu nivoju, temveč odstopa do \pm

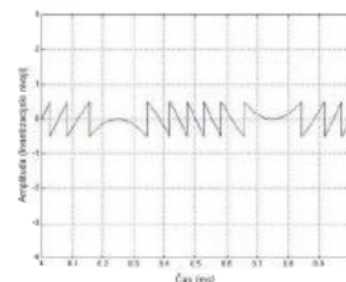
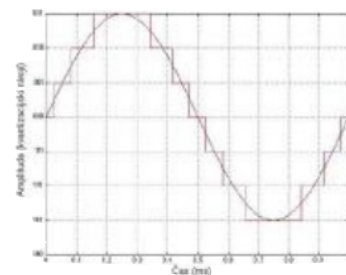
$\frac{q}{2}$. Ta odstopke od dejanske amplitude je kvantizacijska napaka (Q_e).

Vrednost napake se naključno spreminja od vzorca in je tudi poznana kot kvantizacijski šum. Termin "šum" se v električnih vezjih uporablja za signale, katerih amplituda se s časom naključno spreminja. Kvantizacijski šum vpliva na izbiro števila kvantizacijski nivojev. Pri visoko natančni reprodukciji glasbe je pomembno, da so tudi zelo mirni prehodi slišni brez popačenj, ki jih povzroča kvantizacijski šum. Uporabljeno število bitov mora zagotoviti, da je kvantizacijski interval dovolj majhen, tako da je relativni nivo kvantizacijskega šuma glede na najnižji nivo signala sprejemljiv.

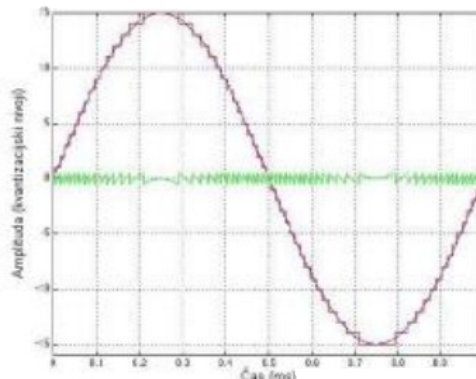
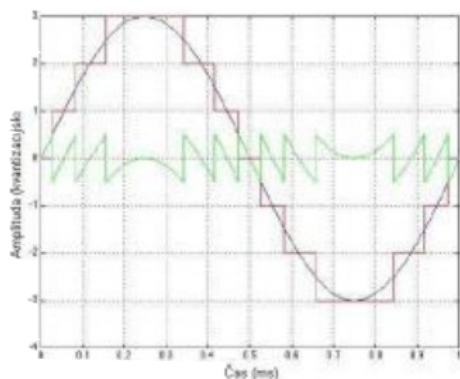


$$Q_e = \pm \frac{q}{2} = \pm \frac{V_{max}}{2^n}$$

Ker kvantizacijski nivo ni poljubno majhen, nastane razlika med vzorčenim digitalnim signalom in originalnim analognim signalom, ki je velikostnega reda ± 0.5 kvanta.



Kvantizacijska napaka se zmanjša s povečanjem števila bitov. S tem je razmerje med signalom in napako ugodnejše.



Ali je kvantizacijska napaka lahko moteča npr. pri predvajanju zgoščenke (65 536 kvantizacijskih nivojev)?

- Vsi biti so izkoriščeni samo pri maksimalnem nivoju reprodukcije. V resnici poslušamo pri nižjem nivoju. Napaka pa ima konstantno vrednost. Zato lahko nastopijo situacije, ko napaka ni več prikrita z zvokom.
- Kvantizacijska napaka je periodična in je v bistvu popačitev samega signala. Če glasbo spremlja nek konstanten signal (kot je šum), možgani odločijo, da se ne spreminja in ga nima smisla spremljati. V nasprotju pa kvantizacijska napaka modulira s signalom. Možgani smatrajo, da je pomemben, ker je sledljiv in mu posvečajo pozornost. Zato je težje ignorirati popačenje kot šum.

Kvantizacijsko napako pri avdio odpravimo, če signalu dodamo šum, ki se v tem primeru imenuje dither.

- Če avdio signalu dodamo dither velikosti polovice kvantnega nivoja, generiramo slišni konstantni šum zelo nizkega nivoja, ki učinkovito odstrani od signala odvisen (popačenje) šum. Nivo šuma (dither) ne sme biti prenizek in ne previsok.
- Kdaj uporabiti dither? Mnoge naprave za procesiranje signala delujejo z natančnostjo 32 bitov (nekatero celo 64), medtem ko domače naprave delujejo z natančnostjo 16 bitov.

Primer

Imamo analogni signal z dinamičnim področjem $D = 40\text{dB}$. Ogleдали si bomo vrednost kvantizacijskega šuma glede na minimalni nivo signala pri 6 bitni in 10 bitni kvantizaciji.

- Pri $n=6$, je nivo kvantizacijskega šuma večji od najnižjega nivoja signala.
- Pri $n=10$, pa je nivo kvantizacijskega šuma, približno za faktor 10 manjši od najnižjega nivoja signala.

$$D = 20 \log_{10} \frac{V_{\max}}{V_{\min}} [\text{dB}] \quad \text{relativno}$$

$$40 = 20 \log_{10} \frac{V_{\max}}{V_{\min}} \Rightarrow V_{\min} = \frac{V_{\max}}{100}$$

$$n = 6 \Rightarrow Q_e = \pm \frac{V_{\max}}{2^6} = \pm \frac{V_{\max}}{64}$$

$$n = 10 \Rightarrow Q_e = \pm \frac{V_{\max}}{2^{10}} = \pm \frac{V_{\max}}{1024}$$

DA pretvorba v časovnem diagramu:

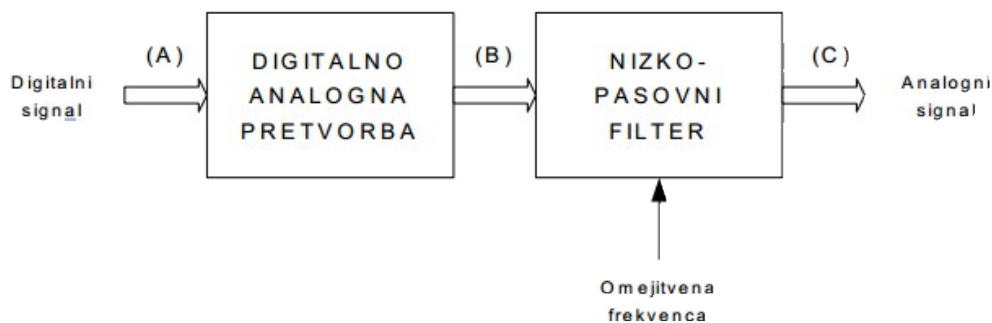
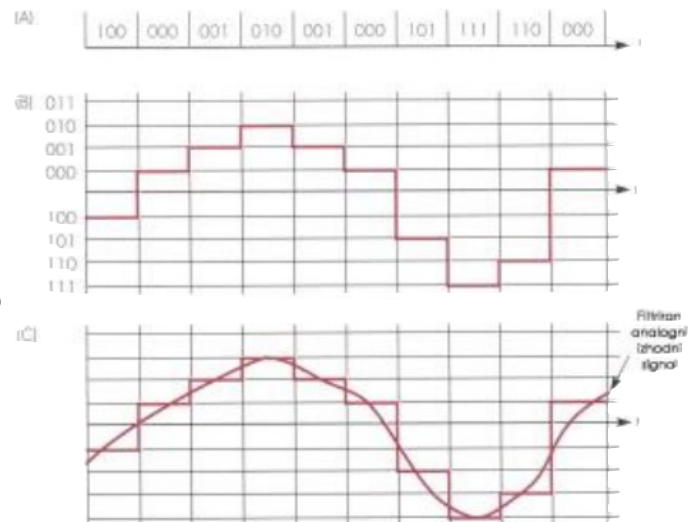
A – digitalni niz

B – analogne vrednosti vzorcev

B – filtriran analogni signal

Digitalno analogni pretvornik – DAC

Nizko pasovni filter je uporabljen, ker je prehod med analognimi nivoji po pretvorbi skokovit. Furierjeva analiza pokaže, da signal vsebuje visokofrekvenčne komponente. Po filtriranju je signal približno enak vzorčenemu filtriranemu signalu.



Obdelava digitalnega signala

- Procesiranje digitalnega signala
 - pretvorba med standardi
 - montaža
- Prenos digitalnega signala
 - kreiranje paketov
 - digitalni modulacijski načini
 - standardi za prenos digitalnega signala
- Zaščita digitalnega signala pred napako
- Kompresija digitalnega signala

Primer

Podrobneje bomo analizirali format zapisa na CD medij.

$f_s=44,1\text{kHz}$; $n=16$; dva kanala $R=1,41\text{ Mb/s}$

Paket (frame) vsebuje 6 stereo vzorcev, kar je $192(6 \times 32)$ bitov.

Vsak frame ima še dodanih 8 bitov konde informacije in 64 redundantnih bitov za odpravo napak (cross-interleaved Reed-Solomon koda - CIRC)

Rezultat je 264 bitov.

Izhod iz CIRC se modulira z verzijo *eight-to-fourteen modulation* (EFM), ki pretvori 8 bitni simbol v 14 bitno besedo. Med vsako 14 bitno besedo je potrebno dodati še 3 povezovalne bite. Rezultat je 561 bitov $(264/8) \times (14+3)$

Vsakemu okvirju se doda še 27 bitov za sinhronizacijo. Rezultat je 588 bitov.

Okvir, ki vsebuje 192 bitov avdio vzorcev, je v končni fazi dolg 588 bitov in dejanska bitna hitrost je $4,3218\text{ Mb/s}$.

Digital Media Fact Sheet

Joshua Mosley 2005

Quantities of Data:

binary (1 or 0) = 1 b (bit)
8 b = 1 B (Byte)
1024 B = 1 KB (Kilobyte)
1024 KB = 1 MB (Megabyte)
1024 MB = 1 GB (Gigabyte)
1024 GB = 1 TB (Terabyte)
1024 TB = 1 PB (Petabyte)

Bit Depth:

8 bit = 256 values
16 bit = 65,536 values
24 bit = 1.6 Million values
48 bit = 4.3 Billion values

Storage Options:

zip disk = 250 MB
usb Flash drive = 60 to 512 MB
CD-r = 700 (*650) MB
DVD-r = 4.7 (*4.3) GB
Computer = 80-200 GB
Firewire Drive = 40 to 250 GB
*actual space

Text Storage:

1 character = 1 B (Byte)
1 page = 8 KB
300 pg book = 1.2 MB

File Extensions:

MS Word = .doc
Excel = .xls
Text = .rtf, .txt
Photoshop = .psd
Web Image = .jpg, .gif, or .png
Uncompressed Image = .tif
Illustrator = .ai
In Design = .indd
Adobe PDF = .pdf
After Effects = .aep
Apple Movie = .mov
Maya = .mb, .ma, .iff (file)
Final Cut Project/Movie = .fcp
DVD compressed video = .m2v
Windows Movie = .avi
Sound = .aif, .wav, .mp3, .ac3
Flash = .fla, .swf

Image Storage:

Image Bit Depth

8 bit = greyscale
8 bit = 1 RGB color channel
16 bit = Professional Greyscale
24 bit = 3x8 bit RGB channels
48 bit = 3x16 bit RGB channels

8 Bit Grayscale

1 pixel = 1 Byte
1 sq inch = 100 KB
8x10" @ 300 DPI = 7 MB
30x44" @ 150 DPI = 28 MB

16 Bit Grayscale

1 pixel = 2 Bytes
1 sq inch = 200 KB
8x10" @ 300 DPI = 14 MB
30x44" @ 150 DPI = 56 MB

24 Bit RGB

1 pixel = 3 Bytes
1 sq inch = 300 KB
1 sq inch = 300 KB
8x10" @ 300 DPI = 21 MB
30x44" @ 150 DPI = 85 MB

48 Bit RGB

1 pixel = 6 Bytes
8x10" @ 300 DPI = 41 MB
30x44" @ 150 DPI = 170 MB

Video Storage:

DV with Stereo Audio

1 second = 3.6 MB
1 minute = 217 MB
1 hour = 12.7 GB

DV no Sound

1 second = 3.4 MB
1 minute = 206 MB
1 hour = 12 GB

DVD - Max Quality

1 second = 9.8 Mb or 1.2 MB
1 minute = 74 MB
1 hour = 4.3 GB
1 DVD-r disc = 1 hour

Uncompressed w/ Audio

1 second = 30 KB
1 minute = 1.7 GB
1 hour = 104 GB

Uncompressed Hi-Def

1 second = 178 MB
1 minute = 10 GB
1 hour = 625 GB

Web - Good Quality

1 second = 70 KB
1 minute = 4 MB
1 hour = 246 MB

Audio Storage:

For CD

44.1 KHz, 16bit, mono = 5 MB per minute
44.1 KHz, 16bit, stereo = 10 MB per minute

For DV

48 KHz, 16bit, mono = 6 MB per minute
48 KHz, 16bit, stereo = 12 MB per minute

For DVD - PCM (aif or wav):

48 KHz, 16bit, stereo = 1.5 Mb per second

For DVD - Compressed as AC3

48 KHz, 16bit, Stereo or 5.1 = 448 kbps
note: (448kb per second = 3.3 MB per minute)

For Web, Flash, Ipod, Compressed as MP3

1 second = *4 KB to 40 KB
1 minute = *240 KB to 2.3 MB
1 hour = *14 MB to 140 MB
*compression ranges from 32-320 Kbps

Audio Data:

KHz = Horizontal Resolution of Wave (time)
bit Depth = Vertical Res. of Wave (amplitude)



48KHz = 48,000 audio samples per second
16bit = 65,536 possible steps of amplitude