

Γραφικά Υπολογιστών

Ιόνιο Πανεπιστήμιο
Τμήμα Πληροφορικής

Στέργιος Παλαμάς, Επίκουρος Καθηγητής

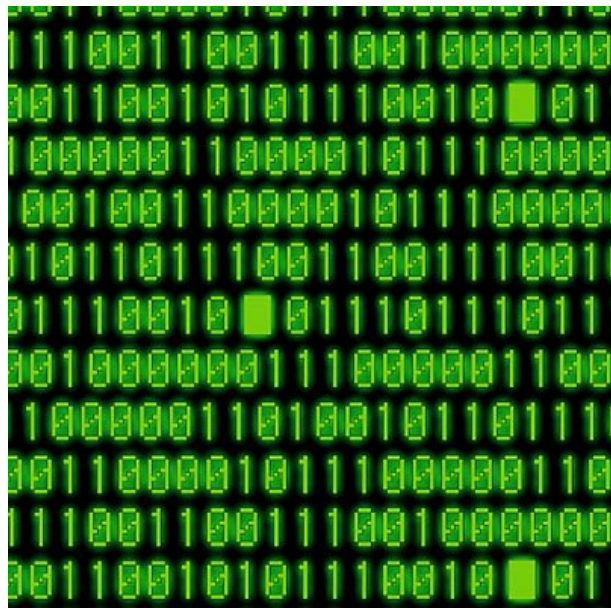
Μάθημα 1:

Ψηφιακή Αναπαράσταση

1. Αριθμοί: Το Δυαδικό Σύστημα

Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές λόγω της κατασκευής τους από ηλεκτρονικά κυκλώματα (λυχνίες , τρανζίστορ και τελικά ολοκληρωμένα κυκλώματα) βάσισαν τη λειτουργία τους δε δύο καταστάσεις. Αναπόφευκτα οδηγηθήκαμε λοιπόν στο δυαδικό σύστημα και στην αναπαράσταση των πάντων με δύο ψηφία : **0 και 1**

Τα πάντα στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές επεξεργάζονται και αποθηκεύονται ως μια σειρά 0 και 1



Αριθμοί στο Δυαδικό Σύστημα

Στην καθημερινή μας ζωή χρησιμοποιούμε το δεκαδικό σύστημα που στηρίζεται στα ψηφία 0-9. Στο δυαδικό σύστημα έχουμε μόνο 2 ψηφία το 0 και το 1.

130		2		65		2		32		2		16		2		8		2		4		2		2		2		1		
—				—				—				—				—				—				—		—		—		—
0				1				0				0				0				0				0				1		

Από δεξιά προς αριστερά

1 0 0 0 0 0 1 0

Μετατροπή του δεκαδικού 130 σε δυαδικό (10000010)

Αριθμοί στο Δυαδικό Σύστημα

Αξίες	1000	100	10	1
Αριθμός _{<10>}	1	6	2	5

→ $1000*1 + 6*100 + 2*10 + 5*1 = 1625$

Αξίες	128	64	32	16	8	4	2	1
Αριθμός _{<2>}	1	0	0	0	0	0	1	0

→ $1*128 + 1*2 = 130$

Μετατροπή του δυαδικού 10000010 σε δεκαδικό 130

Αριθμοί στο Δυαδικό Σύστημα

Αξίες	1000	100	10	1		
Αριθμός _{<10>}	1	6	2	5	→	$1000*1 + 6*100 + 2*10 + 5*1 = 1625$

Αξίες	128	64	32	16	8	4	2	1		
Αριθμός _{<2>}	1	0	0	0	0	0	1	0	→	$1*128 + 1*2 = 130$

Μετατροπή του δυαδικού 10000010 σε δεκαδικό 130

Αριθμοί στο Δυαδικό Σύστημα

Αριθμός bits	Συνδυασμοί
1	2 \rightarrow (0, 1)
2	4 \rightarrow (00, 01, 10, 11)
3	8 \rightarrow (000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111)

n bits $\rightarrow 2^n$ Συνδυασμοί

Έτσι π.χ. Με 8 bits (1 Byte δηλαδή) μπορούμε να φτιάξουμε $2^8 = 256$ συνδυασμούς και να παραστήσουμε τους αριθμούς από $0_{<10>}$ έως και $255_{<10>}$

Άλλα αριθμητικά συστήματα που χρησιμοποιούμε στους Υπολογιστές

Εκτός από το δυαδικό , στο χώρο των υπολογιστών χρησιμοποιούμε και το **οκταδικό** και κυρίως το **δεκαεξαδικό** σύστημα. Αυτό συνέβη επειδή με τα αντίστοιχα συστήματα μπορούμε να γράφουμε πιο σύντομα τους δυαδικούς αριθμούς.

Σύστημα	Ψηφία
Δυαδικό	0 και 1
Δεκαδικό	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 και 9
Οκταδικό	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Δεκαεξαδικό	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A(10), B(11), C(12), D(13), E(14), F (15)

Άλλα αριθμητικά συστήματα που χρησιμοποιούμε στους Υπολογιστές

Μετατροπή Δυαδικού Αριθμού σε Δεκαεξαδικό

$$\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 0 \\ \hline \underbrace{\hspace{10em}} & & & \\ =8 \text{ δεκαδικό} & & & \\ \underbrace{\hspace{10em}} & & & \\ =82 \text{ δεκαεξαδικό} \end{array}$$

Ομαδοποιούμε τα ψηφία ανά τέσσερα (από δεξιά προς τα αριστερά)

$$\begin{array}{cccc} 1 & 1 & 1 & 0 \\ \hline \underbrace{\hspace{10em}} & & & \\ =14 \text{ δεκαδικό (E)} & & & \\ \underbrace{\hspace{10em}} & & & \\ = E6 \text{ δεκαεξαδικό} \end{array}$$

Βλέπουμε λοιπόν ότι το δεκαεξαδικό σύστημα αποτελεί έναν πολύ πιο σύντομο τρόπο για να γράφουμε δυαδικούς αριθμούς – γι αυτό και είναι πολύ διαδομένο στο χώρο της επιστήμης των Η/Υ

2. Ψηφιακή αναπαράσταση χαρακτήρων

Για να αναπαραστήσουμε τους χαρακτήρες στο δυαδικό σύστημα και να μπορούμε να τους χειριστούμε και να τους αποθηκεύσουμε στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, κατασκευάσαμε κώδικες που αντιστοιχούν σε κάθε χαρακτήρα έναν αριθμό. Έτσι αντί για τον χαρακτήρα αποθηκεύουμε τον αριθμό που του αντιστοιχεί στο δυαδικό σύστημα.

Ο πιο διαδομένος τέτοιος κώδικας είναι ο κώδικας ASCII. Ο κώδικας ASCII χρησιμοποιεί 8 bits άρα μπορεί να δώσει $2^8 = 256$ συνδυασμούς (Κωδικοί από 0 έως και 255) και επομένως μπορούσε να παραστήσει 256 διαφορετικούς χαρακτήρες.

Μετά από λίγα χρόνια, με τη διάδοση των υπολογιστών σε όλες τις χώρες, ο κώδικας ASCII με τους 256 κωδικούς αδυνατούσε να καλύψει όλα τα αλφάβητα του κόσμου και έτσι δημιουργήθηκε ένας νέος κώδικας, ο UNICODE, που χρησιμοποιεί 16 bits (άρα $2^{16} = 65,536$ συνδυασμούς) που μπορούν να καλύψουν κάθε ανάγκη.

2. Ψηφιακή αναπαράσταση χαρακτήρων

Οι πρώτοι 128 ASCII κωδικοί (0-127) χρησιμοποιήθηκαν για ειδικούς – μη εκτυπώσιμους χαρακτήρες (όπως ή αλλαγή γραμμής), γράμματα του Αγγλικού Αλφάβητου, Αριθμοί, σημεία στίξης, σύμβολα πράξεων κλπ

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		DEL

2. Ψηφιακή αναπαράσταση χαρακτήρων

Οι κωδικοί ASCII από 128 - 255 χρησιμοποιήθηκαν για χαρακτήρες άλλων αλφαβητών καθώς και σύμβολα χρήσιμα για το σχεδιασμό γραμμών , πινάκων κλπ

128	Ç	144	É	160	á	176	☼	193	⊥	209	ƒ	225	β	241	±
129	ü	145	æ	161	í	177	☽	194	⊤	210	π	226	Γ	242	≥
130	é	146	Æ	162	ó	178	☼	195	⊥	211	⊥	227	π	243	≤
131	â	147	ô	163	ú	179		196	—	212	⊥	228	Σ	244	∫
132	ä	148	ö	164	û	180	†	197	†	213	ƒ	229	σ	245	∫
133	à	149	ò	165	ñ	181	‡	198	‡	214	ƒ	230	μ	246	+
134	â	150	û	166	ª	182	‡	199	‡	215	‡	231	τ	247	±
135	ç	151	ù	167	º	183	π	200	⊥	216	‡	232	Φ	248	°
136	ê	152	—	168	¿	184	‡	201	ƒ	217	∫	233	⊕	249	.
137	ë	153	Ö	169	—	185	‡	202	⊥	218	∫	234	Ω	250	.
138	è	154	Û	170	¬	186	‡	203	ƒ	219	■	235	δ	251	√
139	ì	156	ε	171	½	187	π	204	‡	220	■	236	∞	252	—
140	í	157	ƒ	172	¼	188	∫	205	=	221	■	237	φ	253	z
141	î	158	—	173	ı	189	∫	206	‡	222	■	238	ε	254	■
142	Ä	159	f	174	«	190	‡	207	⊥	223	■	239	∩	255	
143	Å	192	L	175	»	191	∫	208	⊥	224	α	240	≡		

1F00

Greek Extended

1FFF

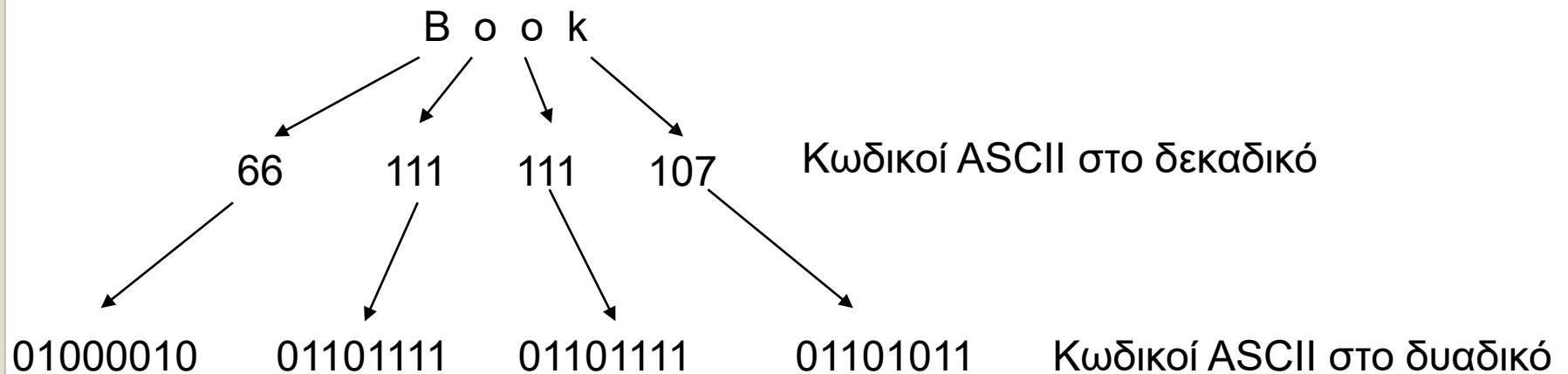
	1F00	1F01	1F02	1F03	1F04	1F05	1F06	1F07	1F08	1F09	1FA0	1FB0	1FC0	1FD0	1FE0	1FF0
0	ἄ 1F00	ἐ 1F01	ἦ 1F02	ἰ 1F03	ὀ 1F04	ὐ 1F05	ὠ 1F06	ὰ 1F07	ά 1F08	ἦ 1F09	ὀ 1FA0	ἄ 1FB0	ῃ 1FC0	ἰ 1FD0	ῦ 1FE0	
1	ά 1F01	έ 1F11	ή 1F21	ί 1F31	ό 1F41	ύ 1F51	ώ 1F61	ά 1F71	ά 1F81	ή 1F91	ὀ 1FA1	ἄ 1FB1	ῃ 1FC1	ἰ 1FD1	ῦ 1FE1	
2	ἄ 1F02	ἔ 1F12	ἦ 1F22	ἰ 1F32	ὀ 1F42	ὐ 1F52	ὠ 1F62	ἐ 1F72	ἄ 1F82	ἦ 1F92	ὀ 1FA2	ὰ 1FB2	ἦ 1FC2	ἰ 1FD2	ῦ 1FE2	ὀ 1FF2
3	ἄ 1F03	ἔ 1F13	ἦ 1F23	ἰ 1F33	ὀ 1F43	ὐ 1F53	ὠ 1F63	έ 1F73	ἄ 1F83	ἦ 1F93	ὀ 1FA3	α 1FB3	η 1FC3	ί 1FD3	ύ 1FE3	φ 1FF3
4	ἄ 1F04	ἔ 1F14	ἦ 1F24	ἰ 1F34	ὀ 1F44	ὐ 1F54	ὠ 1F64	ἦ 1F74	ἄ 1F84	ἦ 1F94	ὀ 1FA4	ὰ 1FB4	ἦ 1FC4		ῖ 1FE4	ὀ 1FF4
5	ἄ 1F05	ἔ 1F15	ἦ 1F25	ἰ 1F35	ὀ 1F45	ὐ 1F55	ὠ 1F65	ἦ 1F75	ἄ 1F85	ἦ 1F95	ὀ 1FA5				ὀ 1FE5	

Κάλυψη των Ελληνικών στο UNICODE.

Βλέπουμε π.χ. ότι στο τονισμένο έψιλον (έ) αντιστοιχεί ο δεκαεξαδικός κωδικός 1F72 . Παρατηρήστε ότι το UNICODE καλύπτει ακόμα και το πολυτονικό Ελληνικό σύστημα.

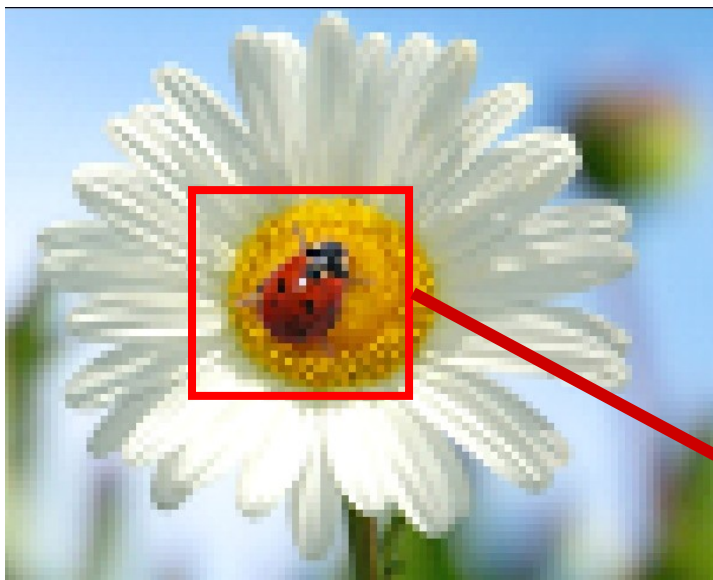
2. Ψηφιακή αναπαράσταση χαρακτήρων

Με τους κώδικες λοιπόν, όπως το ASCII, καταφέραμε να αναπαραστήσουμε στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές τους χαρακτήρες που χρησιμοποιούμε καθημερινά στις γλώσσες μας.



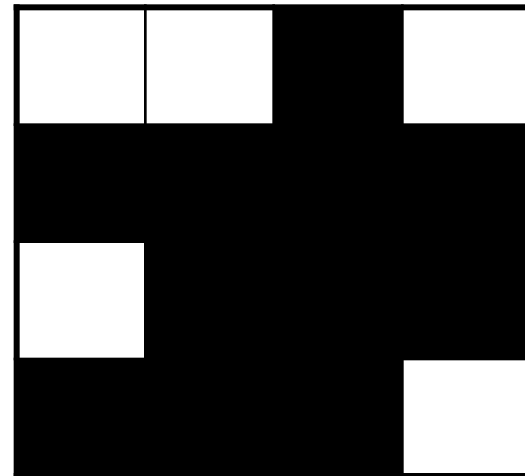
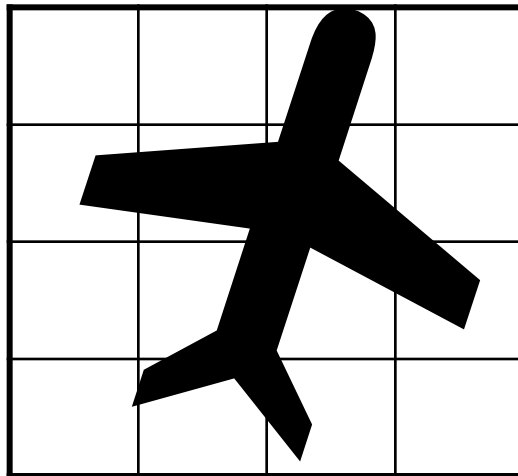
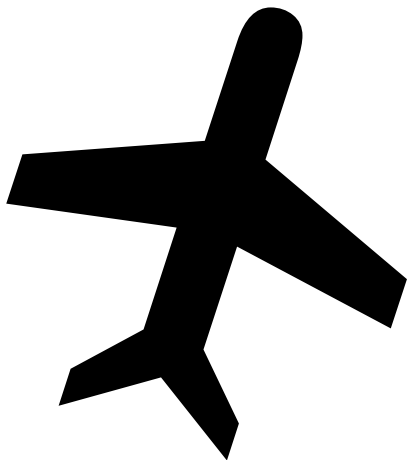
Βλέπουμε λοιπόν πώς η Αγγλική λέξη "Book" με χρήση του κώδικα ASCII μετατράπηκε σε μια σειρά 0 και 1 ώστε να είναι δυνατός ο χειρισμός της (π.χ. αποθήκευση στη μνήμη ή το σκληρό δίσκο) από τον υπολογιστή.

3. Η εικόνα στον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή

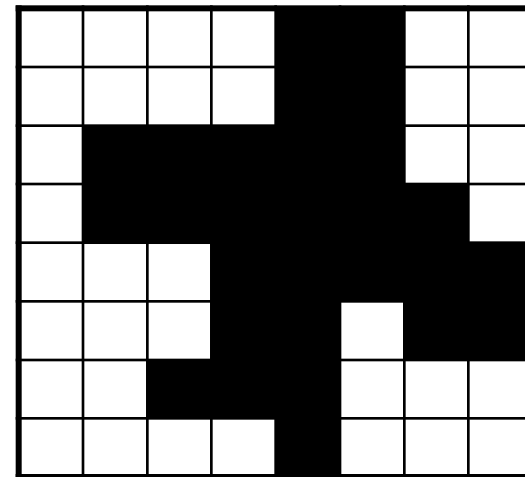
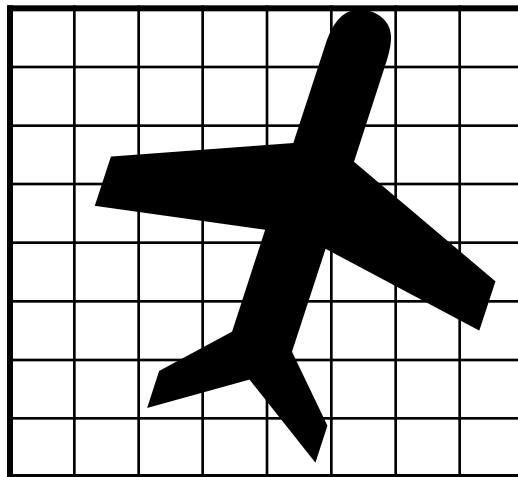
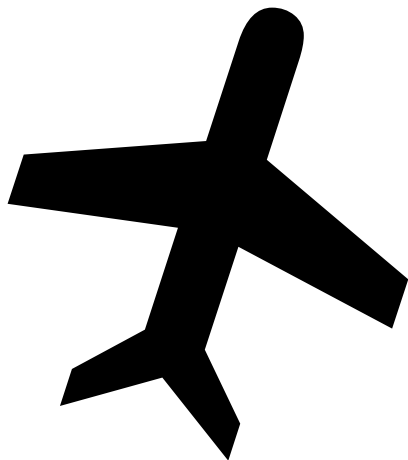


Όπως γνωρίζουμε η εικόνα στον Η/Υ και γενικά η ψηφιακή εικόνα αποτελείται από χρωματισμένες κουκίδες τις οποίες ονομάζουμε **Pixel**.

3. Η εικόνα στον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή

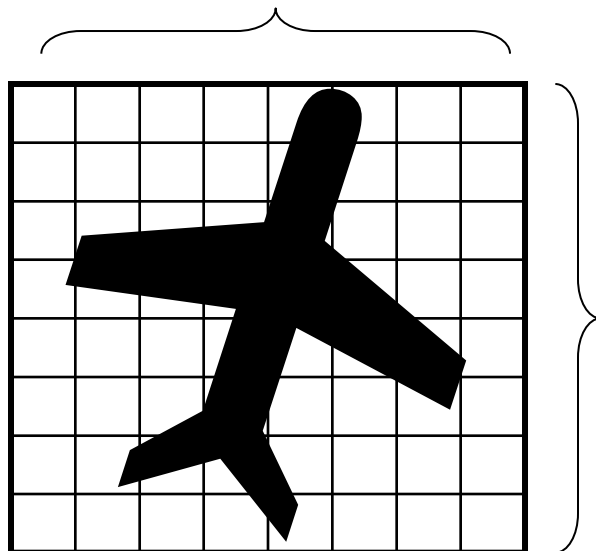


Όσο αυξάνουμε τον αριθμό των pixels τόσο πιο ακριβής είναι η αναπαράσταση της εικόνας στον Η/Υ



3. Η εικόνα στον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή

8 Pixels



8 Pixels

Αν πολλαπλασιάσουμε τον οριζόντιο αριθμό Pixels επί τον Κατακόρυφο αριθμό Pixels βρίσκουμε το συνολικό αριθμό Pixels που απαρτίζουν την εικόνα. Το μέγεθος αυτό το ονομάζουμε «Μέγεθος της εικόνας» αν και καταχρηστικά χρησιμοποιείται πιο συχνά ο όρος «Ανάλυση της εικόνας».

Μέγεθος ή Ανάλυση Εικόνας = Αριθμός Οριζόντιων Pixel X Αριθμός Κατακόρυφων Pixel

Έτσι για παράδειγμα:

μια εικόνα με 1920 Pixels Οριζόντια και 1080 Pixels κατακόρυφα (FullHD) έχει μέγεθος ή ανάλυση $1920 \times 1080 = 2.073.600$ Pixels ή περίπου 2 MegaPixels (2 Mp)

Μία εικόνα με 3840 Pixels Οριζόντια και 2160 Pixels κατακόρυφα (4K) έχει μέγεθος ή ανάλυση $3840 \times 2160 = 8,294,400$ Pixels ή περίπου 8 MegaPixels (6 Mp)

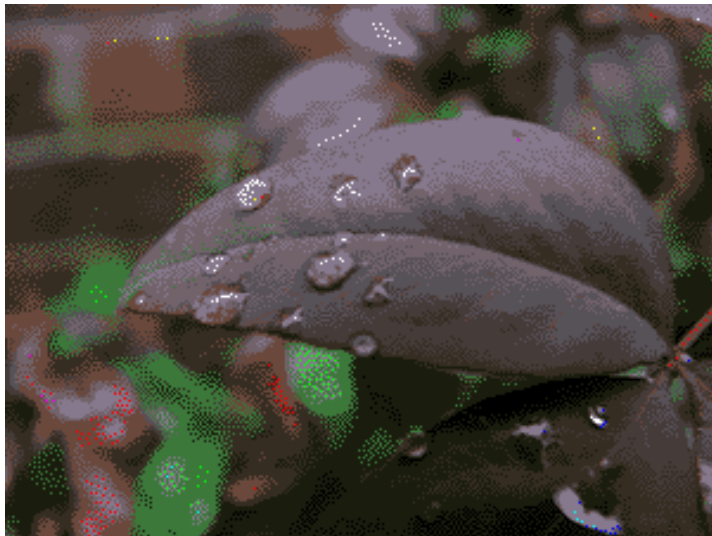
3. Η εικόνα στον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή



1 Bit = 2 Χρώματα



2 Bit = 4 Χρώματα



4 Bit = 16 Χρώματα



8 Bit = 256 Χρώματα

3. Η εικόνα στον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή

Εκτός από τον αριθμό των Pixel σημαντικός παράγοντας στην ποιότητα μιας ψηφιακής εικόνας είναι ο αριθμός των χρωμάτων. Ο Συνολικός Αριθμός Χρωμάτων μιας εικόνας ονομάζεται «Βάθος Χρώματος» της εικόνας και μετριέται σε Bits.

Βάθος Χρώματος = Αριθμός των bits που χρησιμοποιούνται για την κωδικοποίηση των χρωμάτων

Αν το βάθος χρώματος είναι n τότε ο αριθμός των χρωμάτων που μπορούμε να κωδικοποιήσουμε είναι 2^n .

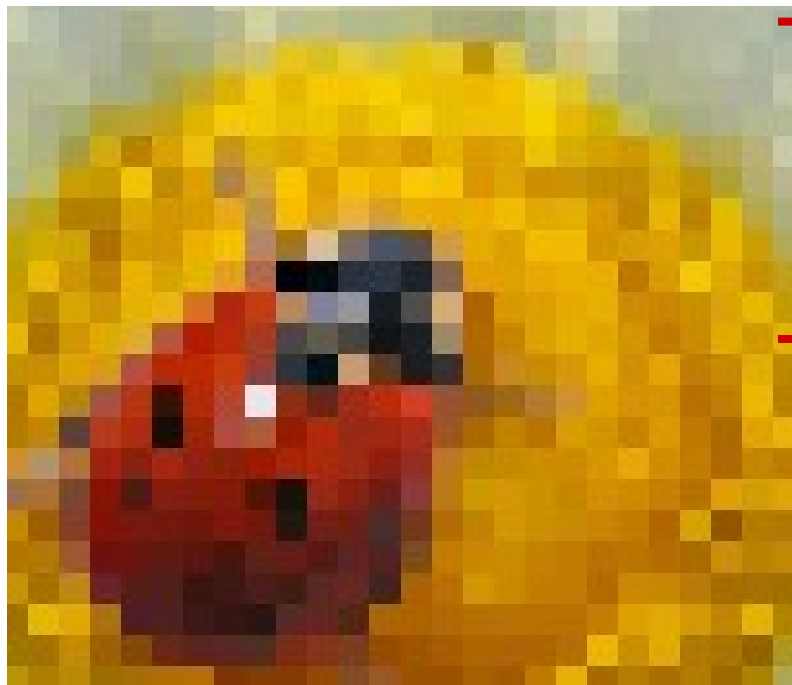
Παραδείγματα:

Βάθος Χρώματος = 8 bits → Αριθμός Χρωμάτων = $2^8 = 256$

Βάθος Χρώματος = 16 bits → Αριθμός Χρωμάτων = $2^{16} = 65,536$

Βάθος Χρώματος = 24 bits → Αριθμός Χρωμάτων = $2^{24} = 16,777,216$ (true color)

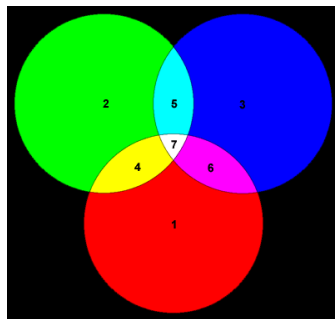
3. Η εικόνα στον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή



Κόκκινο : 170 → 10101010
Πράσινο: 188 → 10111100
Μπλε: 172 → 10101100



Κόκκινο : 238 → 11101110
Πράσινο: 189 → 10111101
Μπλε: 0 → 00000000



Όπως ξέρουμε κάθε χρώμα στον υπολογιστή σχηματίζεται από τα τρία βασικά Κόκκινο, Πράσινο και Μπλε.

Σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή λοιπόν η εικόνα αποθηκεύεται σε μια σειρά από δυαδικούς αριθμούς που αναπαριστούν το χρώμα κάθε Pixel.

3. Η εικόνα στον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή

Άσκηση : Μια εικόνα αποτελείται από 2000 οριζόντια pixel και 4000 κατακόρυφα pixel.

A. Ποια είναι η ανάλυσή της σε **MegaPixel**?

B. Αν το βάθος χρώματος είναι 16 bits πόσο χώρο χρειάζεται η εικόνα να αποθηκευτεί σε **Megabytes**?

A. $2000 \times 4000 = 8,000,000$ pixel = περίπου **8Mpixel**

B. Αφού το βάθος χρώματος είναι 16 bits , για κάθε Pixel χρειαζόμαστε 16 bits για να το αποθηκεύσουμε , ή $16/8 = 2$ Bytes.

$8,000,000 \times 2$ Bytes = 16,000,000 Bytes = περίπου **16 MBytes (MB)**

4. Ο ήχος στον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή

Ένας αναλογικός ήχος , όπως αυτός που ακούν τα αυτιά μας, έχει συνεχόμενες τιμές μέσα στο χρόνο. Για να μεταφερθεί σε ηλεκτρονικό υπολογιστή πρέπει να πάρουμε δείγματα του ήχου ανά τακτά διαστήματα και να τα αποθηκεύσουμε. Η Διαδικασία αυτή λέγεται **ψηφιοποίηση**.

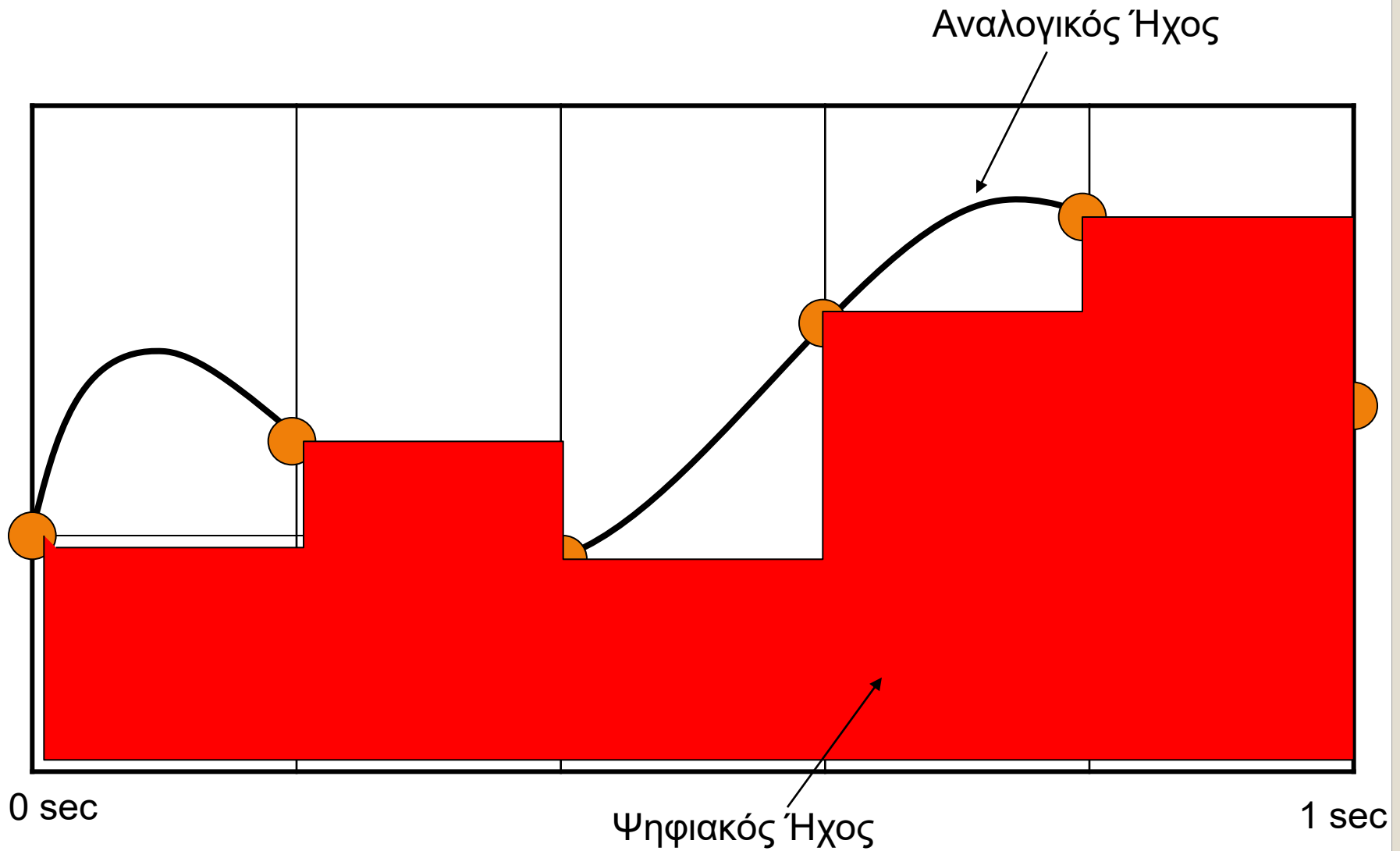
Όπως και στην εικόνα το τελικό αποτέλεσμα εξαρτάται από τον αριθμό των Pixels που θα χρησιμοποιήσουμε και από τον αριθμό των bits που θα διαθέσουμε για κάθε pixel ώστε να αποθηκεύσουμε το χρώμα του, **έτσι και στον ήχο το τελικό αποτέλεσμα εξαρτάται:**

A) Από τον αριθμό δειγμάτων ήχου που θα πάρουμε κάθε δευτερόλεπτο = **Συχνότητα Δειγματοληψίας (μετριέται σε Hz : 1 Hz = 1 δείγμα/sec)**

B) Από τα bits που θα χρησιμοποιήσουμε για να αποθηκεύσουμε την τιμή κάθε δείγματος – όσο περισσότερα , τόσο περισσότερες στάθμες μπορούμε να αποθηκεύσουμε. **Ο Αριθμός των bits που χρησιμοποιούμε ανά δείγμα ονομάζεται Μέγεθος Δείγματος (Μετριέται σε bits)**

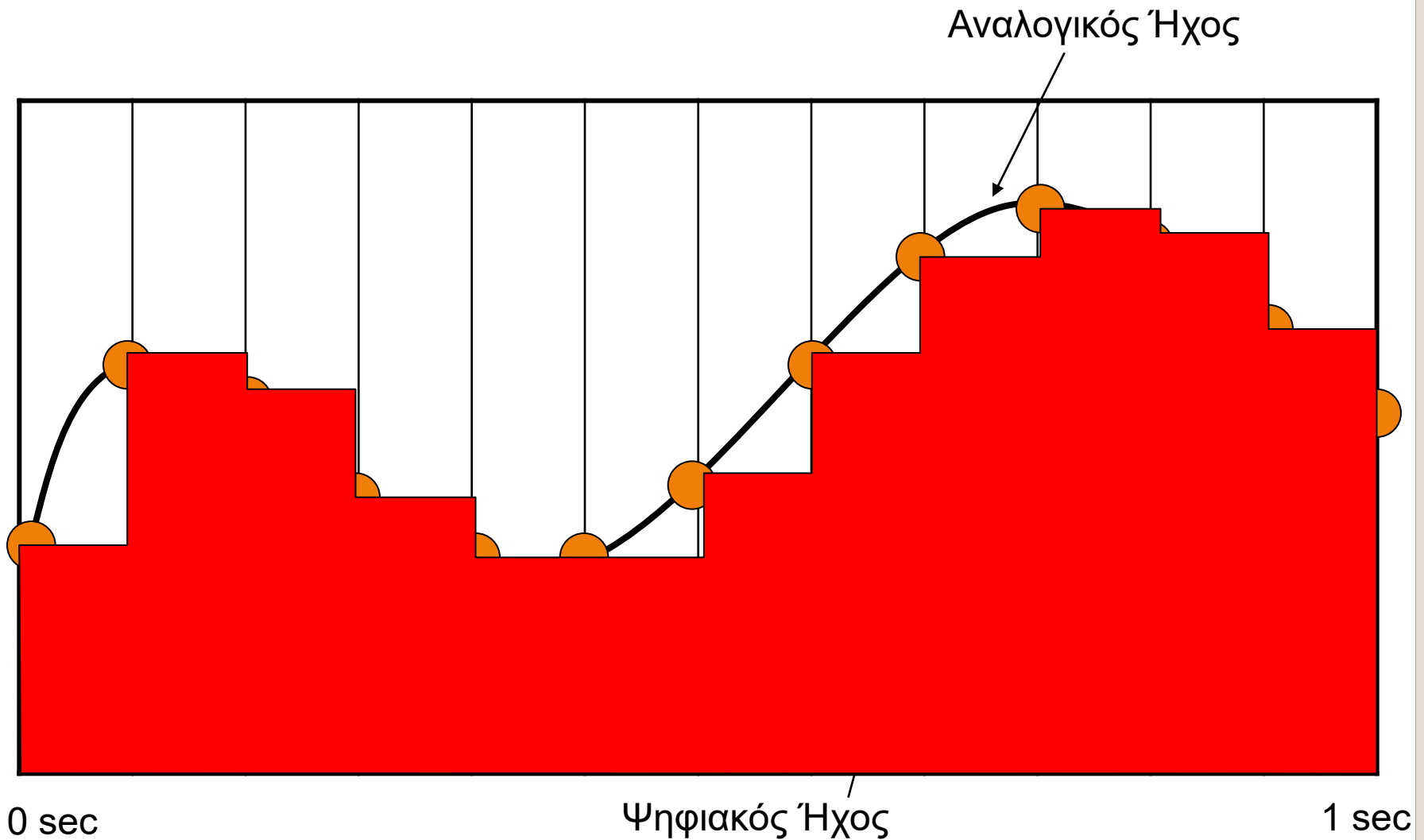
Για παράδειγμα τα CD ήχου έχουν ρυθμό δειγματοληψίας 44 kHz και μέγεθος δείγματος 16 bits.

4. Ο ήχος στον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή



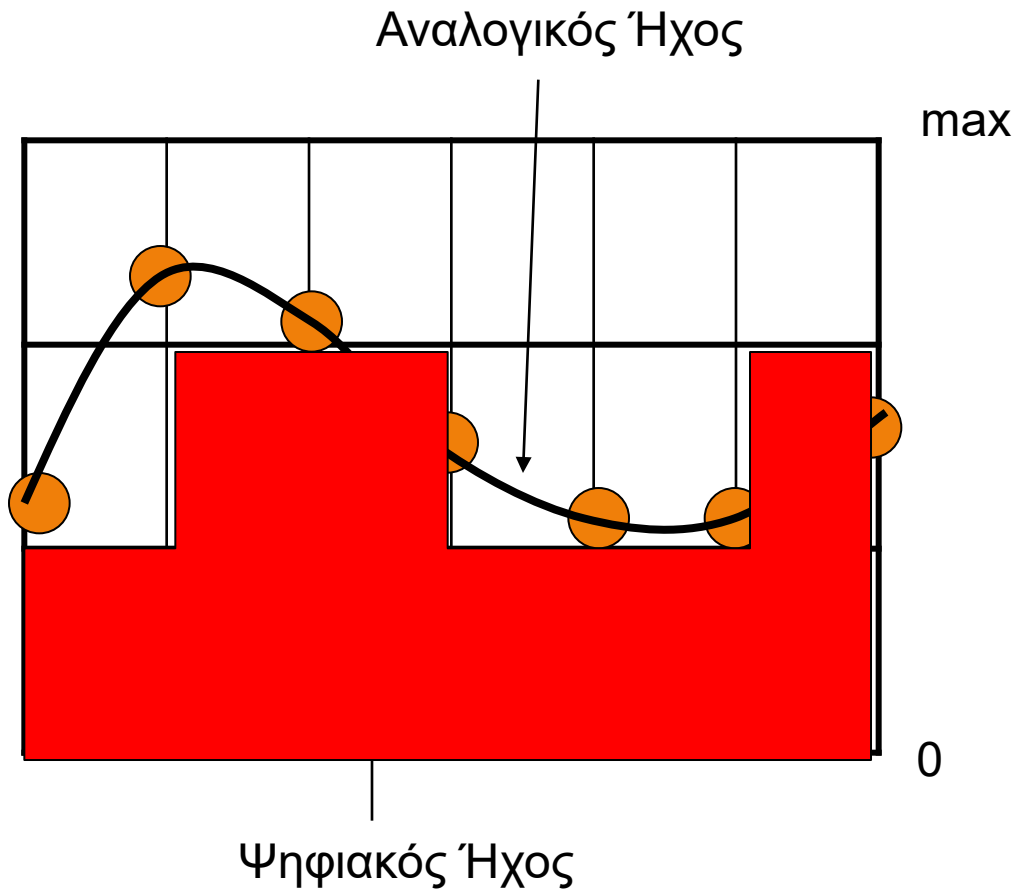
Βλέπουμε ότι με 6 δείγματα / sec ο ψηφιακός ήχος που προκύπτει είναι μια «χονδροειδής» προσέγγιση του αναλογικού

4. Ο ήχος στον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή



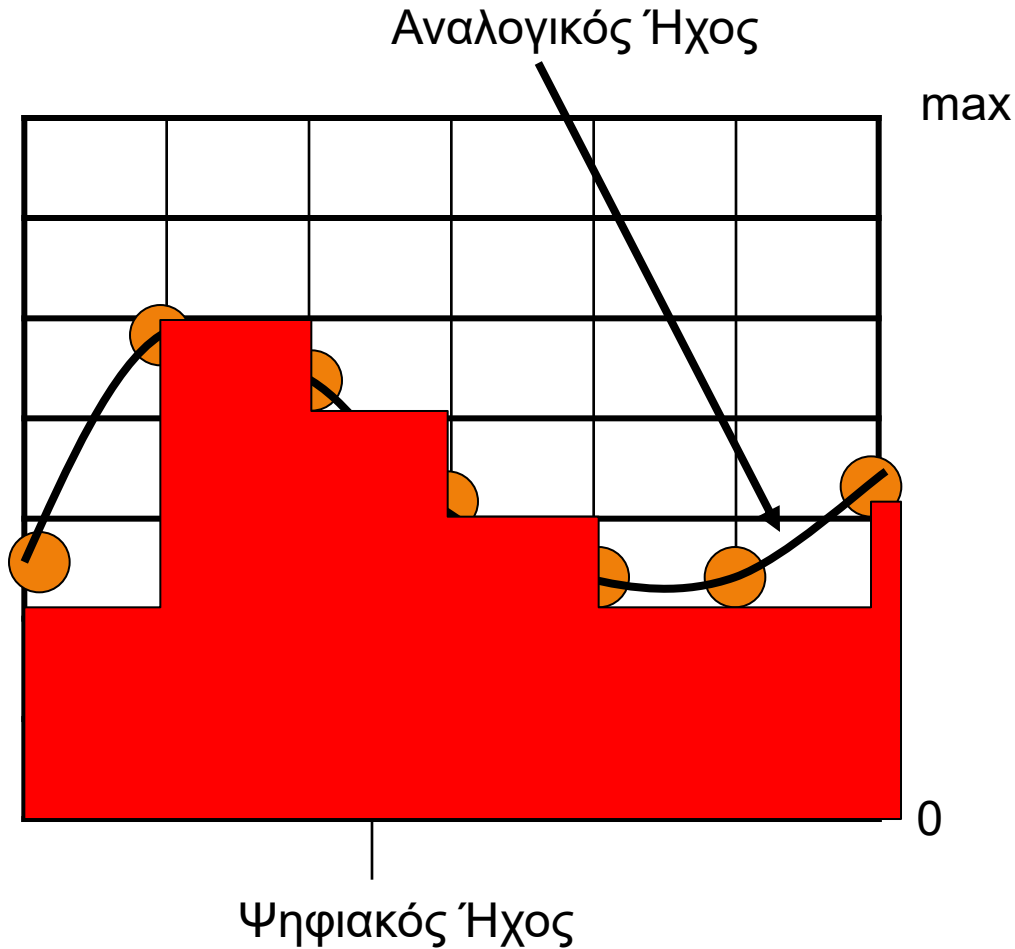
Βλέπουμε ότι με 12 δείγματα / sec ο ψηφιακός ήχος που προκύπτει είναι πιο κοντά στον αναλογικό σε σχέση με τα 6 δείγματα / sec

4. Ο ήχος στον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή



Αν για κάθε δείγμα χρησιμοποιούμε 2 bits για να αποθηκεύσουμε την τιμή του, τότε μπορούμε να αναπαραστήσουμε μόνο $2^2 = 4$ στάθμες. Άρα όλα τα δείγματα πρέπει να αντιστοιχηθούν σε αυτές τις 4 στάθμες με αποτέλεσμα το ψηφιακό αντίγραφο να μην είναι κοντά στον αναλογικό ήχο.

4. Ο ήχος στον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή



Αν για κάθε δείγμα χρησιμοποιούμε 3 bits για να αποθηκεύσουμε την τιμή του, τότε μπορούμε να αναπαραστήσουμε μόνο $2^3 = 8$ στάθμες. Άρα όλα τα δείγματα πρέπει να αντιστοιχηθούν σε αυτές τις 8 στάθμες. Το αποτέλεσμα είναι πιο ακριβές σε σχέση με τα 2 bits – 4 Στάθμες.

4. Ο ήχος στον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή

Άσκηση : Ψηφιοποιούμε έναν ήχο διάρκειας 5 λεπτών με ρυθμό δειγματοληψίας 44,000 δείγματα / sec (44kHz) και μέγεθος δείγματος 16 bits . Πόσος χώρος θα απαιτηθεί για την αποθήκευσή του?

Απάντηση:

Ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι 44 kHz άρα κάθε δευτερόλεπτο παίρνουμε 44,000 δείγματα. Τα 5 λεπτά που διαρκεί ο ήχος είναι $5 \times 60 = 300$ sec. Άρα θα πάρουμε συνολικά $300 \times 44,000 = 13,200,000$ δείγματα ήχου.

Κάθε δείγμα ήχου χρειάζομαι 16 bits για να το αποθηκεύσω , άρα $16/8 = 2$ Bytes.

Έχω λοιπόν 13,200,000 δείγματα και για το καθένα χρειάζομαι 2 Bytes. Συνολικά χρειάζομαι $2 \times 13,200,000 = 26,400,000$ Bytes ή περίπου 26 MB

Αναλογία Ψηφιακής Εικόνας και Ψηφιακού Ήχου

Εικόνα	Ήχος
<p>Ανάλυση ή Μέγεθος: Οριζόντια Pixel X Κατακόρυφα Pixel</p> <p>Όσο μεγαλύτερη είναι η ανάλυση τόσο πιο λεπτομερής είναι η εικόνα</p>	<p>Ρυθμός Δειγματοληψίας (Hz): Αριθμός Δειγμάτων / sec</p> <p>Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός δειγματοληψίας τόσα περισσότερα δείγματα έχουμε ανά δευτερόλεπτο και τόσο πιο λεπτομερής είναι ο ψηφιακός ήχος</p>
<p>Βάθος Χρώματος: Ο Αριθμός των bits Που χρησιμοποιούμε για να κωδικοποιήσουμε τα χρώματα.</p> <p>Όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος χρώματος (αριθμός bits) τόσο περισσότερα διαφορετικά χρώματα μπορούμε να αποθηκεύσουμε άρα καλύτερης ποιότητας εικόνα με περισσότερες διαβαθμίσεις χρωμάτων</p>	<p>Μέγεθος Δείγματος: Ο Αριθμός των bits που χρησιμοποιούμε για να κωδικοποιήσουμε τη στάθμη του ήχου.</p> <p>Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος του κάθε δείγματος (αριθμός των bits) τόσες περισσότερες στάθμες μπορούμε να αποθηκεύσουμε άρα παίρνουμε ψηφιακό ήχο μεγαλύτερης ακρίβειας.</p>