

Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za računalništvo
in informatiko*



PRODUKCIJA MULTIMEDIJSKIH GRADIV (PMG)

DIGITALNA MULTIMEDIJA OSNOVE – 2. DEL

Borut Batagelj

V1.2
2026



Vsebina

- Digitalna predstavitev multimedije
 - Slike
 - Video in animacija
 - Zvok
 - Besedilo
 - Interaktivnost
 - Metapodatki
 - Navidezna resničnost



Digitalna predstavitev medijev

- Digitalna multimedija > digitalni podatki > digitalna obdelava > digitalno shranjevanje
- Skupni imenovalec za vse digitalne medije = **digitalna narava podatkov**
 - Slika
 - Video
 - Animacija
 - Zvok
 - Besedilo
- Interaktivnost

Primer: slike

- Predstavitev v tekstovni (SVG) ali
- binarni obliki:
 - Formati (programi: PSD, izmenjava: JPG, GIF)



Slike



Slike

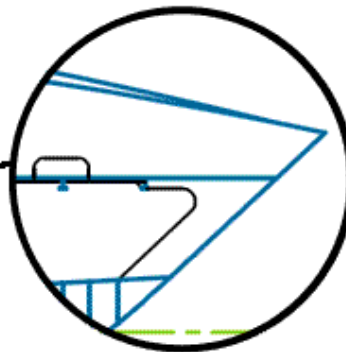
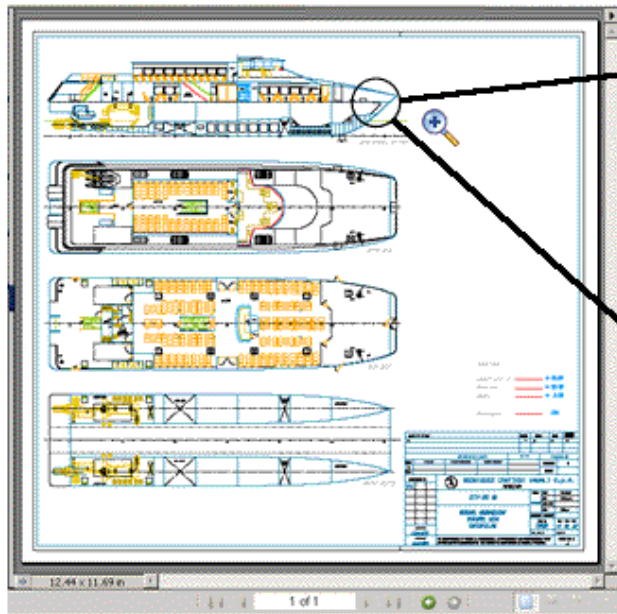
- Pravokotno polje slikovnih elementov
 - Ločljivost (resolucija)
 - Barva globina
 - Rendering (upodobitev) slike
 - Logični (na disku) in fizični (na ekranu) slikovni elementi
- Rastrska (bitna) grafika
- Vektorska grafika



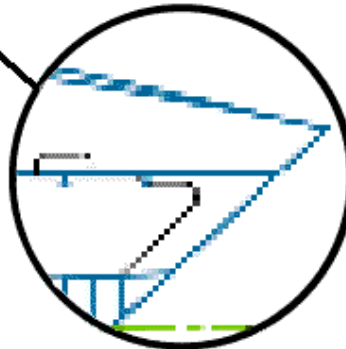


Rastrska in vektorska grafika

- Rastrska (bitna) slika – predstavljena s slikovnimi elementi
- Vektorska slika – predstavljena z obliko in barvo, matematičnimi krivuljami



Vektorska slika



Rastrska slika



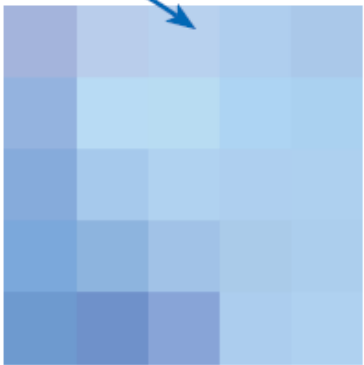
Rastrska predstavitev slike

- Logični slikovni elementi – na disku
- Fizični slikovni elementi – prikazani na ekranu
- Prostorsko zahtevna predstavitev
- Odvisna od ločljivosti
- Primerna za fotografije

logical pixels

9BB5FF	B1CFFF	B0D2FF	A9CFFF	9FCBFF
86B5F9	B0DBFF	ADD9FF	A9D6FF	9FD3FF
7AACEB	A0CCFF	A6D3FF	A1D0FF	A0D0FF
74A8E2	87B7F9	99C4FF	A3D0FF	A2D0FF
6698D3	6491D5	7AA6EF	A1CEFF	A5D2FF

physical pixels





Vektorska predstavitev slike

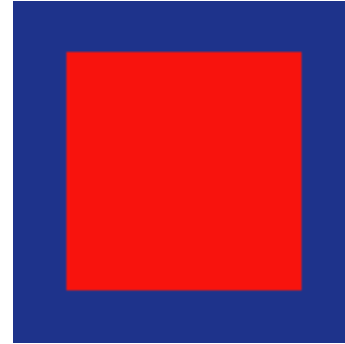
- Matematični opis posameznih elementov
- Fizični slikovni elementi se izračunajo
- Veliko bolj kompaktna predstavitev
- Ni odvisna od ločljivosti (odvisna od št. elementov)
- Se lahko poljubno povečuje brez izgube kvalitete
- Primerna za sintetične slike





Rastrska in vektorska grafika

- Rastrska (bitna) slika
- Vektorska slika
 - SVG



```
<svg xmlns="http://www.w3.org/2000/svg" version="1.1">  
<path fill="#F8130D" stroke="#1E338B" stroke-width="20"  
d="M118,118 H10 V10 H118 V118 z" />  
</svg>
```

Izračunaj: Koliko prostora zasede slika s prvo predstavitevijo in koliko z drugo?



Urejanje slik

- Vektorska grafika
 - Izberemo in urejamo lahko posamezne dele
 - Enostavna transformacija
- Rastrska grafika
 - Težko izberemo posamezne dele
 - Slikovni filtri (glajenje, ipd.) se izvedejo na slikovnih elementih





Povečevanje slik

- Pri vektorski grafiki brez izgube kvalitete
 - slik. elementi se izračunajo
- Pri rastrski grafiki se s povečevanje kvaliteta slabša
 - logični slik. element se preslika v več kot en fizični element





Bitna ali vektorska slika?

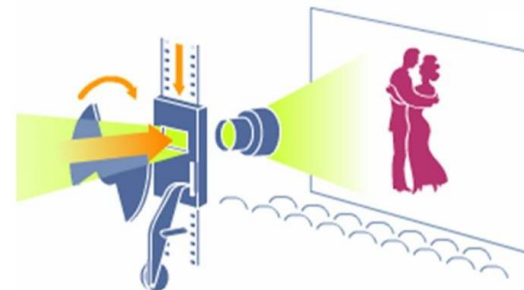
- Zahteve po spominu
- Vizualne lastnosti slike
- Možnosti transformacije
- Možnosti efektov
- Izvor slike določa tip



Video in animacija



Video in animacija



- Vztrajnost vida: človeško oko vidi sliko še nekaj časa po tem, ko ni več izpostavljeno stimulusu
- Frekvenca zlivanja (fusion frequency): okrog 40 slik na sekundo
- Če dovolj hitro prikazujemo posamezne slike, človeško oko to zazna kot zvezno gibanje (min 16fps)

What's the frame rate of our eyes? 

- **perceptualni wagon-wheel effect**
- Dve vrsti gibajočih slik:
 - Igrani (live-action) - Video
 - Animacija



Video

- Digitalni video
- Okvirji videa so rastrske slike
- DV standard (PAL)
 - 720x576 slikovnih elementov
 - 25 slik na sekundo
 - Nekompresiran: 25MB/s
 - > kompresija





Animacija

- Zaporedje slik
- Lahko tudi vektorske
- Interpolacija med vektorskimi slikami
- Dinamično generirane animacije (modeliramo fizično gibanje)
- Interakcija

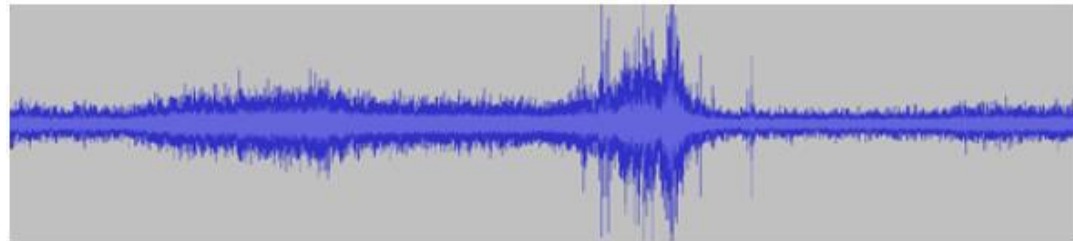




Zvok



Zvok



- Zvok nastane zaradi hitrih sprememb zračnega tlaka



Mikrofon to pretvori v električni signal => avdio signal

ADC digitalizacija => digitalni signal

- 44.100 Hz (CD), 48kHz, 96kHz, 192kHz
- Distribucija: podcasti (RSS),
 - mp3 (MPEG-2 Layer 3 Audio),
 - AAC (Advanced Audio Codec) ,
 - Ogg Vorbis (Open Source)
- Digitalen zapis
 - Lažje spreminjanje (tona, hitrosti, trajanje)
 - Ustvarjanje novih kompozicij (MIDI)



Zvok - formati

Brez kompresije

WAV (univerzalen) in **AIFF** (Apple)

Brezizgubna kompresija (Lossless)

FLAC – Lossless codec developed by Xiph.Org Foundation

ALAC = Apple Lossless

WavPack = a free and open-source

APE (Monkey's Audio) ni tako razširjen ima pa boljšo kompresijo, počasnejši pri kodiranju in dekodiranju

Izgubni (Lossy Formats)

MP3: MPEG Audio Layer III

AAC: Advanced Audio Coding, malce boljše kot mp3, (iTunes)

Ogg Vorbis, opensource, ni toliko razširjen format

WMA = Windows Media Audio (Microsoft) ni toliko razširjen



Besedilo



Tekst

- Znaki so zakodirani po kodnih tabelah

Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr
0	0	000	NUL (null)	32	20	040	 	Space	64	40	100	@	@	96	60	140	`	`
1	1	001	SOH (start of heading)	33	21	041	!	!	65	41	101	A	A	97	61	141	a	a
2	2	002	STX (start of text)	34	22	042	"	"	66	42	102	B	B	98	62	142	b	b
3	3	003	ETX (end of text)	35	23	043	#	#	67	43	103	C	C	99	63	143	c	c
4	4	004	EOT (end of transmission)	36	24	044	$	\$	68	44	104	D	D	100	64	144	d	d
5	5	005	ENQ (enquiry)	37	25	045	%	%	69	45	105	E	E	101	65	145	e	e
6	6	006	ACK (acknowledge)	38	26	046	&	&	70	46	106	F	F	102	66	146	f	f
7	7	007	BEL (bell)	39	27	047	'	'	71	47	107	G	G	103	67	147	g	g
8	8	010	BS (backspace)	40	28	050	(	(	72	48	110	H	H	104	68	150	h	h
9	9	011	TAB (horizontal tab)	41	29	051	)	)	73	49	111	I	I	105	69	151	i	i
10	A	012	LF (NL line feed, new line)	42	2A	052	*	*	74	4A	112	J	J	106	6A	152	j	j
11	B	013	VT (vertical tab)	43	2B	053	+	+	75	4B	113	K	K	107	6B	153	k	k
12	C	014	FF (NP form feed, new page)	44	2C	054	,	,	76	4C	114	L	L	108	6C	154	l	l
13	D	015	CR (carriage return)	45	2D	055	-	-	77	4D	115	M	M	109	6D	155	m	m
14	E	016	SO (shift out)	46	2E	056	.	.	78	4E	116	N	N	110	6E	156	n	n
15	F	017	SI (shift in)	47	2F	057	/	/	79	4F	117	O	O	111	6F	157	o	o
16	10	020	DLE (data link escape)	48	30	060	0	0	80	50	120	P	P	112	70	160	p	p
17	11	021	DC1 (device control 1)	49	31	061	1	1	81	51	121	Q	Q	113	71	161	q	q
18	12	022	DC2 (device control 2)	50	32	062	2	2	82	52	122	R	R	114	72	162	r	r
19	13	023	DC3 (device control 3)	51	33	063	3	3	83	53	123	S	S	115	73	163	s	s
20	14	024	DC4 (device control 4)	52	34	064	4	4	84	54	124	T	T	116	74	164	t	t
21	15	025	NAK (negative acknowledge)	53	35	065	5	5	85	55	125	U	U	117	75	165	u	u
22	16	026	SYN (synchronous idle)	54	36	066	6	6	86	56	126	V	V	118	76	166	v	v
23	17	027	ETB (end of trans. block)	55	37	067	7	7	87	57	127	W	W	119	77	167	w	w
24	18	030	CAN (cancel)	56	38	070	8	8	88	58	130	X	X	120	78	170	x	x
25	19	031	EM (end of medium)	57	39	071	9	9	89	59	131	Y	Y	121	79	171	y	y
26	1A	032	SUB (substitute)	58	3A	072	:	:	90	5A	132	Z	Z	122	7A	172	z	z
27	1B	033	ESC (escape)	59	3B	073	;	;	91	5B	133	[	[	123	7B	173	{	{
28	1C	034	FS (file separator)	60	3C	074	<	<	92	5C	134	\	\	124	7C	174	|	
29	1D	035	GS (group separator)	61	3D	075	=	=	93	5D	135	]	]	125	7D	175	}	}
30	1E	036	RS (record separator)	62	3E	076	>	>	94	5E	136	^	^	126	7E	176	~	~
31	1F	037	US (unit separator)	63	3F	077	?	?	95	5F	137	_	_	127	7F	177	&#127;	DEL



- A B C Č D E F G H I J K L M
N
O P R S Š T U V Z Ž
a b c č d e f g h i j k l m n o p
r s š t u v z ž
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0



Postavitev

- Zapis besedila na različne načine

MOLOREET VOLOREET EX-
EROS
Etum adionse feuis non
henim ipsusting etum
iriure magna feu feummy
nis augiam, quat.
Minit nibh exer aut au-
gait wisim autpat. Ut
irilit pratisci blam-
conse min ullaorper il
deliquamet, volorer os-
trud te magna at. Upta-
tie dolore doluptat nim
velisci psuscidui tat.
Lum veniatum vel init
lum velit am dolutat,
sissequis numsandreet
at.

Moloreet Voloreet Exeros

Etum adionse feuis non henim
ipsusting etum iriure magna feu
feummy nis augiam, quat.

Minit nibh exer aut augait wisim
autpat. Ut irilit pratisci blamconse
minullaorperildeliquamet,volorer
ostrud te magna at. Uptatie dolore
doluptat nim velisci psuscidui tat.
Lum veniatum vel init lum velit am
dolutat, sissequis numsandreet at.

Katero besedilo je lažje prebrati?



Vsebina in oblika

- Besedilo je sestavljeno iz vsebine, ki jo sporoča in oblike (postavitev in tipografija), ki je uporabljena za prikaz

Lorem ipsum dolor sit amet
Consectetur adipisicing elit
Sed do eiusmod tempor
Incididunt ut labore
Dolore magna aliqua

Tema Tis Rolod Muspi Merol

DEFT WIDGETS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.



Vsebina in oblika na spletu

- HTML dokument (vsebina)
- CSS dokument (oblika)

HTML

```
<li><a href="tis">Tis</a></li>
<li><a href="rolod">Rolod</a></li>
<li><a href="muspi">Muspi</a></li>
<li><a href="merol">Merol</a></li>
</ul>
<div id="content">
  <ul class="sidebar">
    <li>Lorem ipsum dolor sit amet</li>
    <li>Consectetur adipisicing elit</li>
    <li>Sed do eiusmod tempor</li>
    <li>Incididunt ut labore</li>
    <li>Dolore magna aliqua</li>
  </ul>
  <h1>Deft Widgets</h1>
  <p>Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed
do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim
ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip
ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in
voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint
occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit
anim id est laborum.
  </p>
  <p>Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed
```

CSS

```
font-family: Optima, Times, Georgia, serif;
letter-spacing: 0.5em;
font-size: 1.1em;
font-weight: bold;
text-align: center;
padding-bottom: 0.8em;
text-transform: uppercase; }

p {
  text-align: justify;
  padding-bottom: 1em; }

ul.sidebar {
  font-family: Optima, Times, Georgia, serif;
  list-style-type: none;
  float: left;
  margin-left: -15em;
  padding-top: 2.2em;
  width: 12em; }

.sidebar li {
  padding-bottom: 1.2em; }

ul.navbar {
  list-style-type: none;
  padding: 1.5em 0 1em 0;
  margin: 0 0 2em 0;
  border-bottom: 2px dotted #DAB2D5;
  text-align: center; }

.navbar li {
  display: inline;
  padding: 0 1em;
  font-size: 1.2em; }
```



Interaktivnost

- Interaktivnost je omogočena z izvajanjem programa kot odziv na uporabnikovo akcijo
- Prevajalnik
- Interpreter
 - Skriptni jezik (JavaScript, ActionScript)
 - DOM (Document Object Model)



- Interaktivnost vnaša povsem novo dimenzijo v medije in multimedijske predstavitve



Metapodatki

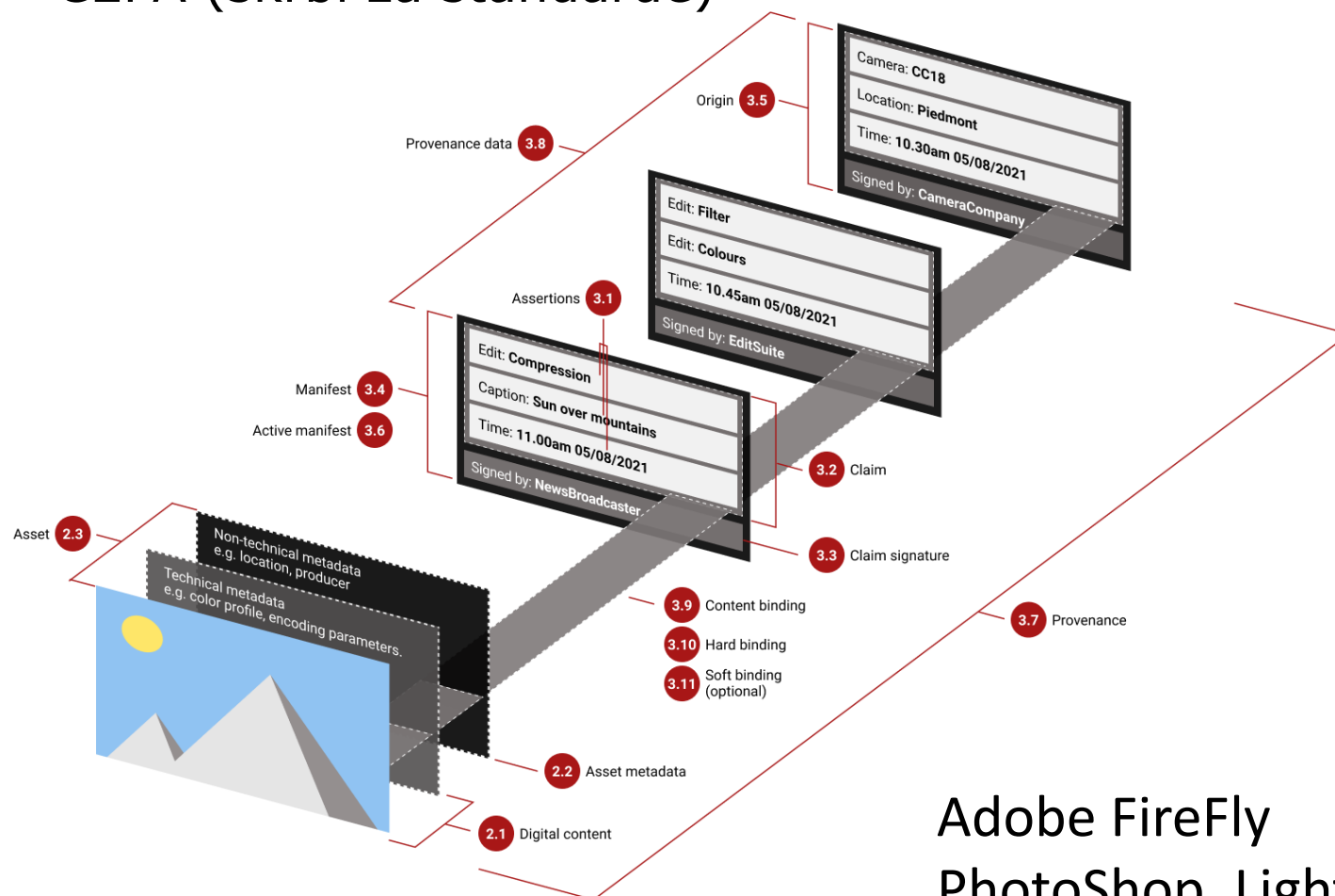
- Metapodatki so strukturirani podatki o podatkih
- Omogočajo lažjo organizacijo in iskanje
 - Datum in čas zapisa
 - Lokacija (GPS)
 - Zaznamki
 - Komentari,...
- Standardi definirajo formate metapodatkov
 - Pripeti k multimedijskim datotekam
 - EXIF: metapodatki o fotografijah
 - IPTC: Izmenjava podatkov med tiskovnimi agencijami
 - Dublin Core: Opis katerihkoli podatkov
 - Ločeni od vsebine (podatkovna baza)
 - RDF/XML
 - XMP – format, ki ga uporablja Adobe



Metapodatki in lažne novice



- CAI (<https://contentauthenticity.org/>) (arhitekt)
- C2PA (skrbi za standarde)



Adobe FireFly
PhotoShop, LightRoom



Povzetek

- Načini predstavitve slik, videa, animacije, zvoka in teksta s pomočjo bitov so točno določeni
- Medijski podatki so lahko predstavljeni tekstovno v primernem jeziku ali binarno v posebni strukturi
- Slike prikažemo kot polje slikovnih elementov in predstavljene z notranjim modelom. Generiranju slikovnih elementov iz modela pravimo upodobitev (*rendering*).



Povzetek

- Sliko lahko modeliramo kot polje bitnih vrednosti ali kot vektorsko grafiko
- Bitna slika je polje logičnih slikovnih elementov (nosijo informacijo barve), ki se za prikaz lahko neposredno preslikajo v fizične slikovne elemente
- Pri vektorski grafiki, je slika zapisana kot matematični opis množice črt, krivulj in oblik, ki skupaj tvorijo sliko, ki se za upodobitev preračunajo
- Vektorske grafike so običajno manjše kot bitne, so neodvisne od ločljivosti in se lahko povečujejo brez izgube kvalitete, ampak so primerne samo za določen tip slik, ki so sintetične, ne pa za fotografije



Povzetek

- Premikajoče se slike so lahko posnetek živih akcij ali animacije
- Žive akcije shranimo kot video. Animacijo lahko predstavimo tudi v druge bolj prilagodljive in učinkovite načine
- Video okvirji zavzamejo veliko prostora, zato se za prenos vedno kompresirajo
- Digitaliziran zvok predstavlja zaporedje vzorcev
- CD je vzorčen z 44.1 kHz, lahko pa se uporablja še večje vzorčenje
- Avdio se za prenos kompresira, največkrat s kodekom mp3



Povzetek

- Kodna tabela določa preslikavo med znaki in kodami
- Kodna tabela Unicode se uporablja za predstavitev vseh svetovnih jezikov
- Pisava je zbirka znakovnih krivulj imenovanih glifi
- Upoštevati moramo tudi postavitev, ko prikazujemo besedilo



Povzetek

- Interaktivnost se zgodi s pomočjo programa kot odgovor na uporabnikovo zahtevo
- V multimediji so programi običajno napisani v skriptnih jezikih kot sta *JavaScript* in *ActionScript*
- Metapodatki so strukturirani podatki o podatkih, ki so pripeti medijskim datotekam za pomoč pri iskanju in klasifikaciji.