

Digitalni audio formati

ili
kako prepoznati stablo u šumi

Prijenos audio podataka u realnom vremenu

- načini prijenosa audio podataka ovise o tome da li se radi o prijenosu u realnom vremenu (tipično u audio produkciji), ili prijenos u obliku zapisa koji može biti i brži i sporiji od brzine
- kod prijenosa podataka u realnom vremenu govorimo o digitalnom audio sučelju ("interface")
- najčešće je AES3 (AES/EBU), inicijalno predstavljeno 1985.
- s novijim dodacima je AES3 sučelje postalo pogodno i za višekanalni audio i audio viših rezolucija i frek. uzorkovanja

	AES3 ¹	AES3hd ²	S/PDIF ³
Interface	Balanced	Unbal	Unbal
Connector	XLR-3	BNC	RCA
Impedance	110 Ω	75 Ω	75 Ω
Output Level	2-7 V _{pp}	1.0 V _{pp}	0.5 V _{pp}
Max Output	7 V _{pp}	1.2 V _{pp}	0.6 V _{pp}
Max Current	64 mA	1.6 mA	8 mA
Min Input ⁴	0.2 V	0.32 V	0.2 V
Cable	STP ⁵	Coax	Coax
Max Distance	100 m	1000 m	10 m

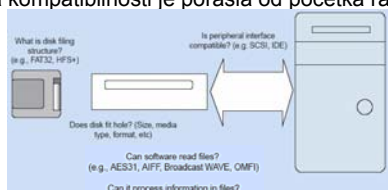
- također je u AES3 strukturi ubačen i statusni bit koji pokazuje da li su audio podaci komprimirani ili ne, kako ne bi došlo do izravne konverzije komprimiranog audia u analogni signal
- AES3 ima mod za profesionalce i potrošače
- tipična primjena tog sučelja za potrošače je povezivanje DVD reproduktora s vanjskom dekoderskom jedinicom - u podacima sučelja mora biti zapisana rezolucija, broj kanala, frek. uzorkovanja, način kompresije - ATRAC, Dolby AC3, DTS, MPEG
- AES42 je nadogradnja AES3 sučelja za kontrolu digitalnih mikrofona (kontrola, uključivanje i sinkronizacijske komande)
- pojava DSD digitalnog formata razvijeno je SDIF-3 sučelje koje je moglo prenijeti veliki tok zbog uzorkovanja frekvencijom 2,8224 Mhz - 64x veća nego klasični PCM za CD
- u SDIF-3 je ubačen i takt ("word clock") zbog velikog fs

- **MAC-DSD** također je sučelje namijenjeno prijenosa DSD toka na bazi uparenog ethernet standarda
- može prenijeti do 24 kanala brzinom 67,7 Mbit/s
- **USB i IEEE 1394** (firewire) su računalna sučelja za prijenos podataka na kraće udaljenosti, često se koriste za prijenos audio toka u realnom vremenu
 - IEEE 1394: 400 Mbit/s
 - USB 1.0: 12 Mbit/s
 - USB 2.0: 480 Mbit/s
- **AES47** je sučelje za prijenos audia preko ATM mreža (asynchronous transfer mode), može prenijeti do 60 istovremenih kanala po AES3 standardu
- postoji još niz drugih sučelja koje su isključivo vlasništvo tvrtki koje su ih proizvele, a specifičnih su namjena (npr. MOST s 22,5 Mbit/s za automobilsku industriju)

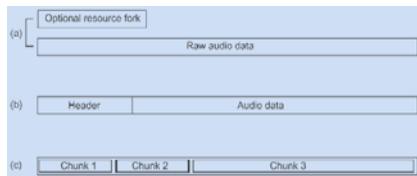
- za održanje audio industrije nužna je zaštita podatka zbog lakog piratiziranja digitalnog zapisa
- uz uobičajenu potrebu za zaštitom audio materijala snimljenog na različitim medijima, ista se potreba pojavila i za audio u realnom vremenu
- tipična je zaštita pomoću EMI (Encryption Mode Indicator) u zaglavlju firewire paketa koji pokazuje dopuštenje snimanja:
 - 11 nema kopiranja
 - 10 kopiranje jedne generacije
 - 01 nije više dozvoljeno kopiranje
 - 00 slobodno kopiranje

Prijenos audio podataka u obliku zapisa

- obzirom da taj prijenos ne mora biti u realnom vremenu, puno truda je uloženo u optimizaciju zapisa kako bi se povećala njegova sigurnost, mogućnost višestrukog pristupa zapisu, brzina prijenosa, itd.
- postoje 2 ključna načina zapisa audio podataka - onaj namijenjen prijenosu cijelog zapisa prije pristupa podacima, i onaj kod kojeg se pristupa zapisu prije nego cijeli zapis prenesen (zato su audio podaci zapisani slijedno u vremenu)
- potreba za kompatibilnosti je porasla od početka razvoja rač.

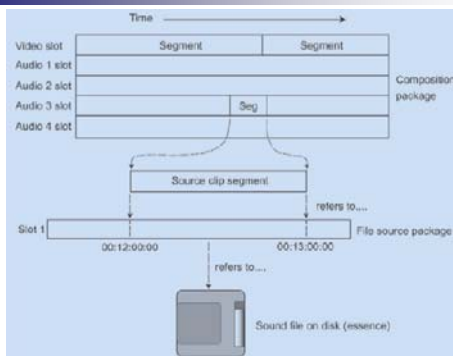


- zbog svih tih razloga povećana je potreba organiziranja audio podataka u same bitove audio zapisa, i u podatka koji opisuju taj zapis ("metadata") uključivo i liste reprodukcije, itd.
- postoje 3 pristupa organizaciji audio podataka:



- zadnji pristup se koristi kod vrlo raširenog "wave" formata

- nadogradnja običnih audio formata su formati za razmjenu cijelih audio projekata
- AES31 je novi standard za razmjenu audio projekata u editiranju te se sve šire prihvaća od prof. audio korisnika
- Open TL (track list) također je tekstualni format za razmjenu edit lista; relativno je jednostavan
- OMFI (Open Media Framework Interchange) razvio je Avid za razmjenu projekata između audio i video radnih stanica
- iako je taj format puno nadograđivan od 1994., sve više se prihvaća noviji, objekto orijentirani standard:
- AAF (Advanced Authoring Format) koristi metadata (meta podatke) u "kontejnerskim" strukturama, najjednostavnije je AAF objasniti pokazivačima koji pokazuju, između ostalog, na zapis ili dio zapisa koji može biti fizički odvojen od samih opisnih podataka



- MXF (Media Exchange Format) može služiti za razmjenu audio zapisa, kao i za razmjenu audio tokova u realnom vremenu te tako briše razliku u koncepciji podjele na te 2 grupe

Podjela audio formata

- AD pretvorbom zvučnog signala dobije se obično PCM tok podataka koji treba na odgovarajući način spremi u format ovisno o potrebi
- postoji mnogo audio formata što će ostati tako i u budućnosti
- audio zapis se sastoji od 2 dijela: zaglavlja i podataka
- zaglavlje sadrži informaciju o zapisu, rezoluciji, frekvenciji uzorkovanja, vrsti kompresije te eventualno inform. o licenci
- podaci zapisani u PCM formatu su osnova više audio formata (npr. wav i aiff)
- audio formati namijenjeni prijenosu internetom ("streaming audio") rješavaju dio problema velike količine podataka tako da omogućuju reprodukciju samo onih dijelova zvučnog zapisa koji je prenesen na računalo (odnosno, par sekundi unaprijed se uvijek nalazi u međuspremniku)
- takvi formati su Microsoft ASF (Active Streaming Format), QuickTime, RealAudio, itd.

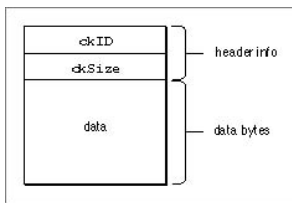
Eksten- zija	Ime	Proizvodač	Format	Bitova	Brzina	Maks. frek. uz.	Kanala	Kompri- miranje	Posebosti	Područje primjene
AC3	Dolby Digital (AC3)	Dolby-Lab	zapis	24 Bit	-	96 kHz	višekan. 5+1	da	specijalni hardver	DVD, kino
AU	Audio File	Sun	zapis, tok	16 Bit	-	48 kHz	Stereo	ne	spec. format za Javu	Mac, Internet
CDA	CD Digital Audio	Sony/Philips	zapis	16 Bit	-	44,1 kHz	Stereo	ne	Osnovni format audio CDovi	audio CD
CDT	CD Text	Sony/Philips	zapis	16 Bit	-	44,1 kHz	Stereo	ne	Osnovni format tekst CDovi	tekst CD
DTS	Digital Theater Systems	Digital Theater Systems	zapis	24 Bit	-	96 kHz	višekan. 7+1	da	slučno kao AC3 spec. hardver	DVD, kino
LQM	Liquid Media	Liquid	tok	-	160 kbps	48 kHz	Stereo	da	slučno kao LQT audio, video	Internet
LQT	Liquid Audio	Liquid	tok	-	160 kbps	48 kHz	Stereo	da	slučno kao LQM samo audio	Internet
MP3	MPEG Layer3	Fraunhofer	zapis, tok	-	512 kbps	48 kHz	Stereo	da	audio format MPG baza	Internet
RA	Real Audio	Real	tok	-	96 kbps	48 kHz	Stereo	da	slučno kao RM samo audio	Internet
RAM	Real Media	Real	tok	-	96 kbps	48 kHz	Stereo	da	slučno kao RM zapis	Internet
RM/alt	Real Media	Real	tok	-	96 kbps	48 kHz	Stereo	da	slučno kao RM	Internet
RM/neu	Real Networks G2	Real	tok	-	96 kbps	48 kHz	Stereo	da	slučno kao RA audio, video	Internet
WAV	Wave, stari	Microsoft	zapis	16 Bit	-	48 kHz	Stereo	ne	čest zapis	stari standard
WMA	Win. Media Audio, novi	Microsoft	zapis, tok	-	160 kbps	48 kHz	Stereo	ne	i video	novi standard

.au Sun Audio

- "AU" format zapisa najčešće se može pronaći na Webu i podržava ga većina pretraživača, standard za Javu
- razvio ga je Sun Microsystems kao standard za Unix računala
- pandan Microsoftovom .wav formatu
- format omogućuje promijenjivu frekvenciju uzorkovanja i višekanalni audio (8 kHz uobičajeno)
- zbog **logaritamskog** načina kodiranja amplitude (u usporedbi s linearnim), povećava se dinamičko područje formata (za 8-bitovni format analogno 12-bitovnom kod linearnog kodiranja), ali se također povećava i šum

.aiff Audio Interchange File Format

- "AIFF" format je također čest na Webu
- format je razvio Macintosh, ali se može koristiti i na drugim platformama
- ne podržava kompresiju - veliko zauzeće memorije, osim AIFF-C formata
- format koristi zaglavlje s informacijama o duljini, frekvenciji uzorkovanja, mono/stereo, itd.
- podloga formatu je IFF ("Interchange File Format") tvrtke Electronic Arts koji je razvijen za Amiga računala, a i danas je podloga mnogim formatima audio zapisa
- IFF zapis je snimljen u tzv. okvirima (eng. "Chunk") odnosno blokovskoj hijerarhijskoj strukturi



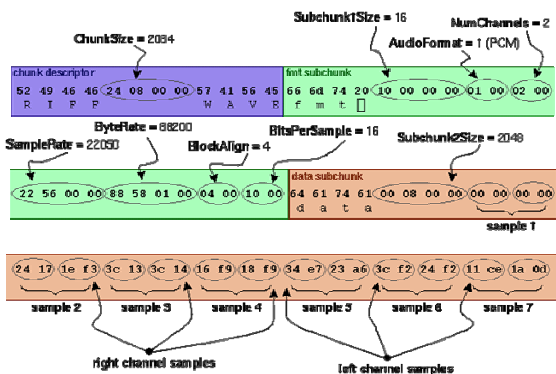
- glava jednog okvira se sastoji od identifikacije duljine 4 bytea i 32-bitovnog cijelog broja koji pokazuje duljinu podatkovnog dijela zapisa
- podatkovni dio može također sadržavati okvire s jednakom hijerarhijskom strukturom
- gornji okvir svakog IFF zapisa (koji obuhvaća cijeli zapis) nosi u sebi naziv "FORM", a prva 4 bytea podatkovnog dijela pokazuju tip zapisa ("AIFF" ili "AIFC" za AIFF-C)

.wav Windows wave

- "WAV" format je uveo Microsoft i IBM za uporabu na PC-u
- pojavio se zajedno s Windowsima 95
- obzirom da wav format sadrži audio podatke u nekomprimiranoj, PCM verziji, zauzima puno prostora
- Wav format se još naziva RIFF WAVE budući da je dio Windowsovih "Resource Interchange Format", RIFF
- RIFF format je izvedenica iz IFF formata, postoje razlike u formatu zapisa, iako je i wav podijeljen u okvire, kao i IFF
- gornji okvir svakog zapisa sadrži riječ "RIFF", a prva 4 bytea podatkovnog područja pokazuju koji je tip zapisa (riječ "WAVE" za wav zapis)

The Canonical WAVE file format

endian	File offset (bytes)	field name	Field Size (bytes)	
big	0	ChunkID	4	The "RIFF" chunk descriptor
little	4	ChunkSize	4	
big	8	Format	4	
big	12	Subchunk1ID	4	
little	16	Subchunk1Size	4	The "fmt" sub-chunk describes the format of the sound information in the data sub-chunk
little	20	AudioFormat	2	
little	22	NumChannels	2	
little	24	SampleRate	4	
little	28	ByteRate	4	
little	32	BlockAlign	2	
little	34	BitsPerSample	2	
big	36	Subchunk2ID	4	The "data" sub-chunk Indicates the size of the sound information and contains the raw sound data
little	40	Subchunk2Size	4	
little	44	data	Subchunk2Size	



RIFF format generalno

- multimedijske aplikacije zahtijevaju pohranu i upravljanje s puno različitih podataka kao što su bitmape, audio i video podaci i informacije za kontrolu perifernih jedinica
- RIFF omogućuje pohranu svih tih podataka, a sadržaj RIFF zapisa se identificira pomoću ekstenzije
 - Audio/visual interleaved data (.AVI)
 - Waveform data (.WAV)
 - Bitmapped data (.RDI)
 - MIDI information (.RMI)
 - Color palette (.PAL)
 - Multimedia movie (.RMN)
 - Animated cursor (.ANI)
 - A bundle of other RIFF files (.BND)
- jedino .avi je u potpunosti implementirao RIFF strukturu, .wav format je jednostavniji i obično koristi jednostavniju, stariju strukturu od tekućeg RIFF standarda

Broadcast wave format

- proširenje klasičnog wave-a za razmjenu audio zapisa (EBU)
- sadrži dodatni okvir ("broadcast chunk") sa slijedećim sadržajima:
- nedavno je predstavljeno proširenje wave-a i za višekanalne audio zapise
- postoji indikacija o vršnoj amplitudi audio zapisa za automatsku regulaciju pojačanja kod difuzije zvuka

Data	Size (bytes)	Description
ckID	4	Chunk ID = bext
ckSize	4	Size of chunk
Description	256	Description of the sound clip
Originator	32	Name of the originator
OriginatorReference	32	Unique identifier of originator (issued by EBU)
OriginatorDate	10	yyyy-mm-dd
OriginatorTime	8	hh-mm-ss
TimeReferenceLow	4	Low byte of first sample count since midnight
TimeReferenceHigh	4	High byte of first sample count since midnight
Version	2	BWF version number, e.g., 80001 is Version 1
UMID	64	UMID according to SMPTE 330M. If only 32-byte UMID, then second half should be padded with zeros.
Reserved	190	Reserved for extensions. Set to zero in Version 1.
CodingHistory	Unrestricted	Series of ASCII strings, each terminated by CR/LF (carriage return, line feed) describing each stage of audio coding history, according to EBU R-68.

.wma Windows media audio

- "WMA" format je Microsoftov odgovor na MP3
- došao je kao dio Windows media paketa u 2000. te je integriran u "Windows media player"
- MS obećava kvalitetu gotovo jednaku CD kvaliteti na samo 1/3 potrebnog prostora
- WMA sadržava "Digital Rights Management", odnosno mogućnost postavljanja zaštite presnimavanja zbog čega je više prihvaćen od strane glazbenih i filmskih izdavača
- omogućava i višekanalni audio
- on je gotovo predestiniran za internet uporabu zbog mogućnosti kontinuiranog toka podataka, zajedno s "windows media video" (WMV)
- on nije samostalni format (ne postoji odgovarajući koder u windowsima), pa se drugi formati ne mogu prebacivati u wma format

.mp3 Motion Picture Expert Group

- "MP3" je predstavljen je kao dio službenog MPEG-1 standarda 1992. i do danas je najpopularniji format za distribuciju glazbe
- Fraunhoferov institut koji ga je proizveo još uvijek drži patent MP3 tehnologije
- kompresija s gubicima, tipično 1:10
- MPEG-1 sloj II, III (.mp2, .mp3, .mpa)
- najviše su ga popularizirali "peer-to-peer" aplikacije (Napster), te činjenica da se može koristiti i kao tok podataka ("streamable")
- MPEG kodirani audio zapis može doći i u sklopu wav formata, ali je češći sirovi, MP3 format koji uz sebe ne sadrži dodatne podatke
- zato je dodan tzv. "ID3 tag" kao jednostavni oblik meta podataka s 128 bytea koji se dodaju na kraj zapisa kako ga pojedini reproduktori ne bi pokušali reproducirati kao audio

- postoji i napredna verzija "ID3v.2.2" koji informacijske podatke smješta unutar samog audio zapisa, moguće nakon svakog bloka

Table 2. A simple ID3 tag structure

Sign	Length (bytes)	Description
A	3	Tag identification; normally ASCII TAG.
B	30	Title
C	30	Artist
D	30	Album
E	4	Year
F	30	Comment string (only 28 bytes followed by '\0' in some versions)
G	1	This may represent track number or may be part of comment string.
H	1	Genre

.mp3PRO

- mp3PRO je razvijen u Fraunhofer institutu kao nova generacija mp3 standarda, predstavljen je 2001.
- reklamira se kao jednak po kvaliteti kao klasični MP3 sa zapisom polovične veličine
- to je postignuto daljnjom kompresijom visokih frekvencija
- i mp3PRO (kao i WMA prema WAV) je kompatibilan sa starom verzijom MP3-a te i on također ima mogućnost zaštite zapisa od kopiranja
- i on je jednako pogodan za prijenos internetom

.ra Real Audio

- "RA" format koristi ATRAC3 Sonyjevu tehniku kompresije kojom se postiže veći stupanj kompresije od ATRAC algoritama
- sadrži mehanizme kontrole vlasništva i reprodukcije zapisa, što nema MP3
- vrlo je pogodan za prijenos internetom, zajedno s Real Video formatom
- po kvaliteti se nalazi negdje između MP3 i WMA formata

.ogg Vorbis

- "OGG" standard je počeo nastajati 1993. pod nazivom "squish"
- on je od početka otvoreni format ("open source") pa tako ne ovisi o patentima
- nastao je kao zamjena za MP3 i WMA te je danas vrlo popularan
- svaka nova verzija nudi bolju kvalitetu kompresije, brzina prijenosa je varijabilna kao i u MP3 formatu (ne mora biti cijela pjesma komprimirana s istim tokom podataka), ali ujedno je kompatibilna i sa starijim verzijama i "playerima"
- ogg podržava i kompresiju više od 2 audio kanala

Kodiranje višekanalnog audia

- povećanje broja kanala brzo povećava i količinu podataka
- PCM (44,1 kHz, 16 bita, stereo) $B = 1,411 \text{ Mbit/s}$, 5.1 PCM $B = 3,598 \text{ Mbit/s}$, 1 sat glazbe: 635 MB \leftrightarrow 1,62 GB
- digitalna televizija (SAD) 384 kbit/s za audio
- očigledno je potrebna kompresija (192 kHz 24 bita)
- MPEG-2, Layer I, II, III, MC (multichannel) (1994)
 - broj audio kanala: 1 - 5.1
 - $F_{uz} = 32, 44.1, 48 \text{ kHz}$
 - rezolucija = 16 - 24
 - $B = 32 - 1130 \text{ kbit/s}$
- Dolby Digital (AC-3) (1991)
 - broj audio kanala: 1 - 5.1
 - $F_{uz} = 32, 44.1, 48 \text{ kHz}$
 - rezolucija = 16 - 24
 - $B = 32 - 640 \text{ kbit/s}$

DTS (1993)

- broj audio kanala: 1 - 10.1
- $F_{uz} = 8 - 192 \text{ kHz}$
- rezolucija = 16 - 24
- $B = 32 - 6144 \text{ kbit/s}$

MPEG AAC (1997)

- broj audio kanala: 1 - 48
- $F_{uz} = 8 - 96 \text{ kHz}$
- rezolucija = 16 - 24
- $B = \text{do } 576 \text{ kbit/s}$

DVD-A (1999)

- broj audio kanala: 1 - 6
- $F_{uz} = 44.1, 48, 88.2, 96, 176.4, 192 \text{ kHz}$
- rezolucija = 16 - 24
- $B = \text{do } 9,6 \text{ Mbit/s}$
- za 6 kanala, 24 bita, 96 kHz potrebna kompresija 2:1

DVD audio

- možda najperspektivniji format za višekanalni audio
- 12 cm optički disk: CD ima premalo prostora, DVD-video nema dovoljnu kvalitetu
- DVD-audio i SACD nude vrhunsku kvalitetu, u 2004. je produciran pokusni dvostrani DVD-A kojemu je jedna strana bila CD kompatibilna ("Dual Discs", "DVDPlus")
- DVD-video ne može biti zamjena za DVD-audio

Feature	DVD-Audio	DVD-Video	Comments
Audio bit rate	9.6Mb/s	6.144Mb/s	DVD-Audio allows higher quality
MLP compression	YES	NO	For higher quality & playing time
For audio-only players	YES	NO	Important for mobile players
Copy protection	Good	Poor	Required by content owners

- DVD-A može sadržavati i video dio, ali sa smanjenim mogućnostima i ne istovremeno s kvalitetnim audiom
- za vrijeme reprodukcije audia ne mogu se gledati drugi sadržaji, uključivo slike



- svaka strana diska se zove album
- svaki album se može dijeliti na 9 grupa, svaka grupa na 99 staza ("track"), i svaki track na 99 indeksa
- ATT (Audio Titles) se mogu koristiti za potrebe navigacije

- ukupno postoje 3 formata: DVD-A bez videa, DVD-A s videom, i DVD-V
- hibridni format još nije standard

Format	Contents	Will play on
DVD-Audio (no video)	Audio disc with optional text, menus & still pictures but no video	Audio-only, DVD-Audio and Universal players
DVD-Audio (with video content)	As DVD-Audio plus video from a subset of the DVD-Video specification	Universal player and DVD-Video player (video part only)
DVD-Video	Video but no DVD-Audio content	DVD-Video & Universal player
Hybrid	DVD-Audio (and DVD-Video) plus a CD layer.	DVD-Audio (& DVD-Video) & CD players

- kodiranje audio i video dijela na DVD-A

Parameter	Audio Object	Video Object
Coding mode	LPCM or MLP	LPCM or Dolby Digital
Sampling frequency (kHz)	44.1/48/88.2/96/ 176.4/192	48/96
Bits per sample	16/20/24	16/20/24
Max channels	6 (@ 96 kHz) or 2 (@ 176.4/192 kHz)	6 or 8
Max bit rate	9.6 Mb/s	6.144 Mb/s

- kod audio zapisa s 3 i više kanala, zapis takvih kanala se može podijeliti u 2 istovremene grupe kako bi se smanjila potrebna veličina zapisa
- kod 176,4 i 192 kHz moguća su samo 1 ili 2 kanala

Parameter	Channel Group 1	Channel Group 2
Sampling Frequency	48kHz	48kHz
	96kHz	96 or 48kHz
	44.1kHz	44.1kHz
	88.2kHz	88.2 or 44.1kHz
Bits per sample	16 bits	16 bits
	20 bits	20 or 16 bits
	24 bits	24, 20 or 16 bits

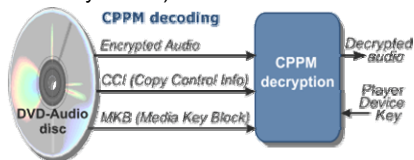
- MLP (meridian lossless packing, i kada se koristi

Sample Rate (kHz)	Quantisation	2 ch	4 ch	6 ch
44.1/48	16 to 24	LPCM/MLP		
96/88.2	16	LPCM/MLP		
96/88.2	20 or 24	LPCM/MLP	MLP	
192/176.4	16 to 24	MLP	None	

- nekoliko primjera

Audio channels	Configuration	Playing Time	
		Single layer	Dual layer
2 ch	192kHz, 24bits	120 mins	215 mins
6 ch	96kHz, 24bits	86 mins	156 mins
2 ch	44.1kHz, 16 bits	13 hours	23.6 hours

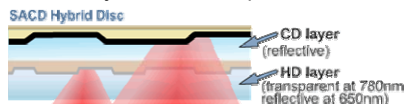
- zaštita od kopiranja je poboljšana u odnosu na DVD-V
- CPPM ("Content Protection for Pre-recorded Media") koristi 56-bitovni ključ u odnosu na 40-bitovni koji koristi CSS kod DVD-V
- svaki dekodirer ima unaprijed dodijeljeni ključ kojim može dobiti MKB ("Media Key Block")



- DVD-A koristi i "vodeni žig" ("watermarking") za zaštitu autentičnosti, posebno ako se audio snima s analognog ulaza kad on mora ostati sadržan, iako ne smije kvariti sam zvuk

Super Audio CD (SACD)

- konkurenti format DVD-audio
- razvijen od strane Philipsa i Sonyja
- ima slijedeće odlike:
 - pojasna širina do 100 kHz
 - 120 dB dinamičko područje
 - puna kvaliteta za sve kanale
 - hibridni disk (CD i DVD)
 - zaštita kopiranja i "watermark"
 - tekst, grafika i video
- za kodiranje se koristi DSD ("Direct Stream Digital") kao zamjena za PCM koji se smatra nepotrebnim međufomatom



DVD-audio vs SACD

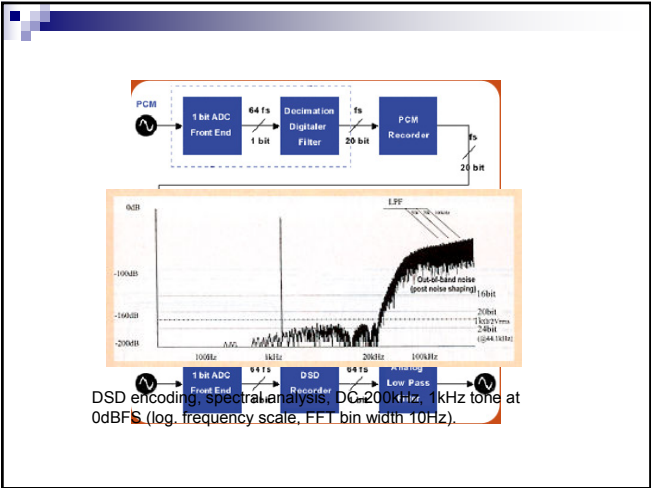
- DVD-audio je multimedijски format blisko vezan za DVD-video, dok je SACD napravljen kao isključivi audio format
- oba formata dolaze u 3 verzije:

Layers	Single Layer	Dual Layer	Hybrid
CD audio	No	No	Yes
DVD-A/V	4.7 GB A/V	8.5 GB A/V	4.7 GB A/V
SACD	4.7 GB Audio	8.5 GB Audio	4.7 GB Audio

- prednosti DSD-a pred PCM-om je da je jednostavniji i ne treba strme antialiasing filtre
- DSD ima određenih problema kod arhiviranja i distribucije; također pati od nelinearnosti i VF šuma
- DSD je teško editirati bez pretvaranja u PCM, ali je jednostavniji kod A/D pretvorbe

	DVD-Video	DVD-Audio	SACD
High resolution	No	Yes	Yes
Multi-channel	Yes	Yes	Yes
Audio coding	DD/DTS/PCM	PCM/MLP	DSD & DST
Max bit rate	6.144 Mb/s	9.6 Mb/s	-
Video and stills	Yes	Yes	No
Menus	Yes	Yes	No
Copy Protection	Weak	Strong	Stronger
Plays on:			
DVD-V player	Yes	DVD-Video*	No
DVD-A player	Yes	Yes	No
SACD player	Yes**	?	Yes
CD player	No	Yes (hybrid)	Yes (hybrid)

☐ * većina DVD-A sadrži i video sadržaj
☐ ** većina SACD reproduktora može reproducirati i DVD-V



Audio Metadata

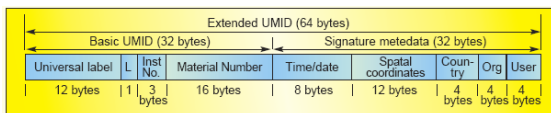
Što je METADATA

- metadata su podaci o podacima, odnosno svi oni podaci koji nisu esencijalni, ključni
- kod audio i video podataka, meta podaci opisuju, odnose se na ili strukturiraju ključne podatke
- podjela po tipovima:
 - "discovery metadata" - za knjižnice kako bi se pronašli ključni podaci
 - "preservation metadata" - daje detalje o prirodi i kvaliteti audia (npr. fs)
 - "intellectual property metadata" - određuje prava pristupa i daje informacije o vlasničkim odnosima
- EBU/SMPTE (European Broadcasting Union / The Society of Motion Picture and Television Engineers) su podijelili meta podatke za razmjenu programskog materijala u obliku toka podataka ("broadcasting metadata") u slijedeće kategorije:

- "essential" - sve informacije potrebne za dekodiranje esencije (npr. format i broj kanala)
- "access" - informacije potrebne za osiguravanje i kontrolu pristupa esenciji (npr. podaci o pravima)
- "parametric" - informacije koje definiraju detalje parametara esencije
- "composition" - kako kombinirati određeni broj drugih komponenata
- "relational" - informacije o sinkronizaciji i preklapanju komponenata
- "geospatial" - informacije koje se odnose na položaj izvora
- "descriptive" - informacije o katalogiziranju, pretraživanju i pristupu
- "other" - npr. skripte i definicije

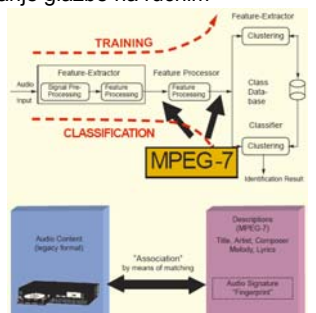
- meta podaci se dijele na one koji su uključeni u sam medijski tok podataka, ili su odvojeni od samih podataka, ali se odnose na njih
- u drugom slučaju se meta podaci mogu nalaziti i fizički odvojeni od ključnih podataka što ima dosta zagovornika, ali uvijek postoji opasnost da se ta veza izgubi te na taj način ključni podaci postanu bezvrijedni (npr. analogni audio zapis na vrpici bez natpisa)
- glavni razlog velikog zanimanja profesionalnog audio svijeta za metadata je pojavljivanje zahtjeva za izradom robusne, automatizirane informacijske veze između sustava svih vrsta, bez obzira da li oni obrađuju sadržaj, meta podatke ili alfanumeričke podatke
- određeni audio zapis se može pojaviti u mnoštvo formata, oblika, s različitim autorskim pravima i dozvolama što sve mogu i moraju regulirati meta podaci

- neki od osnovnih metapodataka sadrže relativno jednostavne oznake sadržaja, slično kao ISBN broj kod knjiga
- primjer je i UMID (Unique Material Identifier) SMPTE organizacije
- UMID služi kao identifikacija jedinstvenog materijala (npr. audio zapisa), a struktura mu izgleda kao na slijedećoj slici
- UMID generira broj materijala automatski, u trenutku kad je materijal nastao



- druga poznata grupa meta podataka služi za arhiviranje i pristup materijalima (npr. jednostavni Dublin Core, te standardi SMPTE-a, AES-a, MPEG-7)

- primjer alata za audio identifikaciju odnosno sustavi otiska prsta ("fingerprinting system") baziran na MPEG-7 standardu prikazan je na slijedećoj slici
- može poslužiti za traženje sadržaja na internetu, monitiranje difuzije materijala i prepoznavanje glazbe na ručnim računalima / reproduktorima



- neki proizvođači su također proizveli strukture meta podataka za audio potrebe
- zanimljiv primjer je Dolby Lab koji uz višekanalne audio podatke donosi i niz meta podataka (npr. Dolby Digital ili Dolby E)
- za potrošače su to informacije o formatu kanala (mono, 2 kanala, 5.1 kanala), parametri downmix-a, razina glasnoće dijaloga i dinamički raspon kako bi dekodir kod reprodukcije mogao optimirati kvalitetu zvuka koji se reproducira
- u profesionalnom formatu meta podaci mogu uključivati i konfiguraciju programa, brzinu video zapisa ("frame rate"), vremenski kod, pojačanje pojedinih kanala te indikacija pokazivača

DAW

digital audio workstation

DAW razvoj i zahtjevi

- audio revolucija na internetu korištenjem MP3 formata
- druga vrsta revolucije su jeftini audio sustavi bazirani na PC-u (DAW) koji omogućuju kvalitetu sličnu radu u velikim studijima



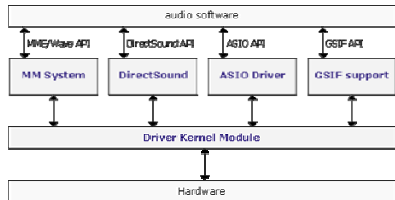
- zvučne kartice integrirane na matičnim pločama imaju odnos S/Š čak do 85dB, a kvalitetnije dodane kartice koje rade s rezolucijom 24 bita i preko 100 dB
- specifični zahtjevi na PC:
 - zvučna kartica
 - brzina procesora i pouzdanost
 - tihi rad
 - velika propusnost podataka
 - veliki kapacitet pohrane (hard disc recording)
- DAW postoji i u ne PC varijanti (npr. Yamaha Motif), ali PC je puno prilagodljiviji



DAW OS



- Glavni DAW OS je preko 10 godina bio Macintosh
- PC je postao konkurentan dolaskom Steinbergovih ASIO API (Application Programming Interface) drivera zbog male latencije i pristupa svim audio kanalima kroz jedan uređaj ("device") za razliku od Microsoftovih wave/MME
- DirectSound nema snimanje



Slika Tamnijom bojom je označen "driver" u užem smislu

latencija sustava

- latencija (kašnjenje) DAW sustava ovisi o 3 nezaobilazna faktora:
 - DA i AD pretvarači u zvučnoj kartici unose kašnjenje. Tipično kašnjenje iznosi 30-50 uzoraka, što odgovara 1-1,5 ms kašnjenja na 44,1 kHz
 - OS (Win9x, NT, 2k, XP) unosi kašnjenje prekida (interrupt latency), vrijeme između pojave zahtjeva za prekidom i reakcije najnižeg sloja drivera. Ono iznosi od 1 ms do preko 100 ms za najgori slučaj
 - kašnjenja unutar OS-a zbog ev. loše pisanog koda, ono se može izbjeći pametnim podešavanjem prioriteta pristupa
- slijedi da je najmanja moguća latencija na PC-u oko 2 ms
- Windows XP je najstabilniji Microsoft sustav za DAW, s najboljom kontrolom i najmanjom latencijom
- Linux postaje također sustav koji se može koristiti za DAW razvojem podrške proizvođača zvučnih kartica

Windows XP

- važno je OS optimirati za korištenje računala kao DAW
- TASCAM-ove preporuke za optimizaciju:
 - minimalni hardverski zahtjevi - procesor barem 1 GHz, RAM memorija barem 512 MB, HDD barem 10 GB
 - za DAW koristiti svježe instalirani OS, jer stari programi mogu imati zaostale informacije u "registry"
 - provjeriti da li svi dijelovi hardvera (posebno zvučna i grafička kartica) imaju drivere pisane za win XP kako ne bi bili nestabilni u radu
 - struktura podataka na HDD trebala bi biti NTFS zbog veće kontrole pristupa podacima (DAW su obično spojeni preko računalnih mreža); ako se koristi paralelno i stariji windows 98 (tzv. "dual boot"), FAT 32 je jedini izbor zbog kompatibilnosti

- ACPI (Advanced Configuration and Power Interface) pomaže windowsima u efikasnijem alociranju sisitemskih resursa tako da svim periferalnim jedinicima pridjeljuje jedan IRQ; to narušava audio performanse pa ga treba isključiti
- veličina HDD-a mora odgovarati potrebama DAW-a (broj kanala, rezolucija, frek. uzorkovanja)
- potrebno je isključiti sve windows integrirane aplikacije koje mogu svojim povremenim uključivanjem narušiti stabilnost rada s audiom koji zna biti vrlo zahtjevan prema računalu
- to su npr. "Windows Messenger", "screen saver", optička poboljšanja windowsa, "windows system sound", "system restore"
- windowse namjestiti za "best performance for background service" - potrebno za ASIO drivere

- virtualnu memoriju namjestiti u ovisnosti o količini RAM memorije, manje RAM-a zahtijeva više virtualne memorije
- isključiti mogućnost više istovremenih korisnika na istom DAW računalu ("user log on")
- isključiti autostart određenih sistemskih programa i antivirusne programe koji su rezidentni u memoriji računala
- isključiti "write cache enabled" kako bi sustav podatke upisivao izravno na HDD, a ne u međuspremnik ("buffer")
- prijenos podataka na HDD obavezno u "DMA" a ne u "PIO" načinu rada
- često defragmentiranje za ubrzavanje rada

DAW programska podrška (softver)

- postoji velik broj različitih DAW konfiguracija
- DAW = hardver + softver
- softver se dijeli prema glavnom mjestu primjene: **audio, MIDI, petlje**
- audio softver služi primarno za snimanje, editiranje i miješanje audio kanala, posebno ako se snima veći broj instrumenata istovremeno
- svi imaju rezoluciju od 24 bita i veću, te podržavaju frekvencije uzorkovanja do 192 kHz
- tipični primjeri su: Digidesign **Pro Tools**, Steinberg **Nuendo**, Lexicon **Pro Track Plus**, Cakewalk **Music Creator**, Sony **Sound Forge**, Adobe **Audition** (ex Cool Edit Pro), Magix **Samplitude Professional**

- MIDI sekvenceri podržavaju MIDI zapis, ali često kombiniraju i rad s audio zapisom, kao i rad s petljama
- u MIDI okruženju je moguće napraviti cijele kompozicije
- tipični predstavnici su: Emagic **Logic Pro**, MOTU **Digital Performer**, Steinberg **Cubase SX**, Cakewalk **Sonar**, Mackie **Tracktion**
- treća grupa je softver koji se primarno bavi audio zapisom u formi petlji (tipično za hip-hop i elektronsku glazbu)
- tipično podržavaju automatsko podešavanje visine i tempa svake petlje koja se dodaje kompoziciji što vrlo olakšava stvaranje glazbe
- predstavnici su: Sony **Acid**, Image-Line Software **FL Studio**, Ableton **Live**, Cakewalk **Plasma**, Apple **GarageBand**



Slika Pro Tools, Nuendo, Sonar, Acid

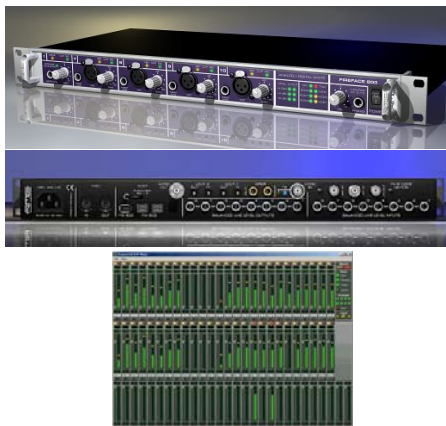
Profesionalne zvučne kartice

- neki predstavnici:
 - ☐ TASCAM
 - ☐ Aardvark
 - ☐ Creamware
 - ☐ Echo digital audio
 - ☐ EST
 - ☐ Frontier
 - ☐ Hoontech
 - ☐ Marian
 - ☐ M-audio
 - ☐ MOTU
 - ☐ RME (Nuendo)
 - ☐ Sonorus
 - ☐ Soundscape
 - ☐ Terratec



- odlike prof. zvučnih kartica su:
 - A/D i D/A pretvarači izvan kućišta računala
 - napajanje preko USB ili firewire konektora (nema problema s 50 Hz)
 - računalo minimalno hardverski opterećeno, kontrolna kartica (PCI, PCMCIA, USB) samo kontrolira protok podataka
 - analogni ulazi i izlazi u nesimetričnim i simetričnim izvedbama
 - kod nekih postoje i mikrofonska napajanja
 - rezolucija do 24 bita, frek. uzorkovanja do 192 kHz
 - paralelno po 8 analognih i digitalnih ulaza / izlaza, i to je modularno
 - ADAT i SPDIF dig. ulazi i izlazi, ASIO i GSIF driveri, softversko namještanje latencije, precizna kontrola ulaznih i izlaznih razina (negdje izvedene i pomoću klizača), sinkronizacija ("world clock")
 - MIDI ulazi i izlazi
 - izlazi za slušalice s kontrolom glasnoće
 - prof. programska podrška obično prati kartice u paketu
 - uz sve dobiveno ne (pre)velika cijena

RME Fireface 800



TECHNICAL SPECIFICATIONS (56 kanala, 24 bita, 192 kHz)

- **Input AD:** 8 x 1/4" TRS, 4 x XLR Mic, 1/4" TRS Line, all servo-balanced. 1 x 1/4" TS unbalanced
- **Output DA:** 8 x 1/4" TRS, servo-balanced, DC-coupled signal path. 1 x 1/4" TRS unbalanced
- **Input Digital:** 2 x ADAT optical or SPDIF optical, SPDIF coaxial (AES/EBU)
- **Output Digital:** 2 x ADAT optical or SPDIF optical, SPDIF coaxial (AES/EBU)
- **MIDI:** 1 x MIDI I/O via 5-pin DIN jacks, for 16 channels low jitter hi-speed MIDI
- **Dynamic range AD:** 109 dB RMS unweighted, 112 dBA
- **THD AD:** < -110 dB (< 0.00032 %)
- **THD+N AD:** < -104 dB (< 0.00063 %)
- **Crosstalk AD:** > 110 dB
- **Dynamic range DA:** 116 dB RMS unweighted, 119 dBA (unmuted)
- **THD DA:** < -103 dB (< 0.0007 %)
- **THD+N DA:** < -100 dB (< 0.001 %)
- **Crosstalk DA:** > 110 dB
- **Sample rate internally:** 32, 44.1, 48, 64, 88.2 kHz, 96 kHz, 128, 176.4, 192 kHz
- **Sample rate externally:** 28 kHz - 200 kHz
- **Frequency response AD/DA:** -0.1 dB: 5 Hz - 21.5 kHz (sf 48 kHz)
- **Frequency response AD/DA:** -0.5 dB: < 5 Hz - 43.5 kHz (sf 96 kHz)
- **Frequency response AD/DA:** -1 dB: < 5 Hz - 70 kHz (sf 192 kHz)

Hard Disc Recording

- digitalni nekomprimirani audio zauzima puno memorije
- broj bitova/s = bitovna dubina x frekvencija uzorkovanja

audio kanal (mono)		
bitova	frek. uz. (kHz)	~ MB/min
16	44,1	5
16	48	5,5
24	44,1	7,6
24	96	16,5

- kod 24 bitova 96 kHz i 16 mono kanala -> ~264 MB/min
- kod profesionalnog audia ne koristi se kompresija u procesu snimanja

- ključna je i brzina prijenosa podataka ("transfer rate") čvrstog diska
- to je maksimalna brzina koja je u relalnim uvjetima uvijek nešto niža (75% - 80%), ovisno o postavama računala
- važna je i brzina pristupa podacima, količina "cache" memorije, a nije ni zanemariva buka zbog rada diskova
- jako fragmentirani diskovi također smanjuju efikasnu brzinu pisanja i čitanja audio podataka - optimizacija i defragmentiranje

Alesis HD-24 24 Track Hard Disc Recorder



Alesis HD-24 24 Track Hard Disc Recorder Specifications

MEDIA: Any internal IDE hard drive.

TRACK COUNT: 24 tracks at 24-bit/48kHz, 12 tracks at 24-bit/96kHz.

SAMPLE RATES: Digital: 44.1–96kHz. Analog: 44.1–48kHz (HD24). Upgrade HD24 to 96kHz with the EC-2.

CONNECTIONS:

Analog: 24 24-bit inputs, 24 24-bit outputs (1/4" TRS, +4dBu).

Digital: 24-channel I/O via 3 ADAT Optical inputs and 3 ADAT Optical outputs.

Other: MIDI in/out, Alesis Sync in/out (DB-9), Word Clock input (BNC, 75 Ω), Footswitch jack for punch in/out (1/4"), LRC input for traditional wired remote (1/4"), 10 Base-T Ethernet (RJ-45).

AUDIO SPECS:

Frequency response: 20Hz–20kHz +0/–1dB. Dynamic range: 103dB A/D, >103dB D/A (A-weighted).

Distortion: <0.003% THD+N. Input levels: nominal +4dBu, maximum +19dBu.

Pitch control: +100 cents/–200 cents, min-max 30–50kHz (30–100kHz with version 2.0).

Frequency response: 20Hz–20kHz +0/–1dB. Dynamic range: 103dB A/D, >103dB D/A (A-weighted).

Pitch control: +100 cents/−200 cents, min-max 30–50kHz (30–100kHz with version 2.0).