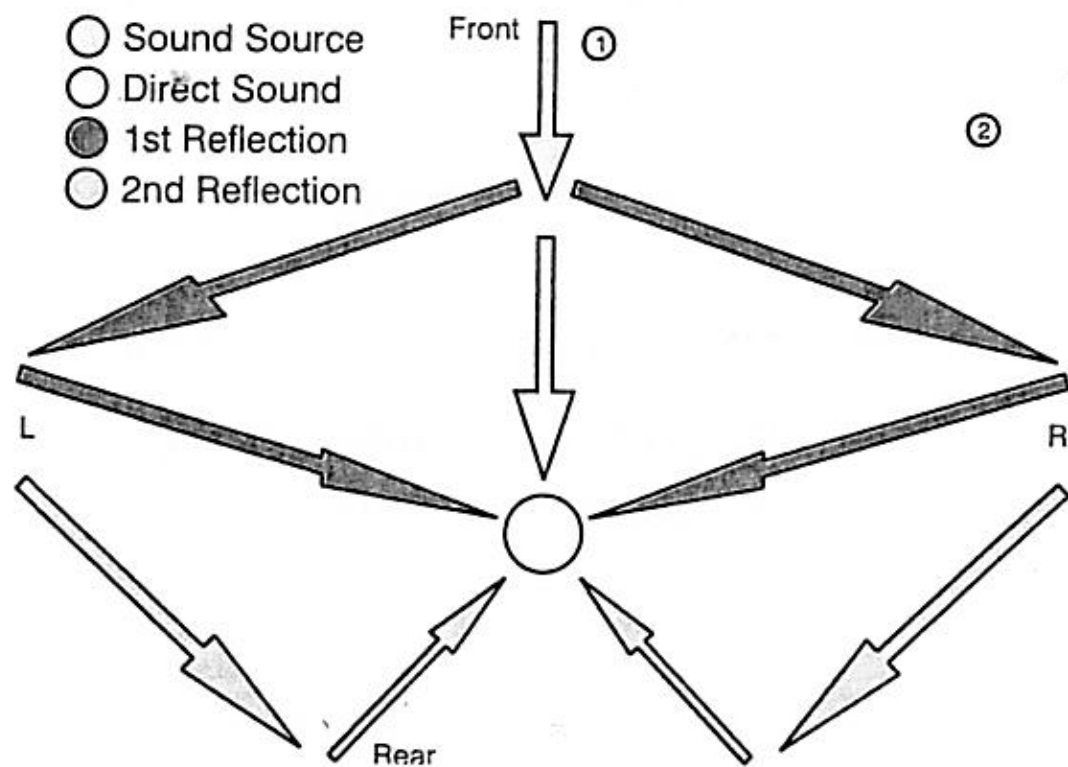


# Επαγγελματικός Εξοπλισμός στο Audio Mastering

## 2.1 Η ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΕΝΟΣ MASTERING STUDIO

Για καταλληλότερο mastering χρησιμοποιούνται διαφορετικά δωμάτια από τα στούντιο ηχογράφησης. Το τυπικό control room (κεντρικό δωμάτιο χειρισμού του εξοπλισμού ηχογράφησης και μίξης) έχει θορυβώδεις ανεμιστήρες, μια μεγάλη κονσόλα και ακουστικά εμπόδια που παρεμβαίνουν στην εκτίμηση του ήχου. Σε πολλά control rooms, με μεγάλες κονσόλες και περιμετρικά μηχανήματα, ο ήχος από τα ηχεία ανακλάται από τις επιφάνειες αλλοιώνοντας την ακουστική πιστότητα. Ανακλάσεις δημιουργούνται και από το πίσω μέρος της κονσόλας. Ακόμα και με κατασκευές ηχοαπορρόφησης δεν μπορούν να κατανικηθούν όλοι οι φυσικοί νόμοι. Κάποια ηχητικά κύματα πρόκειται να ανακληθούν. Αυτό το ανακλώμενο σήμα είναι τόσο προβληματικό που είναι σχεδόν ακατόρθωτο να παραβιαστεί ένας βασικός ακουστικός νόμος: *Το μήκος της διαδρομής του ανακλώμενου σήματος είναι*



Σχήμα 2.1. Γραφική απεικόνιση της διαδρομής του απευθείας (direct) ήχου που απεικονίζεται με κίτρινο χρώμα καθώς και των πρωτογενών (με το κόκκινο χρώμα) και δευτερογενών (με το πράσινο χρώμα) ανακλάσεων (<http://www.rickygrimaldi.com/film-sound-mixing/reverb/>).

τουλάχιστον 2 με 3 φορές μεγαλύτερο από εκείνο που έρχεται άμεσα από το ηχείο στα αυτιά μας.<sup>6</sup>

Γενικά οι λείες επιφάνειες «υγραίνουν» τις υψηλές συχνότητες ενώ οι χαμηλομεσαίες (κάτω περίπου από τα 300Hz), που είναι και οι πιο επικίνδυνες για το σύνολο, πρέπει να παγιδευτούν ή να διαχυθούν. Η αλληλεπίδραση της ακουστικής των ηχείων και του δωματίου πρέπει να φιλτράρεται εξαιρετικά και ο μηχανικός mastering να έχει εξοικειωθεί με αυτό το σύστημα, έτσι ώστε να γνω-

<sup>6</sup> Bob Katz, The secret of mastering engineer, booklet t.c electronic

ρίζει πως θα μεταφράζεται ο ήχος πάνω από μια μεγάλη ποικιλία συστημάτων. Για παράδειγμα εάν παρουσιάζεται ανεπάρκεια του χώρου στα 150 Hz και στα 600 Hz, αυτές οι δύο συχνότητες το πιο πιθανό είναι σε οποιαδήποτε επεξεργασία να προστεθούν ή να μειωθούν ιδιαίτερα. Γι' αυτό το λόγο το υλικό θα ακουστεί διαφορετικό και συνήθως χειρότερα, όταν θα αναπαραχθεί σε άλλα συστήματα, εκτός studio, όπως ηχεία αυτοκινήτου, ή σε ένα ηχοσύστημα καθιστικού κ.τ.λ.<sup>7</sup>

Ο χώρος θα πρέπει να έχει μηδενικές δονήσεις και συντονισμούς. Δεν θα πρέπει να υπάρχουν εμπόδια μεταξύ των ηχείων και του ακροατή, ώστε να αποφευχθούν οι πρωτεύουσες ανακλάσεις, από την στιγμή που οι δευτερεύουσες μπορούν να προβλεφθούν πιο εύκολα με τις κατάλληλες διαστάσεις και την σωστή ηχο-απορρόφηση. Συγκεκριμένα οι πρωτεύουσες ανακλάσεις θα πρέπει να φτάνουν στο αυτί του ακροατή το αργότερο σε 30 ms μετά τον direct ήχο καθώς και 30dB χαμηλότερα.<sup>8</sup>

Οι ιδανικές διαστάσεις για stereo audio mastering είναι το λιγότερο 6 μέτρα σε μήκος, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται αξιόλογη απόκριση στις χαμηλές συχνότητες. Είναι πολύ χρήσιμο στον χώρο να μπορεί να αναπτυχθεί τουλάχιστον το ένα τέταρτο του ανάλογου μήκους κύματος των 20Hz, που είναι και η πιο χαμηλή συχνότητα του ακουστικού φάσματος. Αυτό υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$\text{Μήκος Κύματος} = \text{Ταχύτητα Ήχου} / \text{Συχνότητα} = 344\text{m/s} / 20\text{Hz} = 17,2 \text{ m}$$

Επομένως το  $\frac{1}{4}$  το μήκους κύματος των 20Hz αντιστοιχεί στα 4,3 μέτρα.

Το υπόλοιπο περιθώριο χώρου βοηθάει στο να τοποθετηθούν τα ηχεία μακριά από τους τοίχους και τις γωνίες για την αποφυγή των πρωτογενών ανακλάσεων. Όσον αφορά το ύψος είναι καλό να είναι επαρκές, γύρω στα 5 μέτρα.

Πολύ σημαντικό είναι να βρίσκονται εκτός του χώρου τα μηχανήματα που παράγουν θόρυβο, όπως επεξεργαστές, ενισχυτές κ.α. Το σήμα θορύβου μέσα στον χώρο θα πρέπει να κυμαίνεται σύμφωνα με την καμπύλη εκτίμησης θορύβου (Noise Rating Curve (NRC))-**20**.<sup>9</sup>

---

<sup>7</sup> Bill Gibson, *Mixing and Mastering: Audio recordings*(Boston:Thomson Course Technology PTR,2006), σελ.257

<sup>8</sup> Bob Katz, *Mastering Audio: The art and the science*, (Orlando: focal press, 2002), monitoring, σελ76

<sup>9</sup> Bob Katz, *Mastering Audio: The art and the science*, (Orlando: focal press, 2002), monitoring, σελ76

Για να γίνει καλύτερα αντιληπτό το επίπεδο θορύβου της NRC-20, παρουσιάζονται στον πίνακα 2.1 τα συνιστώμενα επίπεδα θορύβου, ανάλογα με την χρήση που προορίζεται για τον κάθε χώρο και στον πίνακα 2.2 τα ανώτερα επίπεδα έντασης κάποιων συχνοτήτων για κάθε NRC.

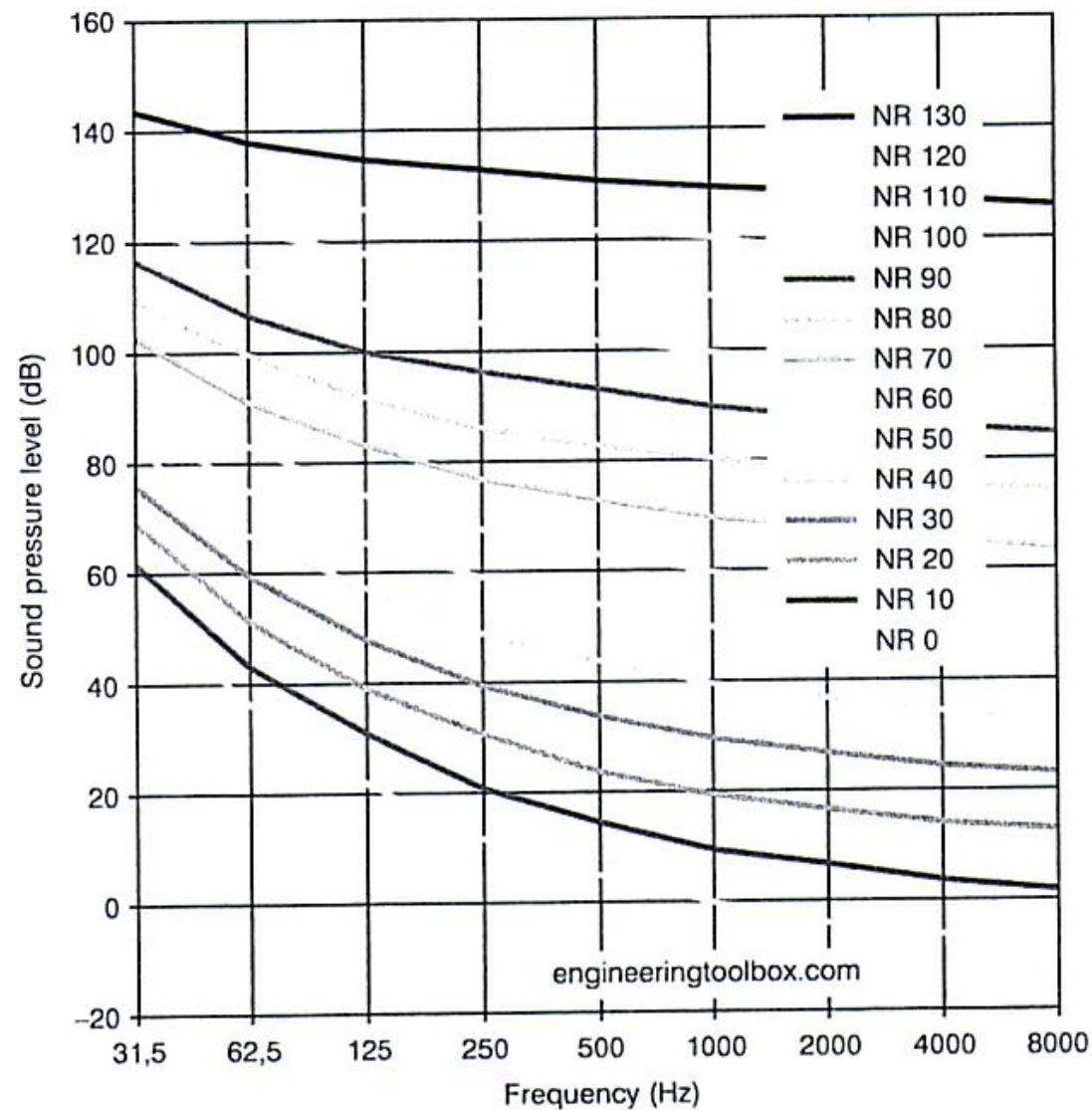
<b>Πίνακας 2.1: Συνιστώμενα Επίπεδα Θορύβου</b>	
Καμπύλες NR	Συνιστώμενοι χώροι
NR 20	Mastering και broadcasting studios, αίθουσες συμφωνικής ορχήστρας και όπερας, εκκλησίες
NR 30	Ιδιωτική κατοικία, νοσοκομεία, θέατρα, κινηματογράφοι, συνεδριακοί χώροι
NR 35	Βιβλιοθήκες, μουσεία, δικαστήρια, σχολεία, διαμερίσματα, ξενοδοχεία
NR 40	Εστιατόρια, νυχτερινά μαγαζιά, ιδιωτικά γραφεία, καταστήματα
NR 45	Αποθήκες καταστημάτων, supermarkets, κυλικεία
NR 50	Χώροι δακτυλογράφησης, γραφεία με μηχανήματα εργασίας

**Πίνακας 2.2 Τα ανώτερα συνιστώμενα επίπεδα έντασης για κάθε καμπύλη NR (σε dBSPL)**

	Ομάδα συχνοτήτων με απόσταση οκτάβας (Hz)								
Καμπύλες NR	31.5	62.5	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NR 0	55	36	22	12	5	0	-4	-6	-8
NR 10	62	43	31	21	15	10	7	4	2
NR 20	69	51	39	31	24	20	17	14	13
NR 30	76	59	48	40	34	30	27	25	23
NR 40	83	67	57	49	44	40	37	35	33
NR 50	89	75	66	59	54	50	47	45	44
NR 60	96	83	74	68	63	60	57	55	54
NR 70	103	91	83	77	73	70	68	66	64
NR 80	110	99	92	86	83	80	78	76	74

**Πίνακας 2.2 Τα ανώτερα συνιστώμενα επίπεδα έντασης για κάθε καμπύλη NR (σε dBSPL) (Συνέχεια)**

	Ομάδα συχνοτήτων με απόσταση οκτάβας (Hz)								
Καμπύλες NR	31.5	62.5	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NR 90	117	107	100	96	93	90	88	86	85
NR 100	124	115	109	105	102	100	98	96	95
NR 110	130	122	118	114	112	110	108	107	105
NR 120	137	130	126	124	122	120	118	117	116
NR 130	144	138	135	133	131	130	128	127	126



Σχήμα 2.2 Οι καμπύλες NR. Η κλίση της κάθε καμπύλης σχηματίζεται σύμφωνα με τα ανώτερα συνιστώμενα επίπεδα έντασης (σε dB) για κάθε συχνότητα του φάσματος από 31.5 Hz έως και 8000 Hz. (The Engineering ToolBox, NR - Noise Rating Diagram, [http://www.engineeringtoolbox.com/nr-noise-rating-d\\_60.html](http://www.engineeringtoolbox.com/nr-noise-rating-d_60.html), 20/12/09)

## 2.2 ΗΧΕΙΑ

Σε ένα επαγγελματικό δωμάτιο mastering, εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων, δεν χρησιμοποιούνται near field monitors (ηχεία κοντινού πεδίου). Αντίθετα υπάρχει τουλάχιστον ένα μοναδικό σετ υψηλής πιστότητας ηχείων (loudspeakers). Τα near field monitors εφευρέθηκαν προκειμένου να αποφευχθούν τα παράσιτα στην ακουστική ενός control room. Ο μηχανικός μίξης προσπαθώντας να διορθώσει τα προβλήματα που δημιουργούνται από την ακουστική των ηχείων, συνήθως καταλήγει σε ηχογραφήσεις με πολύ δυνατό ή πολύ αδύναμο μπάσο, κορυφώσεις και βυθίσματα στις μεσαίες συχνότητες.

Τα περισσότερα near field monitors δεν καλύπτουν ολόκληρο το ακουστικό φάσμα με αποτέλεσμα να μην γίνονται αντιληπτά τα προβλήματα που δημιουργούνται στις πολύ χαμηλές συχνότητες. Αντιληπτές δεν γίνονται και οι στιγμιαίες αυξομειώσεις της έντασης λόγω του συμπιεστή των ηχείων. Επίσης τα near field monitors υπερβάλλουν στην αίσθηση του βάθους και στην στερεοφωνική εικόνα μιας ηχογράφησης.<sup>10</sup>

Χωρίς καλή αναπαραγωγή του ηχητικού υλικού δεν μπορεί να γίνει η σωστή κρίση και οι σωστές επιλογές κατά την επεξεργασία του. Για αυτό το λόγο χρειάζονται ηχεία πολύ υψηλής πιστότητας με επίπεδη και σταθερή συμπεριφορά όσον αφορά την απόκριση συχνοτήτων (flat frequency response). Δυνατότητα αναπαραγωγής σε όσο το δυνατόν ευρύτερο συχνοτικό φάσμα, καθώς και δυνατότητα αναπαραγωγής σε δυνατές εντάσεις ώστε να ελέγχεται τυχόν παραμόρφωση από απότομες και υψηλές σε ένταση κορυφές (peaks).

---

<sup>10</sup> Bob Katz, *The secret of mastering engineer*, booklet t.c electronic

Προτείνονται τα ενεργά (αυτό-ενισχυόμενα) ηχεία για το λόγο ότι είναι πιο σταθερά μετά και από αρκετές ώρες χρήσης. Αυτό συμβαίνει διότι τα παθητικά (μη αυτό-ενισχυόμενα) ηχεία δέχονται ένα σήμα που ξεκινάει από την έξοδο της κονσόλας, περνάει στην είσοδο του ενισχυτή και μετά το ενισχυμένο σήμα οδηγείται στα crossovers (διαχωριστές συχνοτικού φάσματος των ηχείων). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να υπερθερμαίνονται τα crossovers και με την πάροδο του χρόνου να αλλάζει η συμπεριφορά των ηχείων. Σε αντίθεση με τα παθητικά ηχεία, στα ενεργά το σήμα που δέχονται από την κονσόλα πηγαίνει πρώτα στα crossovers και μετά το διαχωρισμένο σήμα περνάει στον αντίστοιχο ενισχυτή των ηχείων (υψηλών, μεσαίων ή και χαμηλών περιοχών) και τέλος καταλήγει στα ηχεία. Κατά αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η υπερθέρμανση των crossovers και επιτυγχάνεται πιο ομαλή ενίσχυση του σήματος κατά μήκος όλου του ακουστικού φάσματος.<sup>11</sup>

Τέλος απαραίτητα είναι και τα ηχεία υποηχητικής απόκρισης (subwoofers) για ένα επαγγελματικό mastering στούντιο. Τα έντονα «Π» στη

---

<sup>11</sup> Bill Gibson, *Mixing and Mastering: Audio recordings*(Boston:Thomson Course Technology PTR,2006) σελ.259

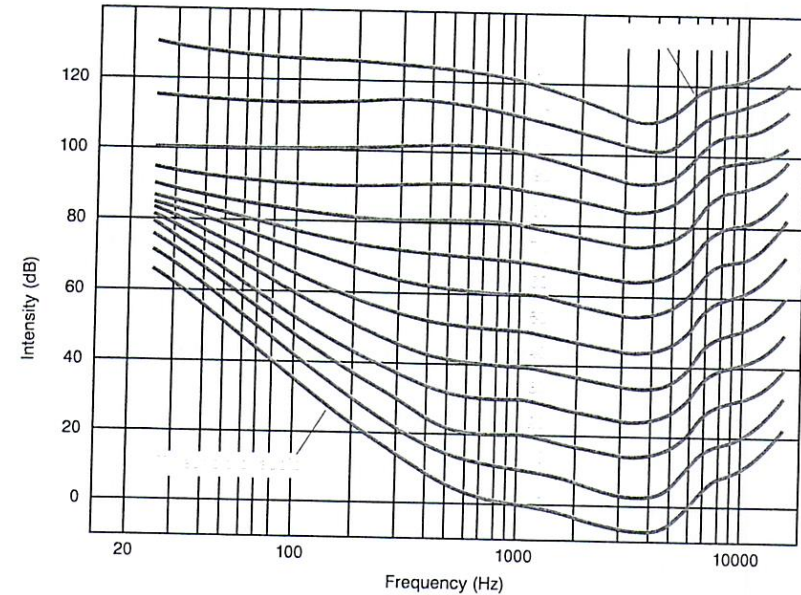
φωνή, οι υπόγειοι θόρυβοι, οι δονήσεις του μικροφώνου και άλλες παραμορφώσεις, δεν θα γίνονταν αντιληπτές χωρίς τα subwoofers και όχι μόνο οι χαμηλές νότες του μπάσου. Υπάρχουν διαφορετικές απόψεις για το κατά πόσο ένα ή δυο (σε στέρεο) subwoofers απαιτούνται για το σκοπό αυτό.<sup>12</sup>

Πολύ σημαντικό για την σωστή και αντικειμενική ακρόαση του υλικού είναι και το επίπεδο έντασης που θα χρησιμοποιούνται τα ηχεία κατά την διάρκεια της επεξεργασίας. Οι καμπύλες Fletcher - Munson (καμπύλες ίσης ακουστικότητας), που απεικονίζονται στο σχήμα 2.3, αποκαλύπτουν πως το ανθρώπινο αυτί δεν έχει γραμμική απόκριση σε συνάρτηση με τη δυναμική των ηχείων, ειδικά στην περιοχή των χαμηλών και υψηλών συχνοτήτων.

Στο σχήμα 2.3 παρουσιάζονται οι καμπύλες ίσης ακουστικότητας σε μία γραφική παράσταση που αποκαλύπτει την αναλογία κάθε συχνότητας του ακουστικού φάσματος σε Hz ανάλογα με την ένταση που φτάνει στα αυτιά μας σε dB SPL. Η περιοχή του ενδιαφέροντος βρίσκεται κυρίως στις καμπύλες μεταξύ των 80 και 110 dB που είναι οι συνήθεις εντάσεις ακρόασης της μουσικής.

---

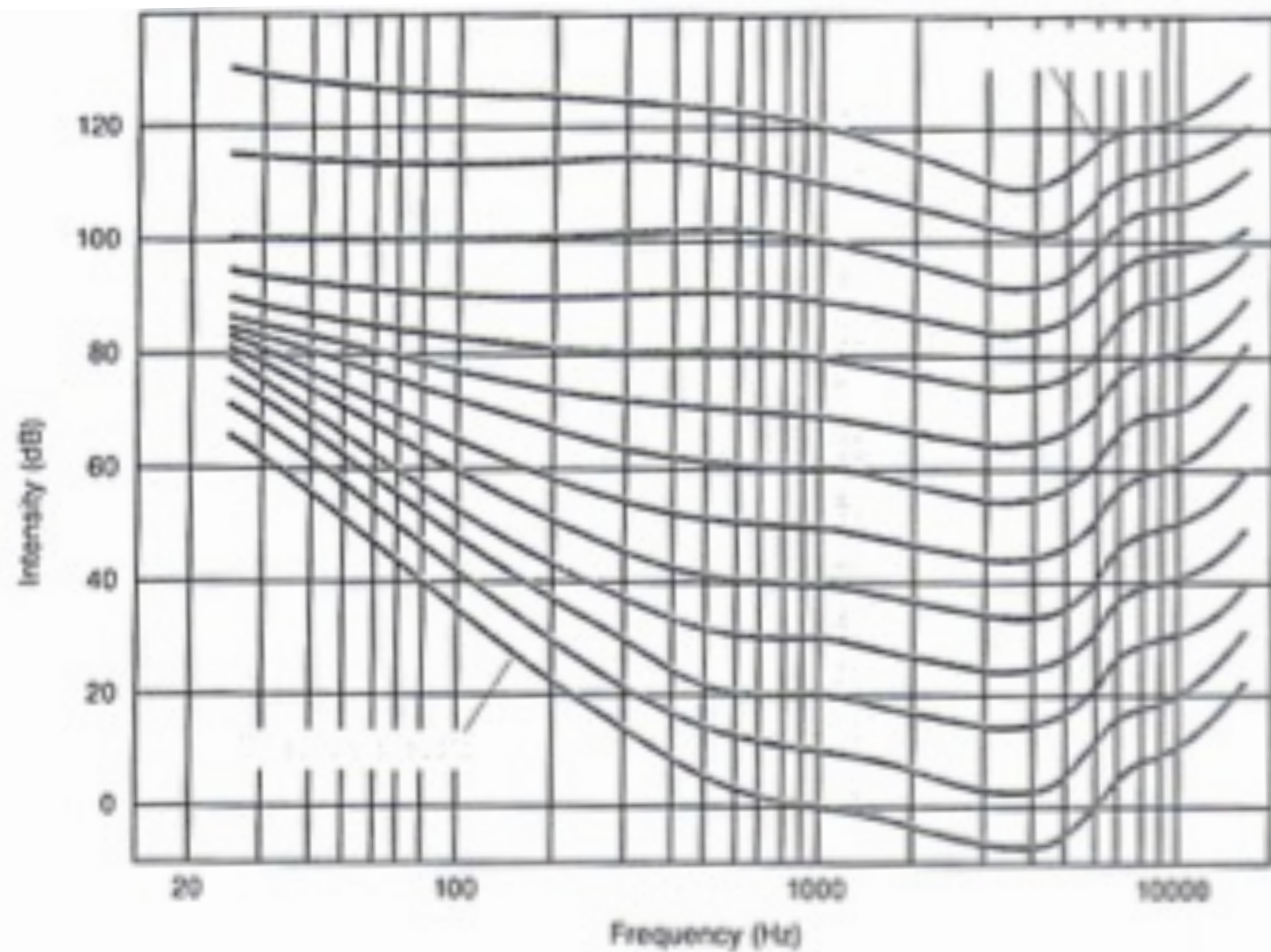
<sup>12</sup> Bob Katz, *Mastering Audio: The art and the science*, (Orlando: focal press, 2002), monitoring, σελ76



Σχήμα 2.3 “Καμπύλες Fletcher- Munson” (Fletcher-Munson Curves, [http://www.customanalogue.com/elsinore/elsinore\\_16.htm](http://www.customanalogue.com/elsinore/elsinore_16.htm) ,10/01/2010)

Παρατηρείται πως το ανθρώπινο αυτί είναι πιο ευαίσθητο στην ένταση που δέχεται από τις μεσαίες συχνότητες σε σχέση με τις χαμηλές και τις υψηλές του ηχητικού φάσματος. Επομένως όσο πιο χαμηλά σε ένταση ακούμε τόσο μας λείπουν οι χαμηλές και υψηλές συχνότητες. Γι' αυτό το λόγο είναι συχνό το φαινόμενο αύξησης της έντασης των ακραίων συχνοτήτων (smile curve) σε ένα γραφικό ισοσταθμιστή, με σκοπό να δίνεται η αίσθηση ότι η μουσική ακούγεται δυνατά και στις χαμηλές εντάσεις.

Όσον αφορά την αποτελεσματικότερη ακρόαση κατά την διάρκεια επεξεργασίας mastering, το συμπέρασμα είναι πως η όλη επεξεργασία θα πρέπει να γίνεται σε ρεαλιστικές εντάσεις 80-85dB. Σε αυτές τις εντάσεις (όπως παρατηρείται και στο σχήμα 2.3) παρουσιάζεται η πιο ισορροπημένη απόκριση συχνοτήτων στο ανθρώπινο αυτί. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η μεγάλη διαφοροποίηση του αποτελέσματος όταν το υλικό αναπαράγεται σε πολύ χαμηλές ή και πολύ υψηλές εντάσεις αντίστοιχα.



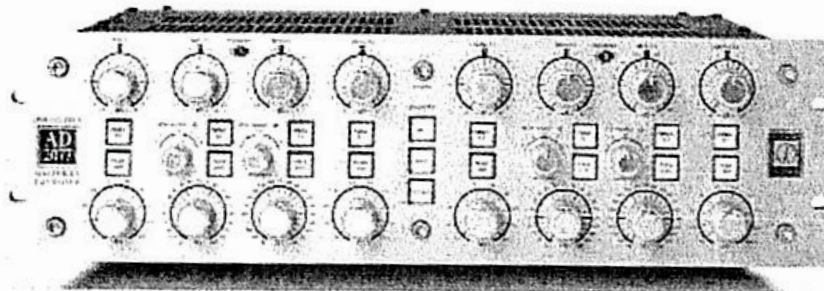
Σχήμα 2.3 “Καμπύλες Fletcher- Munson” (Fletcher-Munson Curves, [http://www.customanalogue.com/elsinore/elsinore\\_16.htm](http://www.customanalogue.com/elsinore/elsinore_16.htm) ,10/01/2010)

## 2.3 ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

### 2.3.1 Αναλογικοί επεξεργαστές

Στο mastering μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλοι οι αναλογικοί δυναμικοί επεξεργαστές (equalizers, compressors, limiters, pre-amplifiers, κα) και τα αναλογικά εφφέ (reverb, delay κλπ) που χρησιμοποιούνται και στα άλλα στάδια της παραγωγής, όπως στην ηχογράφηση και την μίξη. Οι ειδικευμένοι αναλογικοί επεξεργαστές για mastering (όπως το equalizer Avalon AD2077 ή ο Granesong STC-8 stereo compressor κ.α) είναι πολύ λιγότεροι σε αριθμό και λόγω του ότι προσφέρουν επιπρόσθετες λειτουργίες, το κόστος τους είναι ιδιαίτερα υψηλό.

Βασικός λόγος επιβίωσης των αναλογικών επεξεργαστών, παρά το κόστος τους και την μη-δυνατότητα πολυεπεξεργασίας εν αντιθέσει με τους ψηφιακούς, είναι για πολλούς ότι ο αναλογικός ήχος ακούγεται πιο ζεστός και πιο ζωντανός σε σχέση με τον ψηφιακό.

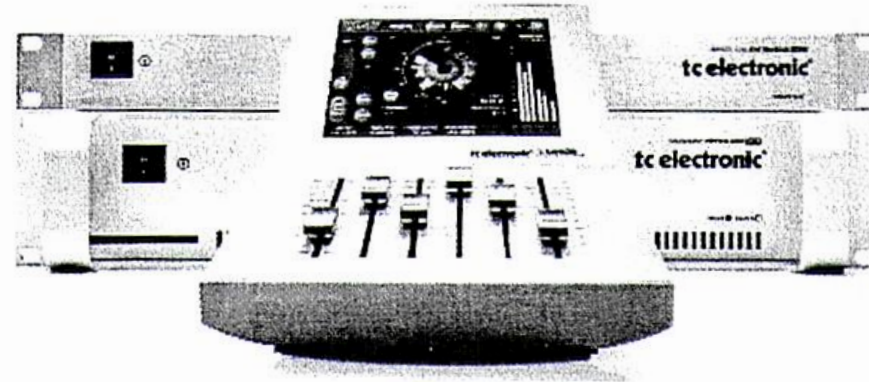


Σχήμα 2.4 **Avalon AD2077:** Dual Mono, Pure Class A Mastering Equalizer

### 2.3.2 Ψηφιακοί επεξεργαστές:

Οι ψηφιακοί επεξεργαστές από την μεριά τους θα μπορούσαν να χωριστούν σε δύο σημαντικές κατηγορίες: Στην μορφή hardware και στην μορφή software.

Οι ψηφιακοί σε μορφή hardware επεξεργαστές μπορούν να λειτουργήσουν ως ξεχωριστές αυτόνομες μονάδες. Υπάρχουν ειδικευμένες κατασκευές αποκλειστικά για ένα είδος μόνο επεξεργασίας όπως equalisation, compression, κ.λ.π, με την λογική και την αισθητική των αναλογικών επεξεργαστών συν τις διευκολύνσεις που παρέχει η ψηφιακή τεχνολογία, όπως την δυνατότητα αποθήκευσης πληροφοριών στην μνήμη, έλεγχο άλλων συσκευών μέσω MIDI κ.α. Επίσης σε μορφή hardware έχουν κατασκευασθεί πολύ-επεξεργαστές αποκλειστικά για το mastering, όπου προσφέρουν multiband compression, expansion, limiting, de-esser, παραμετρικό equalization, αλλά και άλλες λειτουργίες όπως ambience και stereo width control.



Σχήμα 2.5 Το System 6000 της TC Electronic είναι ένας από τους κορυφαίους ψηφιακούς επεξεργαστές που προσφέρει όλες τις βασικές λειτουργίες που είναι χρήσιμες για την mastering επεξεργασία.

Ένα άλλο μεγάλο κομμάτι του digital mastering είναι τα DAWs τα οποία είναι ψηφιακοί επεξεργαστές ήχου με την μορφή software προγραμμάτων. Το βασικότερο πλεονέκτημα των DAWs, το οποίο και τα καθιστά ως απαραίτητο εργαλείο στην αλυσίδα επεξεργασίας του σύγχρονου mastering, είναι η δυνατότητα editing και άλλων διορθώσεων (όπως fade in, fade out κ.α) με εξαιρετική λεπτομέρεια και ακρίβεια.<sup>13</sup>

Τα συστήματα αυτά συνεργάζονται και με τα plug-ins. Τα plug-ins είναι και αυτά ψηφιακά προγράμματα μικρότερα σε όγκο από τα DAWs και εξειδικεύονται σε συγκεκριμένες εφαρμογές στον ήχο. Στην πραγματικότητα είναι ένα εικονικό περιβάλλον επεξεργασίας, που τις περισσότερες φορές

---

<sup>13</sup> “DAW Defined”, [http://www.sweetwater.com/feature/daw/daw\\_defined.php](http://www.sweetwater.com/feature/daw/daw_defined.php) ,20/01/2010  
σελ. 76

έχει ακριβώς την ίδια μορφή και τις λειτουργίες με αυτή των αντίστοιχων hardware επεξεργαστών.<sup>14</sup>

Η ποιότητα των hardware για πολλούς θεωρείται υψηλότερη σε σχέση με των software επεξεργαστών, παρότι που τα τελευταία χρόνια τείνουν στο να πλησιάσουν σχεδόν στα ίδια επίπεδα, ιδιαίτερα όταν τα plug-ins συνεργάζονται με ένα δυνατό υπολογιστικό σύστημα και έναν υψηλής ποιότητας A/D – D/A μετατροπέα.

Τα DAWs - με την συνεργασία μόνο των plug-ins και ενός υπολογιστικού συστήματος - μπορούν να καλύψουν όλες τις διαδικασίες που είναι απαραίτητες για το mastering, μέχρι και την δημιουργία του τελικού μέσου στις προδιαγραφές που απαιτεί η σύγχρονη μουσική βιομηχανία.

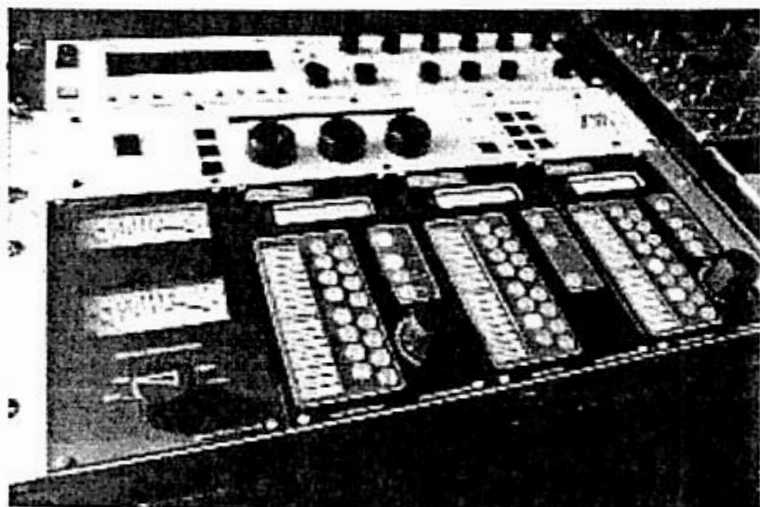
Έπειτα από όλα αυτά έγκειται καθαρά στην κρίση, την εμπειρία και την αισθητική του εκάστοτε τεχνικού η επιλογή των επεξεργαστών που θα χρησιμοποιηθεί.

---

<sup>14</sup> Rich the Tweak , “All About Plugins”, [http://www.tweakheadz.com/plugins\\_for\\_audio.html](http://www.tweakheadz.com/plugins_for_audio.html), 25/01/2010

## 2.4 MASTERING ΚΟΝΣΟΛΕΣ

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, το μέγεθος μίας mastering κονσόλας είναι πολύ πιο μικρό από τις κονσόλες που χρησιμοποιούνται στην μίξη, ώστε να αποφεύγονται κυρίως οι πρωτογενείς ανακλάσεις, ιδιαίτερα των υψηλών συχνοτήτων. Στο mastering χρειάζονται πολύ λιγότερα κανάλια εισόδου από ότι στην μίξη επομένως και πολύ μικρότερο μέγεθος κονσόλας. Για stereo audio mastering χρειάζονται τουλάχιστον δύο κανάλια εισόδων (sources). Οι περισσότερες κονσόλες όμως



Σχήμα 2.6 Η mastering κονσόλα Crookwood, τοποθετημένη πάνω σε rack επεξεργαστών.

υποστηρίζουν τουλάχιστον έξι κανάλια ώστε να υπάρχει και η δυνατότητα σύγχρονων τεχνικών mastering (όπως χρήση πηγών stems, κ.α). Επειδή στο mastering ο έλεγχος της έντασης της κάθε πηγής μπορεί να επιτευχθεί και μέσω των gain controls των επεξεργαστών και των DAWs δεν είναι απαραίτητη πάντα η ύπαρξη fader για κάθε κανάλι ξεχωριστά. Επομένως σε πολλές κονσόλες παραλείπονται τα faders μειώνοντας ακόμη περισσότερο το

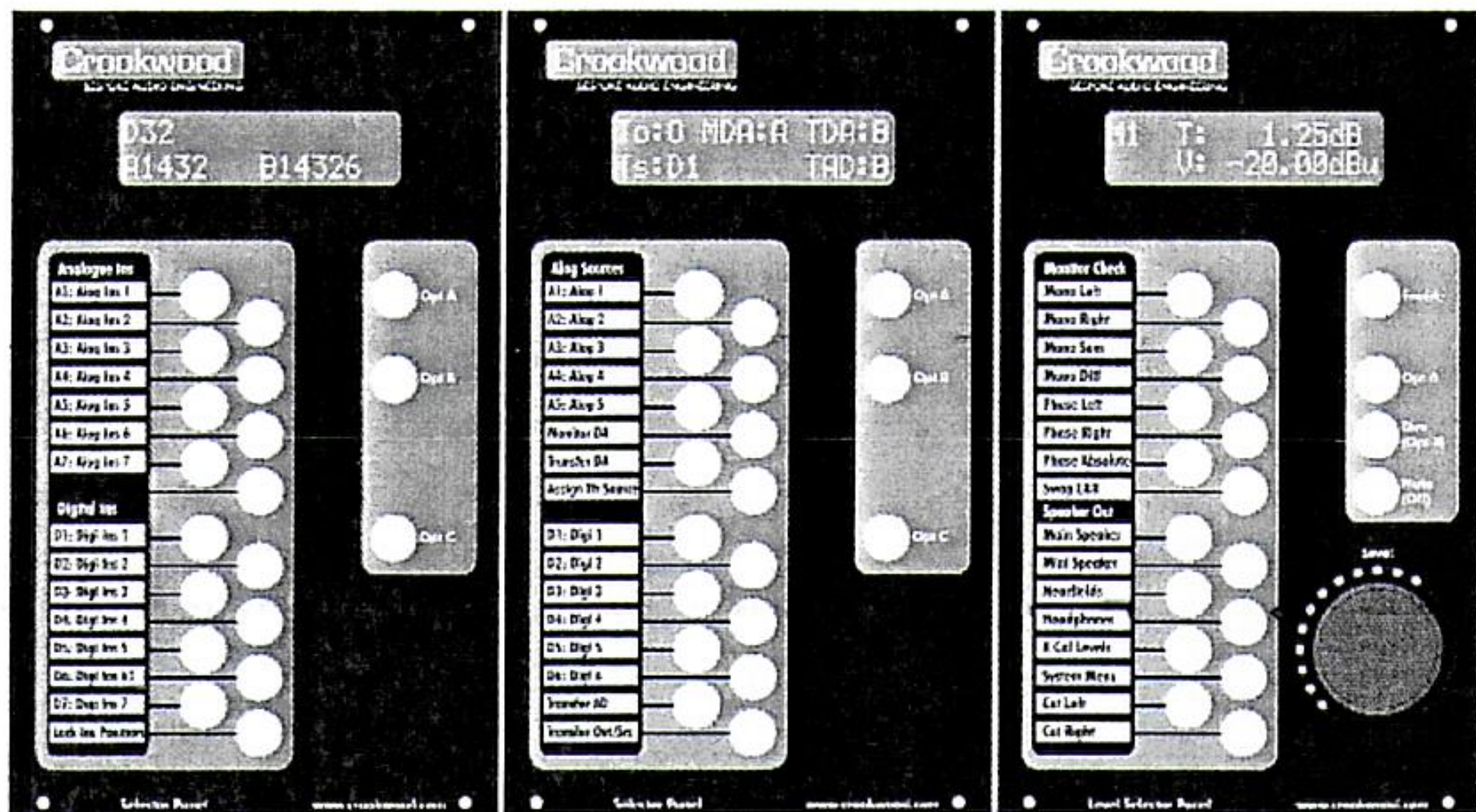
μέγεθός τους όπως και τα aux sends όπου δεν βρίσκουν χρήση σε αντίθεση με τα inserts.<sup>15</sup>

Στο mastering είναι χρήσιμο να προσφέρεται η δυνατότητα πλήρους ελέγχου των monitors από την κονσόλα, όπως ο έλεγχος της έντασης ξεχωριστά σε κάθε ηχείο, η ακρόαση του μονοφωνικού αθροίσματος των ηχείων, ο έλεγχος όλων αυτών με και χωρίς αναστροφή φάσης ή ακόμα και η αντιστροφή της στερεοφωνίας.

Μία άλλη πολύ σημαντική και χρήσιμη λειτουργία που προσφέρουν οι κονσόλες mastering είναι η δυνατότητα δρομολόγησης του σήματος σε δύο ανεξάρτητες εξόδους ώστε να μπορεί να γίνεται η σύγκριση δύο διαφορετικών ρυθμίσεων σε πραγματικό χρόνο (A/B comparizon). Αυτή η σύγκριση θα πρέπει να συμβαίνει με την ίδια ακριβώς ένταση. Έτσι επιτυγχάνεται αντικειμενική σύγκριση του επεξεργασμένου με του αρχικού σήματος, χωρίς να επηρεάζεται από την μη γραμμική απόκριση που παρουσιάζει το ανθρώπινο αυτί σε σχέση με την ένταση. Επίσης σε πολλές κονσόλες δίνεται και η δυνατότητα ελέγχου on/off για κάθε είσοδο δυναμικού επεξεργαστή.<sup>16</sup>

<sup>15</sup> Rich the Tweak , [http://www.tweakheadz.com/choosing\\_a\\_mixer\\_p3.htm](http://www.tweakheadz.com/choosing_a_mixer_p3.htm), 25/01/2010

<sup>16</sup> <http://www.crookwood.com/~crookwood/mastering-console-overview/261-don-need-a-mastering-console.html>, 30/10/2010



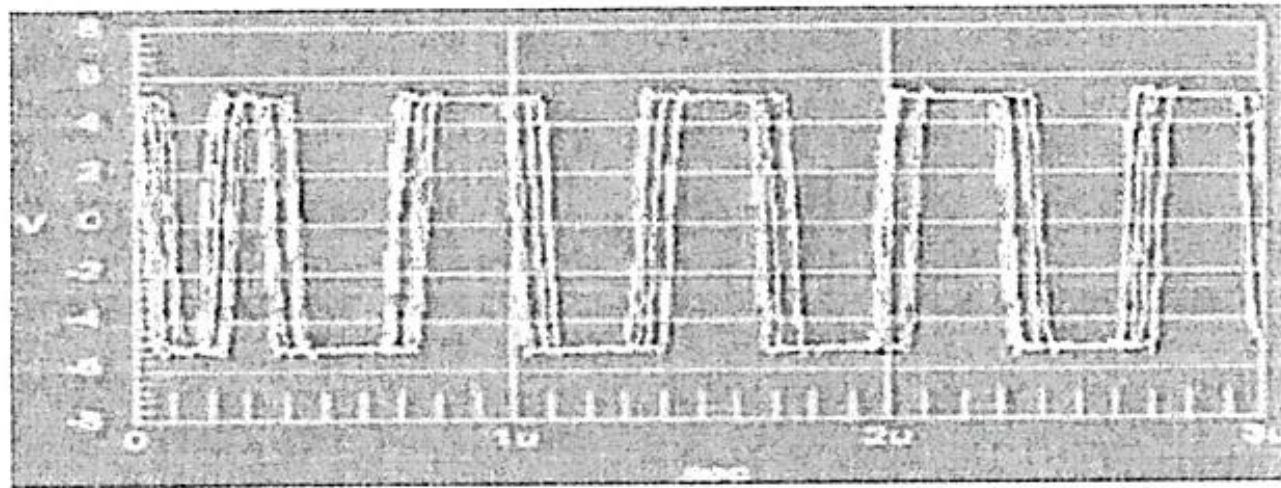
Σχήμα 2.7 Η μπροστινή όψη χειρισμού της stereo mastering κονσόλας M1-7 AI της εταιρίας Crookwood. Στον πρώτο τομέα της κονσόλας από αριστερά εμφανίζονται τα όργανα ελέγχου των αναλογικών και ψηφιακών inserts, στο μεσαίο των αναλογικών και ψηφιακών πηγών και στον τελευταίο τα όργανα ελέγχου των monitors. (<http://www.crookwood.com/~crookwood/m3-mastering-console.html>)

## 2.5 A/D – D/A ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΚΑΙ ΛΑΘΗ ΧΡΟΝΙΣΜΟΥ (JITTER)

Με τις αναλογικές και ψηφιακές συσκευές που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό συχνά στην αλυσίδα ενός επαγγελματικού mastering, η χρήση των μετατροπέων αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A/ D converters) και ψηφιακού σήματος σε αναλογικό (D/A converters) είναι απαραίτητη. Ο A/ D μετατροπέας δέχεται το σήμα στην αναλογική του μορφή, που είναι συνεχές στο χρόνο, και το μετατρέπει σε ψηφιακό επιλέγοντας ένα συγκεκριμένο αριθμό δειγμάτων από το αναλογικό σήμα ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Η σταθερή διαδοχή των δειγμάτων στο χρόνο καθορίζεται από την συνέπεια του μετρητή (clock) του μετατροπέα. Ο D/A με την σειρά του αναδημιουργεί την εικόνα του αναλογικού σήματος, επανατοποθετώντας αυτά τα δείγματα με την ίδια συγκεκριμένη διαδοχή στο χρόνο. Πολλές φορές όμως παρατηρείται ότι κατά την μεταφορά δεδομένων ή και κατά την σύνδεση δύο η περισσότερων ψηφιακών συσκευών, ο ήχος γίνεται πιο στεγνός, φτηνός έχει χάσει την έκταση στα άκρα του συχνοτικού φάσματος και έχουν χαθεί τα επίπεδα, η κίνηση και το τριδιάστατο της ηχογράφησης. Αυτό συμβαίνει γιατί, λόγω κακής λειτουργίας του clock των ψηφιακών μηχανημάτων, τα χρονικά διαστήματα δεν μένουν σταθερά και έτσι όταν αναπαράγεται ο ψηφιακός ήχος, η κυματομορφή βρίσκεται στην λάθος αξία και στο λάθος σημείο, με αποτέλεσμα την αλλοίωση του κύματος. Αυτό το φαινόμενο του λάθους χρονισμού στις ψηφιακές μηχανές αποκαλείται **jitter**. ( Σχήμα 2.8 )<sup>17</sup>

Το φαινόμενο jitter διαχωρίζεται σε δύο κατηγορίες: Στο **interface jitter** και το **sampling jitter**.

- Το interface jitter εμφανίζεται κατά την διάρκεια μίας ψηφιακής μεταφοράς ήχου από το ένα μηχάνημα στο άλλο και έχει την βάση του στον κακό συγχρονισμό των δύο μηχανημάτων.
- Το sampling jitter εμφανίζεται κατά την διάρκεια μίας ψηφιακής μετατροπής που αναλαμβάνει ένας ADC ή ένας DAC και οφείλει την ύπαρξή

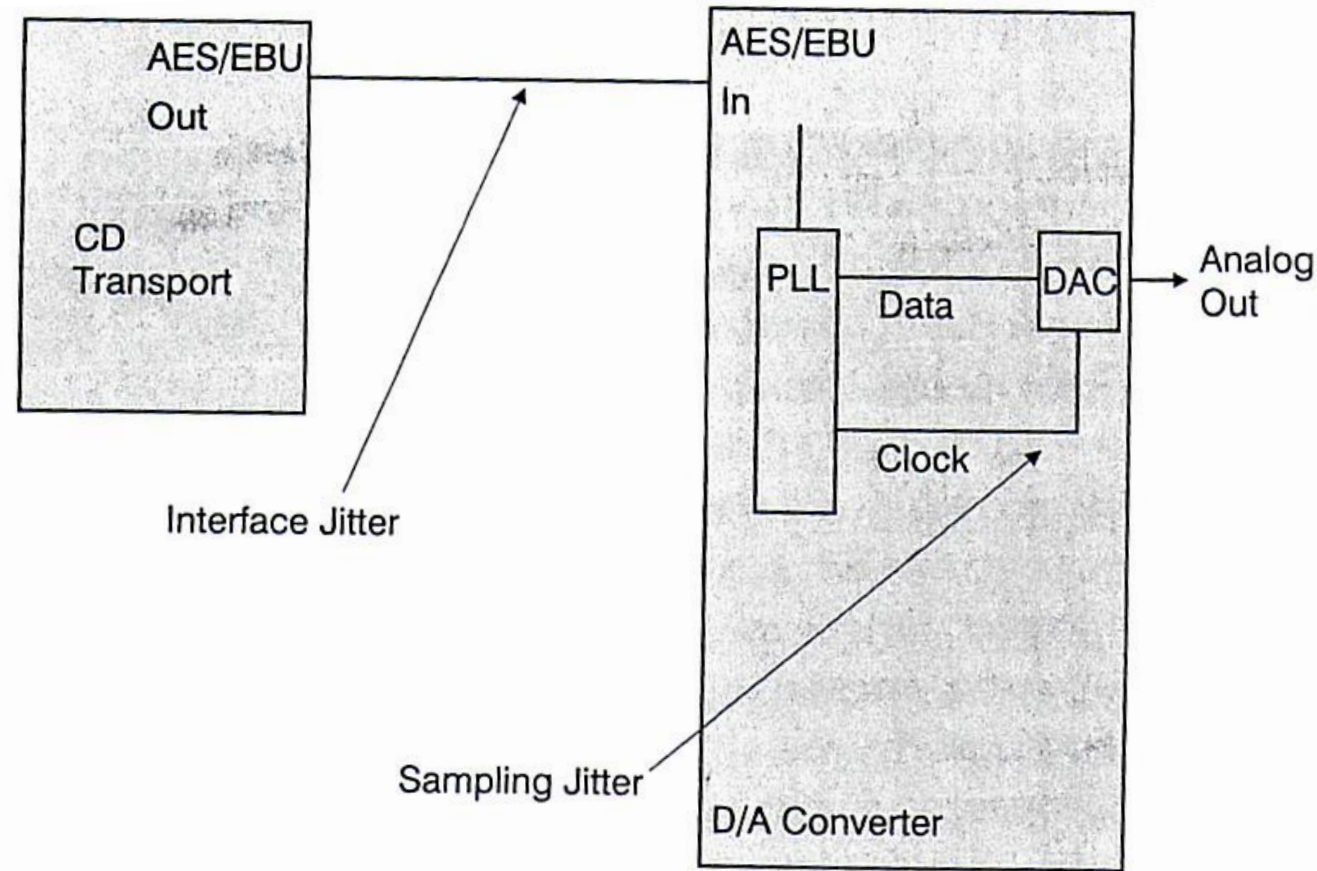


Σχήμα 2.8 Κυματομορφή με jitter

---

<sup>17</sup> [http://www.athensmastering.gr/EL/equipment\\_jitter.html](http://www.athensmastering.gr/EL/equipment_jitter.html), Copyright@2006 Athens Mastering /High end Mastering and Restoration, 20/11/2009

του στον κακό σχεδιασμό του κυκλώματος ή στην χαμηλή ποιότητα του σήματος χρονισμού (clock signal) που μπορεί να δέχεται ο μετατροπέας. ( Σχήμα 2.9 )<sup>18</sup>



Σχήμα 2.9 Η εμφάνιση του interface jitter και sampling jitter

Στην πραγματικότητα όλες οι ψηφιακές συσκευές με μια είσοδο και μια έξοδο εισάγουν ένα μικρό ή μεγαλύτερο ποσό jitter σε μία αλυσίδα. Η διάγνωση και οι λύσεις σε αυτό το πρόβλημα δεν είναι πλήρως κατανοητές, ακόμα και από γνωστούς κατασκευαστές ψηφιακών συστημάτων, καθώς μόλις τα τελευταία χρόνια έγινε δυνατή η μέτρηση του φαινομένου του jitter.

Τα δεδομένα (data) ενός ήχου είναι πάντα τα ίδια (ένας συγκεκριμένος αριθμός 0-1 bytes δεδομένων σε μια συγκεκριμένη σειρά). Όμως το πως θα ακουστεί αυτός ο ήχος εξαρτάται κάθε φορά από την ποιότητα του τελικού ρολογιού (master clock), που οδηγεί τον τελικό μετατροπέα του ψηφιακού ήχου σε αναλογικό (D/A μετατροπή).<sup>19</sup>

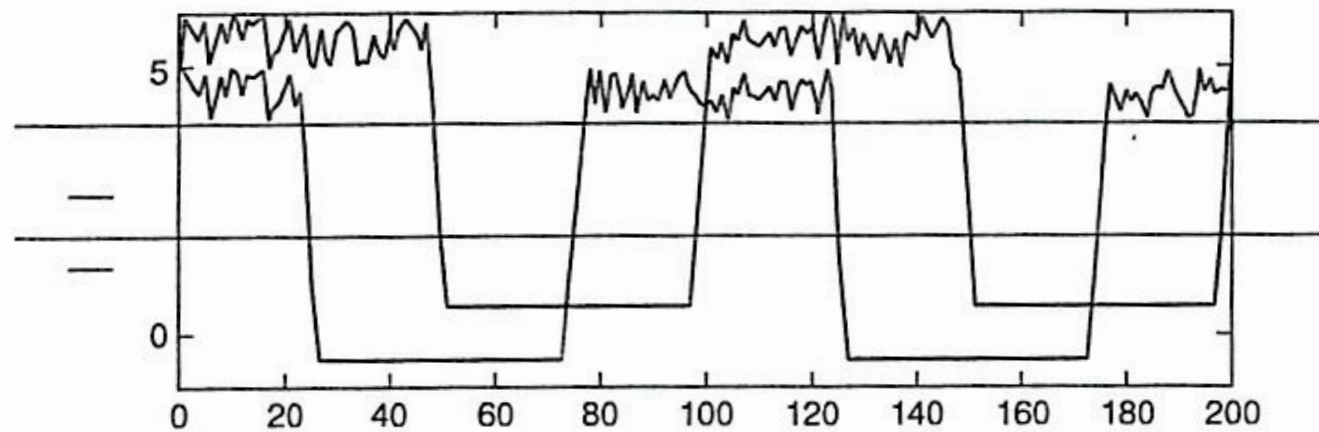
---

<sup>18</sup> Bob Katz, *Mastering Audio: The art and the science*, (Orlando: focal press, 2002), what is jitter ,σελ 228

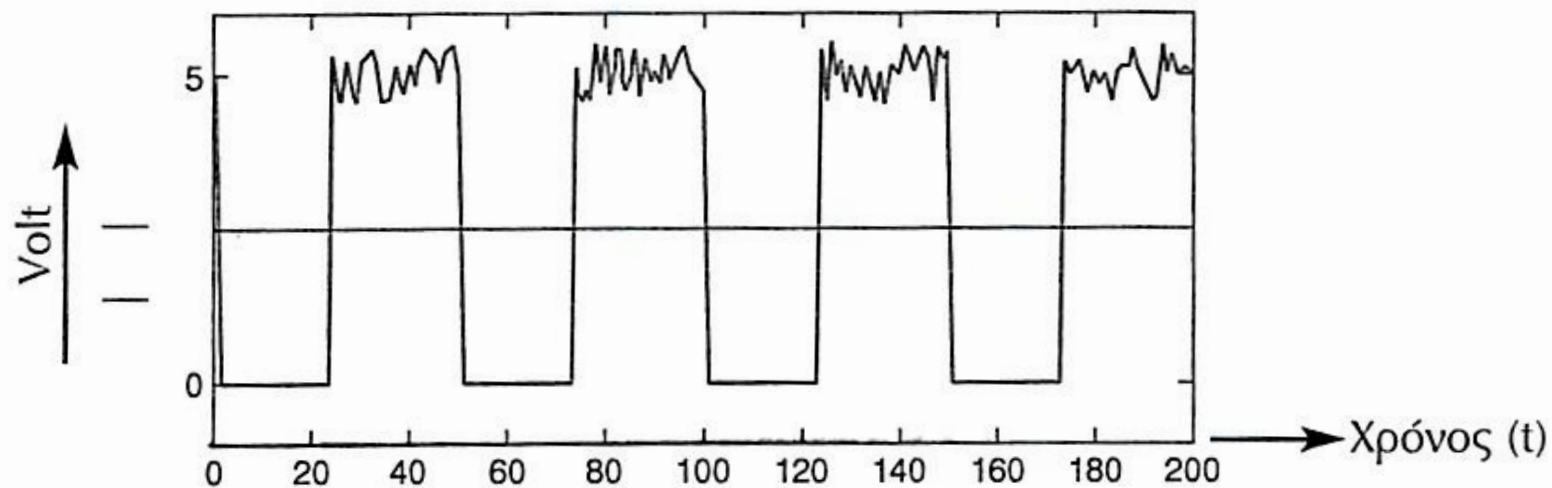
<sup>19</sup> Bob Katz, *Mastering Audio: The art and the science*, (Orlando: focal press, 2002), what is jitter ,σελ 229

Γίνεται έτσι κατανοητή η μεγάλη σημασία που έχει:

- α) η ποιότητα του A/D μετατροπέα σε οποιαδήποτε ψηφιοποίηση ήχου, ιδιαίτερα εκεί που ο ήχος “συλλαμβάνεται” για πρώτη φορά. Ένας A/D μετατροπέας θα πρέπει να έχει ένα εξαιρετικά σταθερό ρολόι (master clock) που να μην εισάγει jitter, παραμορφώσεις και θορύβους, οι οποίοι από την στιγμή που θα ηχογραφηθούν δεν είναι πλέον δυνατόν να αφαιρεθούν σε μετέπειτα στάδιο.
- β) η ικανότητα του τελικού D/A μετατροπέα να μειώνει αν όχι και να εξαφανίζει οποιοδήποτε λάθος χρονισμού εμφανίζεται στο σήμα.
- γ) η ποιότητα των καλωδίων ώστε το σήμα να ταξιδεύει με όσον τον δυνατόν λιγότερες απώλειες από τη μία συσκευή στην άλλη.



Σχήμα 2.10 Μία κυματομορφή με λάθος χρονισμού και θόρυβο που προέρχεται από το τροφοδοτικό



Σχήμα 2.11 Η ίδια κυματομορφή του σχήματος 2.10 αφού οδηγήθηκε σε έναν PLL (PhaseLockLoop) ο οποίος αναδημιούργησε (regeneration) το σήμα.  
 ([http://www.athensmastering.gr/EL/equipment\\_jitter.html](http://www.athensmastering.gr/EL/equipment_jitter.html), Copyright@2006 Athens Mastering/High end Mastering and Restoration, 20/11/2009)

Μία από τις πρώτες μεθόδους που προτάθηκαν για την λύση του προβλήματος ήταν η αναδημιουργία (regeneration) και (reclocking) του σήματος. Σήμερα υπάρχουν συσκευές καταγραφής όπου βασιζόμενες σε αυτήν την λογική μειώνουν το εμφανές jitter, όπως το "Audio Master Quality Recording" της Yamaha για CD-R ή το "K2 laser Beam Recording" για CD-ROM κ.α). Βέβαια τα πράγματα δεν είναι τόσο απλά, καθώς τελευταίες

έρευνες έδειξαν ότι το jitter εξαρτάται και από το συχνοτικό περιεχόμενο της μουσικής - δηλαδή αλλάζει αναλόγως με την συχνοτική ενέργεια - γεγονός που κάνει πιο σύνθετη την προσπάθεια για τον περιορισμό του. Παρόλα αυτά ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για την αποφυγή του jitter παραμένει η χρήση πολύ υψηλής ποιότητας A/D και D/A μετατροπών όπως και υψηλής ποιότητας καλωδίων.

# Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ ΚΑΙ Η ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΟΥ (ΤΕΛΙΚΟ ΜΕΣΟ στο ΜΑΣΤΕΡΙΝΓΚ)

## A) CD

Το μουσικό CD είναι κομμάτι της δεκαετίας του 1980 δημιούργημα της Sony και της Philips. Είναι γεγονός ότι για 10-15 χρόνια είχε σαρωτική επιτυχία και ότι έφερε πραγματική επανάσταση στην αγορά. Το CD εκπαίδευσε εκατοντάδες εκατομμύρια καταναλωτές παγκοσμίως στη χρήση οπτικών ψηφιακών μέσων αποθήκευσης και κατάφερε να μας φέρει ήχο υψηλού επιπέδου σε μορφή εύχρηστη και αξιόπιστη. Η μουσική αποθηκεύεται στα CD με την τεχνολογία PCM 16bit/44,1 KHz, που έχει πάνω από 20 χρόνια στην πλάτη της, ωστόσο είναι ακόμη το μέτρο σύγκρισης για οποιαδήποτε άλλη τεχνολογία αποθήκευσης ήχου για καταναλωτικές εφαρμογές. Ακόμα και τα πολύ δημοφιλή formats (με δυνατότητες ανώτερες της τεχνολογίας PCM 16bit/44,1 KHz) όπως mp3, WMA και AAC ουσιαστικά αξιολογούνται από το κοινό ως προς το πώς μπορούν να δώσουν ποιότητα που να μοιάζει με του CD (CD-like quality) με τον ελάχιστο δυνατό αποθηκευτικό χώρο. Τα SACD και DVD-Audio είναι βασισμένα σε πολύ νεότερες τεχνολογίες, που επιτρέπουν την αποθήκευση ήχου 5.1 σε ανάλυση πολύ υψηλότερη από αυτήν του CD. Ο ήχος τους είναι ασύγκριτα καλύτερος και σε συνδυασμό με τα κατάλληλα μηχανήματα αναπαραγωγής μπορεί κυριολεκτικά να μας μεταφέρει στο χώρο ηχογράφησης της μουσικής. Το CD ακούγεται μπροστά τους σαν FM stereo με πολύ καλή λήψη.

## **B) SACD (Super Audio Compact Disk)**

Το SACD είναι δημιούργημα της Sony και της Philips. Το SACD προσπάθησε να επαναλάβει την επιτυχία του CD, ακολουθώντας ουσιαστικά το ίδιο επιχειρηματικό μοντέλο με το CD. Χρησιμοποιεί εντελώς διαφορετική τεχνολογία για τη δειγματοληψία και την κωδικοποίηση των ηχητικών δεδομένων σε σχέση με το PCM του CD και του DVD-Audio. Η τεχνολογία αυτή ονομάζεται DSD και τεχνικά έχει το περιθώριο να ξεπεράσει κατά πολύ το PCM. Το DSD (Direct Stream Digital) χρησιμοποιεί διαμόρφωση 1-bit delta-sigma και ρυθμό δειγματοληψίας 64 φορές μεγαλύτερο από του CD. Παρ' όλα αυτά, στο SACD το προβάδισμα μόλις που είναι αισθητό σε σχέση με το DVD-Audio, καθώς οι περιορισμοί στον αποθηκευτικό χώρο δεν αναδεικνύουν επί της ουσίας το DSD, οπότε εκ του αποτελέσματος δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά μεταξύ SACD και DVD-Audio.

Σε σχέση με το CD το SACD είναι κλάσεις ανώτερο, καθώς έχει δυναμική περιοχή άνω των 120 dB και απόκριση συχνότητας μέχρι τα 100 KHz. Για αυτόν το λόγο αναπτύχθηκε σύντομα το Hybrid SACD, που συνδυάζει ένα layer CD και ένα layer SACD. Οι δίσκοι SACD χρησιμοποιούν τεχνολογία ανάλογη με αυτήν του DVD αλλά ασύμβατη με αυτό, οπότε χρειάζεται επιπρόσθετος μηχανισμός ανάγνωσης για το SACD τμήμα ενός player. Ακόμα, προς αποφυγή της πειρατείας δεν κυκλοφόρησαν ποτέ drives SACD για υπολογιστές και φυσικά έχει γίνει κάθε προσπάθεια προστασίας του από ψηφιακές αντιγραφές. Έτσι, άργησε χαρακτηριστικά να κυκλοφορήσει ψηφιακή έξοδος σε SACD και τελικά χρησιμοποιήθηκε το Firewire (iLink κατά τη Sony), ενώ ακόμη δεν έχει προτυποποιηθεί η χρήση του HDMI για το SACD, σε αντίθεση με το DVD-Audio που το έχει κάνει εδώ και καιρό. Η κατάσταση όσον αφορά το ρεπερτόριο σε SACD είναι σαφώς καλύτερη αφού η Sony Music έχει μεγάλο κατάλογο ηχογραφήσεων. Παρ' όλα αυτά, μόλις 3.000 τίτλοι ήταν διαθέσιμοι για τον καταναλωτή έως το 2010, πράγμα που ήταν ενδεικτικό της χαμηλής αποδοχής του format από την αγορά.

## Γ) DVD-Audio

Ο ήχος του DVD-Audio είναι βασισμένος στην τεχνολογία PCM (όπως άλλωστε και το CD), αλλά με 192 KHz συχνότητα δειγματοληψίας, 24bit ανάλυση και δυνατότητα για 5.1 ήχο, που εξασφαλίζει συντριπτικά ανώτερη ποιότητα ήχου σε σχέση με το στερεοφωνικό ήχο 44,1KHz/16bit που έχει το CD. Το DVD-Audio χρησιμοποιεί τους στάνταρ δίσκους DVD, οι οποίοι φέρουν διαφορετικό σύστημα προστασίας κατά της αντιγραφής. Μέχρι το 1999 το DVD-Audio προβλεπόταν να προστατεύεται από το σύστημα CSS II <sup>1</sup> και να κυκλοφορήσει μαζί με δίσκους DVD-Video, αλλά με την κυκλοφορία του DeCSS <sup>1</sup> από το γνωστό Νορβηγό hacker Jon Johansen η μουσική βιομηχανία ανέστειλε την κυκλοφορία τους.

<sup>1</sup> Το **DeCSS** είναι ένα βοηθητικό λογισμικό που έχει σχεδιαστεί για την αποκρυπτογράφηση τύπου **CSS (Content Scramble System)** η οποία συνιστά την κρυπτογράφηση προστασίας αντιγραφής που χρησιμοποιείται σε πολλούς εμπορικούς δίσκους DVD-Video.

Έτσι αναπτύχθηκε ένα καινούργιο σύστημα κρυπτογράφησης και προστασίας, το λεγόμενο CPPM, από τις IBM, Intel, MEI και Toshiba, με κλειδιά προστασίας 56-bit αντί των 40-bit κλειδιών του CSS. Παράλληλα έχει υλοποιηθεί μια τεχνολογία ψηφιακού υδατογραφήματος (watermarking) για τον ήχο ώστε, ακόμα και αν γίνει προσπάθεια αναλογικής αντιγραφής, αυτή να είναι δυνατό να ανιχνευθεί και να αποτραπεί Έτσι όμως χάθηκε το σημαντικότερο πλεονέκτημα του DVD-Audio (σύμφωνα πάντα με τους αρχικούς σχεδιασμούς) αφού χάθηκε η συμβατότητα μερικών με τη δοκιμασμένη και φθηνή σχετικά τεχνολογία σε επίπεδο παραγωγής, ηχοληψίας, authoring και παραγωγής γενικότερα αλλά και φυσικά, με τα καταναλωτικά DVD players, που πλέον δεν μπορούσαν να παίξουν δίσκους DVD-Audio.

Αν δούμε την εξέλιξη της όλης υπόθεσης στο ιστορικό της πλαίσιο, φαίνεται λιγότερο ανόητη, γιατί γύρω στο 2000 είχαμε την εισαγωγή των P2P δικτύων με την εμφάνιση του Napster, που κυριολεκτικά τρομοκράτησε τη μουσική βιομηχανία. Για να προσπαθήσει να προστατεύσει τα υπερκέρδη της, προσπάθησε να αναπτύξει νέες προδιαγραφές, έχασε πολύτιμο χρόνο, αλλά κυρίως έχασε το τρένο του DVD αφού κατέληξε να είναι ασύμβατο το DVD-Audio με τα DVD players. Τώρα προσπαθεί να πιάσει το τρένο του CD κυκλοφορώντας το Dual Disc, ένα νέο format που έχει ένα layer CD και ένα layer DVD, ώστε να είναι δυνατό να έχουμε σε έναν και μόνο δίσκο συμβατότητα με CD player (σε ποιότητα CD ) και με DVD-Audio player. Το τελικό αποτέλεσμα είναι να έχει μετά από 5 χρόνια στην αγορά μόλις 700 δίσκους, πράγμα που σημαίνει ότι εμπορικά απέτυχε παταγωδώς, παρά το γεγονός ότι έχει καταπληκτική ποιότητα ήχου.

## SACD και το DVD-Audio

Το SACD και το DVD-Audio είναι δύο formats ήχου που ανεβάζουν τον πήχη της ποιότητας πολύ υψηλότερα από ό,τι το CD. Η διαφορά μεταξύ τους είναι τεράστια, καθώς ειδικά σε πολυκάναλο μουσικό πρόγραμμα νιώθει κανείς ότι ακούει live μουσική. Αυτό είναι φυσικά αναμενόμενο αφού το CD είναι βασισμένο σε τεχνολογία του 1981, ενώ τα SACD και DVD-Audio έκαναν τα πρώτα βήματά τους το 1999 και το 2000 αντίστοιχα. Η εμπορική τους πορεία είναι πρακτικά αποτυχημένη σε σχέση με αυτήν του CD.

Τα SACD και DVD-Audio δίνουν άλλον «αέρα» στη μουσική αφού επιτρέπουν το άκουσμα πρωτόγνωρων λεπτομερειών, τις οποίες το CD απλώς «ισοπεδώνει». Ειδικά σε απαιτητικά μουσικά προγράμματα κλασικού ρεπερτορίου, οι διαφορές είναι αποκαλυπτικές. Τα μουσικά όργανα ακούγονται απίστευτα ρεαλιστικά, τοποθετούνται με ακρίβεια στο χώρο, και οι φωνές των ερμηνευτών διατηρούνται με τις χροιές τους ανέπαφες.

## Δ) MUSIC DVD

Στην προσπάθειά τους να τονώσουν το ενδιαφέρον του κοινού για τη μουσική, οι δισκογραφικές εταιρείες έριξαν στην αγορά πριν μερικά χρόνια το μουσικό DVD, που φαίνεται ότι είχε κερδίσει το αγοραστικό κοινό. Στις ΗΠΑ υπολογίζεται ότι, το 2004, οι πωλήσεις των μουσικών DVD αντιπροσωπεύουν το 6% των συνολικών πωλήσεων. Γενικότερα τα music DVD αύξησαν σημαντικά τις πωλήσεις μιας και ο κόσμος προτιμούσε να αποκτήσει μία συναυλία με καλό ήχο και εικόνα παρά ένα CD.

## E) MP 3

Το MP3 είναι μια μορφή ψηφιακού συμπιεσμένου αρχείου ειδικά για την αποθήκευση ήχου. Παρέχει τη δυνατότητα της αναπαράστασης ήχου κωδικοποιημένου με μορφή Pulse Code Modulation (PCM) (διαμόρφωση με βάση κωδικούς παλμών) δεσμεύοντας πολύ λιγότερο χώρο (για δεδομένα) από τις άμεσες μεθόδους. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας ψυχοακουστικά μοντέλα για να απορρίψει τμήματα ή περιοχές του ηχητικού φάσματος, που δεν ακούει το ανθρώπινο αυτί, και καταγράφοντας την υπόλοιπη πληροφορία με αποτελεσματικό τρόπο. Παρόμοιες μέθοδοι χρησιμοποιούνται από το JPEG, μια μορφή συμπίεσης εικόνων με απώλειες. Αρχεία MP3 χρησιμοποιούνται κατά κόρον από τις υπηρεσίες «ροής» (streaming), με αποτέλεσμα ένα μεγάλο μέρος των ακροατών (το μεγαλύτερο πιθανώς στις νεαρές κυρίως ηλικίες) να μην έχουν ακούσει άλλον ηχητικό τύπο (sound format).

## Ποιότητα ήχου

Επειδή το MP3 είναι μορφή αρχείου απωλεστικής συμπίεσης, είναι δυνατόν να παρέχει έναν αριθμό από διαφορετικές επιλογές για τους ρυθμούς bit που χρησιμοποιεί, δηλαδή τον αριθμό των bit κωδικοποιημένης πληροφορίας τα οποία αναπαριστούν κάθε δευτερόλεπτο ήχου. Τυπικά, οι ρυθμοί αυτοί είναι μεταξύ των 128 και 320 kbit/δευτ. Αντίθετα ο ασυμπίεστος ήχος όπως αποθηκεύεται σε έναν ψηφιακό δίσκο (CD) έχει ρυθμό bit 1411.2 kb/ δευτ (16bit ανα δείγμα X 44100 δείγματα το δευτερόλεπτο X 2 κανάλια) Αρχεία MP3 τα οποία κωδικοποιήθηκαν με μικρότερο ρυθμό bit σε γενικές γραμμές θα αναπαράγουν τον ήχο σε χαμηλότερη ποιότητα. Με πολύ χαμηλό ρυθμό bit, "Προϊόντα συμπίεσης" (δηλ. ήχοι που δεν υπήρχαν στον αρχικό ήχο) μπορεί να ακούγονται στην αναπαραγωγή.

Η ποιότητα επίσης έχει εξαρτάται και από την ποιότητα του προγράμματος κωδικοποίησης και την δυσκολία της μετατροπής του σήματος μου κωδικοποιείται (συμπιέζεται). Επειδή το πρότυπο του MP3 δίνει αρκετή ελευθερία στους αλγόριθμους κωδικοποίησης, διαφορετικοί κωδικοποιητές μπορεί να αποφέρουν διαφορετικές ποιότητες, ακόμα και έχοντας παρόμοιους ρυθμούς bit.

Η ποιότητα είναι άμεσα συσχετιζόμενη με την επιλογή κωδικοποιητή και των παραμέτρων του. Ενώ με τους παλαιότερους κωδικοποιητές στα 128kbps η ποιότητα ήταν ανάμεσα στο ενοχλητικό και το ανεκτό, οι πιο καινούργιοι καταφέρουν να παρέχουν καλύτερη ποιότητα σε αυτούς τους ρυθμούς Bit [4], στατιστικά όχι με μεγάλες διαφορές από την ποιότητα που προσφέρει το AAC (τον διάδοχο του MP3 από τεχνικής απόψεως). Το 1998 όμως το MP3 στα 128Kbps παρείχε ποιότητα ανάλογη του AAC στα 96Kbps και του MP2 στα 192Kbps.

Το όριο στο οποίο το MP3 ακούγεται χωρίς να ξεχωρίζει από τον αρχικό ήχο, μπορεί να εκτιμηθεί περίπου στα 128Kbps χρησιμοποιώντας καλούς κωδικοποιητές σε ένα τυπικό κομμάτι μουσικής. Αυτό αποδεικνύεται από την καλή του απόδοση στην παραπάνω δοκιμή, αλλά πιθανώς κάποια συγκεκριμένα πιο "δύσκολα" κομμάτια να απαιτούν 192Kbps ή και περισσότερα. Σε χαμηλότερους ρυθμούς Bit η ποιότητα του MP3 πέφτει απότομα.

	Bitrate	Sample rate
Compact Disc	(2 channels) 16bit Pulse Code Modulation	44.1KHz
Super audio CD	2-5.1 channels 1bit Direct Stream Digital	2822.4KHz
DVD-audio	(5.1 channels) 24bit	96-192KHz
Mp3	192kbps	44.1KHz(16-48kHz)
Ogg	128kbps	44.1KHz
Aac	64Kbps	44.1KHz (8- 96kHz.)
Mp3pro	64Kbps	44.1KHz

Πίνακας 1. Ηχητικά Format και χαρακτηριστικά αυτών.

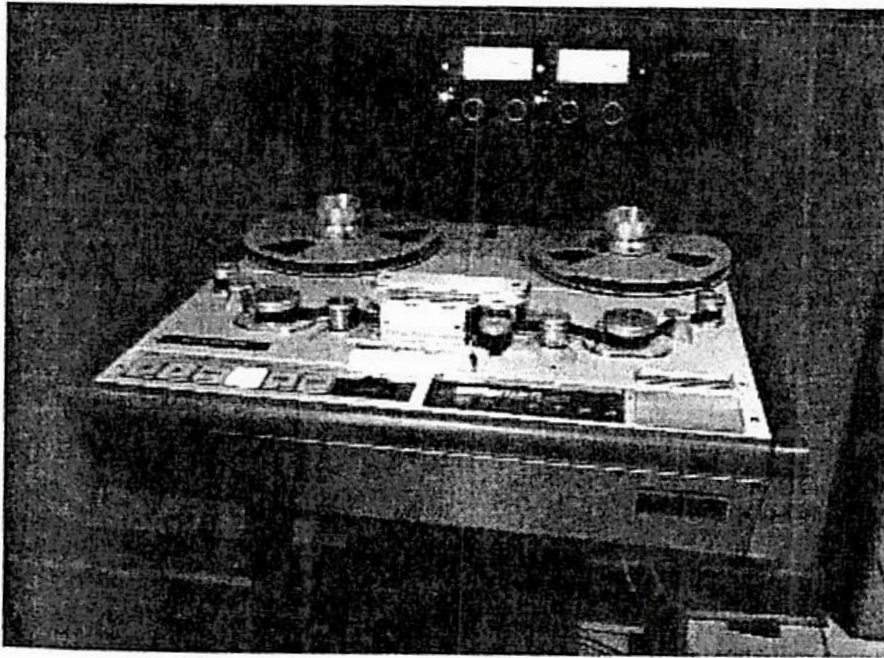
# Μέσα Μεταφοράς και Αποθήκευσης

## 3.1 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΩΝ MASTER TAPES

Ένα επαγγελματικό studio mastering δέχεται τα πιο διαδεδομένα μέσα καταγραφής (format) των τελικών μίξεων που στέλνονται από τα studios ηχογραφήσεων για την μετέπειτα mastering επεξεργασία (master tape), ή και δουλείες που έχουν κυκλοφορήσει με παλαιότερα formats (Lp, ταινία 4track κ.α) για re-mastering. Τα παρακάτω είναι μερικά από τα πιο δημοφιλή formats που στέλνονται για mastering:

## Ταινία 1/2" και 1/4"

Θεωρείται το καλύτερο ποιοτικά μέσο καταγραφής της τελικής μίξης και αυτό που κυρίως προτιμούν τα μεγαλύτερα στούντιο ηχογράφησης και mastering. Ειδικά η ταινία 1/2" σε ταχύτητα 30 ips (inches per second) θεωρείται καλύτερο μέσο ακόμα και από ψηφιακές μίξεις σε ανάλυση 96kHz/24bit. Συγκριτικά τεστ έχουν δείξει ότι χρειάζεται το λιγότερο ένας

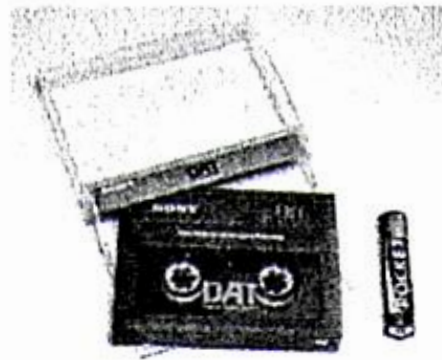


Σχήμα 3.1 Μαγνητόφωνο ταινίας Studer

πολύ καλός 24-bit A/D μετατροπέας στα 96 kHz, για να έχουμε ψηφιακά την πληροφορία μιας ταινίας 1/2" 30 ips.<sup>20</sup> Η ταινία 1/2" 30 ips έχει μεγάλο εύρος συχνοτήτων και πλούσιες αρμονικές. Αυτό μεταφράζεται σε έναν πιο ανοικτό, διαφανή και με πολλά επίπεδα ήχο. Παρόλα αυτά δεν χρησιμοποιείται ευρέως, λόγω της δυσχρηστίας του στο editing και του ακριβού κόστους της ταινίας.

<sup>20</sup> <http://www.athensmastering.gr/EL/formats.html>, Copyright@2006 Athens Mastering/High end Mastering and Restoration, 20/11/2009

## *Digital Audio tape (DAT)*



Σχήμα 3.2 Το μέγεθος της κασέτας DAT σε σύγκριση με μία μπαταρία

Η κασέτα DAT, που δημιουργήθηκε από την Sony το 1987, ήταν ένα από τα πιο διαδεδομένα μέσα καταγραφής της μίξης στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια. Δεν θεωρείται πλέον η ιδανικότερη λύση ποιοτικά, εφόσον η υψηλότερη επιτρεπόμενη ανάλυση καταγραφής της είναι στα 48 kHz/16bit. Είναι όμως αρκετά πρακτική λόγω και του πολύ μικρού μεγέθους της (73 mm, 54 mm, 10.5 mm), ενώ μπορεί να καταγράψει μέχρι και 120 λεπτά ηχητικού υλικού.<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> G. Mancini , "The Decca Digital Audio Recording System", [http://www.mancini99.freemove.co.uk/Decca\\_1.html](http://www.mancini99.freemove.co.uk/Decca_1.html)

το **DAT**, ακολουθεί τη λογική της κασέτας αλλά έχει μικρότερο μέγεθος. Πρόκειται επί της ουσίας για ένα μέσο με ταινία ψηφιακή (με συχνότητα δειγματοληψίας 44.1 και 48.1 KHz. Μετά από πιέσεις των δισκογραφικών εταιριών, οι εταιρίες παραγωγής μηχανημάτων DAT, εφαρμόζουν το SCMS (Serial Copy Management System) για να αποφευχθεί η ψηφιακή αντιγραφή.




## Audio CD-R, DVD-R ή σκληρός δίσκος

Με την διάδοση των ηλεκτρονικών υπολογιστών το audio CD-R (44.1 kHz/16bit) επικράτησε για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα σαν τελικό μέσο καταγραφής των τελικών μίξεων. Σήμερα αποτελεί τη χειρότερη επιλογή, αφού συγκριτικά τέστ έδειξαν ότι σε παράλληλη εγγραφή το DAT ακούγεται σχεδόν πάντα καλύτερα. Πλέον σε όλα σχεδόν τα στούντιο ηχογραφήσεων και μίξης πολλές δουλειές μιξάρονται από συστήματα σε σκληρό δίσκο, όπου γίνεται και μια πρώτη επεξεργασία.<sup>22</sup> Έτσι καλύτερη ποιοτικά μέθοδος είναι η αποθήκευση των master tracks σε ένα DVD-R ή σκληρό δίσκο με την μορφή ψηφιακών δεδομένων ήχου (Audio Interchange File Format (aiff), Waveform Audio File Format (wav) κ.α) από την στιγμή που υπάρχει η δυνατότητα καταγραφής και αποθήκευσης σε πολύ μεγαλύτερη ανάλυση από το CD-R.

<sup>22</sup> [http://www.athensmastering.gr/EL/what\\_mastering.html](http://www.athensmastering.gr/EL/what_mastering.html), Copyright@2006 Athens Mastering /High end Mastering and Restoration, 20/11/2009

## 3.2: ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΤΕΛΙΚΟΥ ΜΕΣΟΥ

Από την στιγμή που το υλικό έχει μετατραπεί στην στάνταρτ ανάλυση των 44.1 KHz/16 bit του CD, είναι έτοιμο για την αποθήκευση του στο τελικό μέσο, προκειμένου να σταλεί στο εργαστήριο της βιομηχανικής τύπωσης. Το μέσο μεταφοράς σ' αυτό το στάδιο θα πρέπει να διασφαλίσει την ποιότητα του υλικού και να περιέχει τις απαραίτητες πληροφορίες της λίστας PQ για την δημιουργία πλέον του glass master και την τύπωση του σε CD. Τα πιο δημοφιλή μέσα από αυτά παρουσιάζονται παρακάτω:



Οι κωδικοί PQ είναι βασικά δέκτες έναρξης και λήξης που πρέπει να διαβάζει το CD player, ούτως ώστε να γνωρίζει που ξεκινά και (όχι πάντα απαραίτητα) που τελειώνει κάθε κομμάτι (track)

## DDP (Disc Description Protocol)

Το DDP είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο καταγράφεται συνήθως στην κασέτα 8mm Exabyte και έχει γίνει το στάνταρ για την δημιουργία του GlassMaster στο επαγγελματικό mastering. Πλέον δίνεται η δυνατότητα και μέσω μερικών DAWs να γίνεται η αποθήκευση του τελικού μέσου σε αυτό το πρωτόκολλο. Το DDP έχει επικρατήσει για τους εξής λόγους:

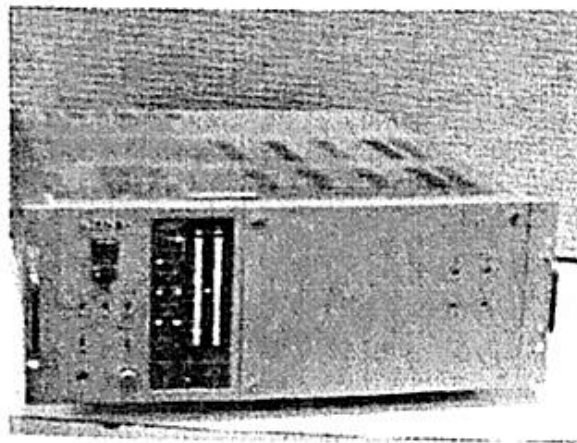
- Παρουσιάζει τα λιγότερα ψηφιακά λάθη από κάθε άλλο μέσο για mastering.
- Με το DDP μπορεί να ξεπεραστεί το όριο των 74ων λεπτών του CD.
- Τα περισσότερα εργαστήρια τύπωσης CD μεταφέρουν τα άλλα formats που δέχονται σε DDP γιατί τους δίνεται η δυνατότητα να κόψουν το GlassMaster σε μεγαλύτερη ταχύτητα (2x ή 4 x), πράγμα που βοηθάει στην εξοικονόμηση χρόνου της παραγωγής αλλά μειώνει και την ποιότητα της.<sup>23</sup>

---

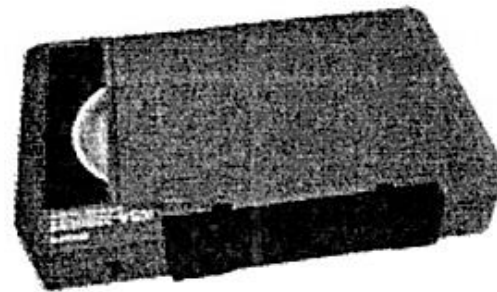
<sup>23</sup> "Frequently Asked Questions", <http://www.cube-tec.com/ddpsolution/faq.html>, 21/01/2010

## Sony PCM-1630

Είναι το παλαιότερο ψηφιακό σύστημα αντιγραφής, καθώς κατασκευάστηκε από την Sony το 1969, πολύ πριν την εμφάνιση του CD-R. Παρότι έχει σταματήσει να παράγεται, χρησιμοποιείται ακόμα για την παραγωγή CD. Είναι ένας ψηφιακός επεξεργαστής, ο οποίος συνεργάζεται με μία συσκευή (την Sony DMR 4000 ή την BVU-800), που δέχεται την κασέτα U-matic video των  $\frac{3}{4}$  της ίντσας. Για αρκετά χρόνια ήταν το μόνο που μπορούσε να μεταφέρει με ψηφιακό πρόγραμμα την λίστα PQ.<sup>24</sup>



Σχήμα 3.3 Sony PCM1630



Σχήμα 3.4 U-matic tape



Σχήμα 3.5 Sony U-matic VTR  
BVU-800

<sup>24</sup> "Sony PCM-1630", [http://www.skylinebroadcast.com/Broadcast\\_Equipment\\_Details.asp?Model=PCM-1630](http://www.skylinebroadcast.com/Broadcast_Equipment_Details.asp?Model=PCM-1630), 21/01/2010

## CD-R

Πολύ πιο σπάνια και σε πιο ερασιτεχνικές δουλείες χρησιμοποιείται ως μέσο για να σταλεί στο εργαστήριο δημιουργίας του glass master. Δεν είναι το πιο αξιόπιστο όσον αφορά την ποιότητα της εγγραφής και την ανθεκτικότητα του. Γενικά τα CD-ROM του Yellow Book Standard<sup>25</sup> -που χρησιμοποιείται για ψηφιακά δεδομένα τα οποία υφίστανται επαλήθευση ανά bit-επιτρέπουν το κάψιμο στη μέγιστη ταχύτητα που προσφέρεται από τη μηχανή αντιγραφής, κερδίζοντας μεν χρόνο, άλλα έχοντας ένα ακαθόριστο αποτέλεσμα. Το παλαιότερο audio standard Cd-R, με τις προδιαγραφές ψηφιακού ήχου ανάλυσης που ορίζονται από το Red Book standard στα 16bit και με συχνότητα δειγματοληψίας στα 44.1 kHz, είναι ακόμα περισσότερο επιρρεπές σε λάθη. Ο αριθμός των λαθών και των jitter αυξάνεται ανάλογα με την ταχύτητα της αντιγραφής. Ακόμα και στην ταχύτητα 1x (αντιγραφή σε πραγματικό χρόνο) ο αριθμός λαθών είναι πολύ υψηλός. Το πρωτόκολλο καψίματος ενός audio Cd-R επιτρέπει ένα ποσοστό λαθών έως 3%, το οποίο αντιπροσωπεύει έναν εντυπωσιακό αριθμό 220 λαθών σε κάθε δευτερόλεπτο.<sup>26</sup>

<sup>25</sup> Για κάθε μορφή ψηφιακού δίσκου αντιστοιχεί και ένα βιβλίο στο οποίο αναφέρονται όλες οι προδιαγραφές σε σχέση με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του.

<sup>26</sup> Dominique Bassal, "CD-R, master for pressing " <http://www.macmusic.org/articles/view.php/lang/en/id/91/The-Practice-of-Mastering-1-History#10>. 12/11/2009

Πολύ σημαντικό είναι ότι όταν κάποιο υλικό προορίζεται για βιομηχανική παραγωγή και σταλεί στο εργαστήριο σε μορφή CD-R, θα πρέπει πάντα να καίγεται με την τεχνική Disk at Once και όχι Track at once και με τερματισμό της εγγραφής (close session). Στην περίπτωση που καεί με την επιλογή Track at once, ο μηχανισμός δημιουργίας του glass master σταματάει όπου υπάρχει πάυση και ξεκινάει πάλι όταν αρχίζει το επόμενο κομμάτι, με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι πιθανότητες λάθους.<sup>27</sup>

<sup>27</sup> "Audio Mastering In Your Computer", <http://www.soundonsound.com/sos/aug04/articles/computermastering.htm>, 25/01/2010 & Bob Katz, *Mastering Audio: The art and the science*, (Orlando: focal press, 2002), Disk at Once & Track at once ,σελ 93

### 3.3 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΤΕΛΙΚΟΥ ΜΕΣΟΥ

Πέρα από την δημιουργία και αποστολή του τελικού μέσου στο εργαστήριο τύπωσης, το μουσικό προϊόν θα πρέπει να αποθηκευθεί, είτε για το αρχείο του στούντιο, είτε για μελλοντική χρήση. Το μέσο αποθήκευσης σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να διασφαλίσει την ποιότητα του υλικού τόσο κατά την αντιγραφή όσο και κατά το πέρας του χρόνου. Πέρα από τους σκληρούς δίσκους, που χρησιμοποιούνται συχνά και για αυτόν τον σκοπό, η αποθήκευση του τελικού μέσου πραγματοποιείται και μέσω ψηφιακών κασετών που έχουν την δυνατότητα μεγάλου χώρου αποθήκευσης, γρήγορης μεταφοράς δεδομένων και ανθεκτικότητα στην κατασκευή. Οι πιο δημοφιλείς από αυτές παρουσιάζονται παρακάτω:

## DDS (Digital Data Storage)

Για την αποθήκευση αρχείων (back up) είναι πιο διαδεδομένη η ψηφιακή κασέτα DDS (Digital Data Storage) γνωστή και ως 4mm tape. Η πέμπτη γενιά της, η DAT72, έχει χωρητικότητα 36GB με ταχύτητα μεταφοράς μέχρι και 2.5 MB/s, ενώ δίνεται εγγύηση τουλάχιστον για 100 χρήσεις.<sup>28</sup>



Σχήμα 3.6 DDS  
DAT72AIT

---

<sup>28</sup> "About DDS", <http://www.supermediastore.com/article/u/dds-faq>, 20/01/2010

## AIT (Advanced intelligent tape)

Η χωρητικότητα της τελευταίας της γενιάς, της SDX4-200W tape, φτάνει μέχρι και τα 200GB με ταχύτητα μεταφοράς 180MB το λεπτό. Η AIT ξεχωρίζει λόγω της τεχνολογίας memory-in-cassette (MIC), ενός ηλεκτρονικού μικρό-κυκλώματος που αναγνωρίζει σε ποια χρονικά σημεία πάνω στην ταινία έχουν αποθηκευτεί συγκεκριμένα ψηφιακά δεδομένα.



Σχήμα 3.7 AIT  
SDX4-200W

## DLT (*Digital Linear Tape*)

Η κασέτα DLT της ½ ίντσας είναι ένα μέσο αποθήκευσης που έχει καθιερωθεί στο DVD mastering και γενικότερα στην αποθήκευση ψηφιακών δεδομένων μεγάλου όγκου.<sup>29</sup>

Η τελευταία εξελιγμένη μορφή της είναι η SuperDLT II tape με χωρητικότητα μέχρι και 300 GB και ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων μέχρι και 36MB/s.



Σχήμα 3.8 Quantum SuperDLT II tape

<sup>29</sup> "DLT", [http://searchstorage.techtarget.com/sDefinition/0,,sid5\\_gci759350,00.html](http://searchstorage.techtarget.com/sDefinition/0,,sid5_gci759350,00.html), 22/01/2010