



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ



Ιστορική Αναδρομή στα Συστήματα Αναπαραγωγής Ήχου Παρουσίαση με Πολυμεσική Εφαρμογή

Υπεύθυνοι Καθηγητές: Δρ. Παναγιώτης Ζέρβας, Καθηγητής Εφαρμογών
Στέλιος Πιοτογιαννάκης, Ηλεκτρονικός Τ.Ε.-Ε.Τ.Π

Σπουδάστρια: Μαρία - Λουίζα Θωμαΐδου
Α.Μ: 597

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας πτυχιακής εργασίας αποτελεί η χρονολογική καταγραφή των συστημάτων αναπαραγωγής ήχου. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ο διαχωρισμός των συστημάτων αναπαραγωγής ήχου από τα συστήματα εγγραφής ήχου. Στο θεωρητικό μέρος παραθέτονται σε χρονολογική σειρά τα συστήματα ήχου αναπαραγωγής με αναφορές στον τρόπο λειτουργίας και την κατασκευή του κάθε συστήματος. Επίσης γίνεται συγκριτική μελέτη της απόδοσης των συστημάτων αυτών. Το πρακτικό μέρος αποτελείται από μία πολυμεσική εφαρμογή η οποία συμπεριλαμβάνει κείμενο-περίληψη του θεωρητικού μέρους, φωτογραφικό υλικό, διαδραστικές εικόνες-παραδείγματα καθώς και ηχητικά αρχεία για ακουστική σύγκριση των κυριότερων συστημάτων αναπαραγωγής ήχου.

Λέξεις-Κλειδιά: Ιστορία, Αναπαραγωγή Ήχου, Συσκευές, Πολυμεσική Εφαρμογή

ABSTRACT

Object of study of this thesis is the chronological registration of sound reproduction systems. At this point, the difference between sound reproduction systems and recording systems should be emphasized. In the theoretical part, the sound systems are listed in chronological order with references to the mode of operation and construction of each system. There is also a comparative study of the performance of these systems. The practical part consists of a multimedia application which includes text-summary of the theoretical part, photo galleries, interactive images-examples and sound files for aural comparison of the main sound reproduction systems.

Key-Words: History, Sound Reproduction, Devices, Multimedia Application

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....	6
---------------	---

Κεφάλαιο 1: ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΕΠΟΧΗ

1.1. Φωνογράφος	7
1.2. Γραφόφωνο.....	8
1.3. Γραμμόφωνο.....	9
1.4. Telegraphone	11
1.5. Υλικά των Δίσκων/Κυλίνδρων.....	12
1.6. Εταιρείες και Μοντέλα.....	13

Κεφάλαιο 2: ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΠΟΧΗ

2.1. Ηλεκτρική Ηχογράφηση.....	15
2.2. Το Orthophonic.....	16
2.3. Η μετάβαση από το Ακουστικό στο Ηλεκτρικό Home Stereo.....	17
2.4. Η Διάρκεια των Δίσκων.....	18
2.5. Βινύλιο-Shellac.....	18
2.6. Η Εξέλιξη του Ηλεκτρικού Home Stereo.....	21
2.6.1. Η όψη.....	21
2.6.2. Το τρανζίστορ.....	21
2.7. Μαγνητική Ταινία.....	23
2.7.1. Reel-to-Reel.....	23
2.7.2. Compact Cassette.....	25
2.7.2.1. Ιστορία.....	25
2.7.2.2. Τεχνικά Χαρακτηριστικά.....	27
2.7.2.3. Τύποι Κασέτας.....	28
2.7.2.4. Διάρκεια Αναπαραγωγής.....	30
2.7.2.5. Προστασία Εγγραφής.....	31
2.7.2.6. Κασέτες Καθαρισμού Κεφαλών.....	32
2.7.2.7. Dolby – A – B – C – SR – S	32
2.7.2.8. Cassette Players.....	34

Κεφάλαιο 3: ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΟΧΗ

3.1. PCM.....	39
3.2. Ο Δυναμικός Κώδικας και τα Πρώτα Μηχανήματα.....	40
3.3. Ψηφιακοί Δίσκοι Ήχου.....	41
3.3.1. CD.....	41
3.3.1.1. Διαφορές.....	42
3.3.1.2. Υλικές Λεπτομέρειες.....	42
3.3.1.3. Audio CD.....	45
3.3.1.4. Συχνότητα Δειγματοληψίας 44.1.....	45
3.3.1.5. Χωρητικότητα Αποθήκευσης/Διάρκεια Αναπαραγωγής.....	46
3.3.1.6. Δομή Δεδομένων.....	46
3.3.1.7. Σύστημα Εγγραφής και Ανάγνωσης του CD.....	47
3.3.1.8. Ηχητικό Σήμα.....	47
3.3.1.9. Επιπρόσθετες Πληροφορίες.....	48
3.3.1.10. Το CD player – Βασικά Υλικά Χαρακτηριστικά.....	49
3.3.2. Mini Disc.....	50
3.3.2.1. ATRAC.....	51
3.3.2.2. Υλικά χαρακτηριστικά.....	52
3.3.2.3. Ανάγνωση του δίσκου.....	54
3.3.3. SACD.....	55
3.3.3.1. Ιστορία.....	55
3.3.3.2. Τύποι SACD Δίσκων.....	55
3.3.3.3. Συσκευές Αναπαραγωγής SACD.....	56
3.3.4. DVD Audio.....	58
3.3.4.1. Χαρακτηριστικά και Δομή του δίσκου.....	58
3.3.4.2. Συμπίεση MPEG.....	59
3.4. Ψηφιακές Κασέτες Ήχου.....	61
3.4.1. DAT.....	61
3.4.1.1. R-DAT.....	61
3.4.1.2. Αναπαραγωγή συστήματος μη ανίχνευσης.....	64
3.4.1.3. Κασέτες ψηφιακού ήχου μη ανίχνευσης DAT.....	64
3.4.2. DCC.....	65
3.4.2.1. Ιστορία.....	65
3.4.2.2. Magneto-Resistive σταθερές κεφαλές.....	66
3.4.2.3. Προδιαγραφές ταινίας και συμπίεση ήχου.....	67
3.4.2.4. Τύποι Κασέτας DCC.....	68

3.4.2.5. Εξωτερικό περίβλημα και θήκες.....	69
3.5. MP3.....	70
3.5.1. Ιστορία.....	70
3.5.2. Digital Audio Players.....	70
3.5.3. Βασικοί τύποι DAP.....	71
3.5.4. Τυπικά χαρακτηριστικά	73
Κεφάλαιο 4: ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	
4.1. Ψηφιακά Πλεονεκτήματα.....	74
4.2. Αναλογικά Πλεονεκτήματα.....	74
4.3. Διαφορές στη διάρκεια.....	75
4.4. Noise Performance.....	76
4.5. Rumble.....	78
4.6. Wow και Flutter.....	78
4.7. Συχνотική Απόκριση.....	78
4.8. Aliasing.....	79
4.9. Jitter.....	80
4.10. Θόρυβος Κβαντισμού.....	80
4.11. Συνθήκες Υπερφόρτωσης και Δυναμικό Εύρος.....	81
4.12. Υποκειμενική Αξιολόγηση.....	82
4.13. Συγκριτικοί Πίνακες και Διαγράμματα.....	82
4.14. Συμπεράσματα.....	87
Κεφάλαιο 5: ΠΟΛΥΜΕΣΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ	
5.1. Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε.....	89
5.2. Επεξήγηση Λειτουργίας της Πολυμεσικής Εφαρμογής.....	90
5.2.1. Αρχική Σελίδα.....	90
5.2.2. Σελίδες Ακουστική/Ηλεκτρική/Ψηφιακή Εποχή.....	91
5.2.3. Σελίδα Διαδραστικών Παραδειγμάτων.....	92
5.2.4. Σελίδα Ηχητικών Παραδειγμάτων.....	94
Βιβλιογραφία.....	95
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	97

Εισαγωγή

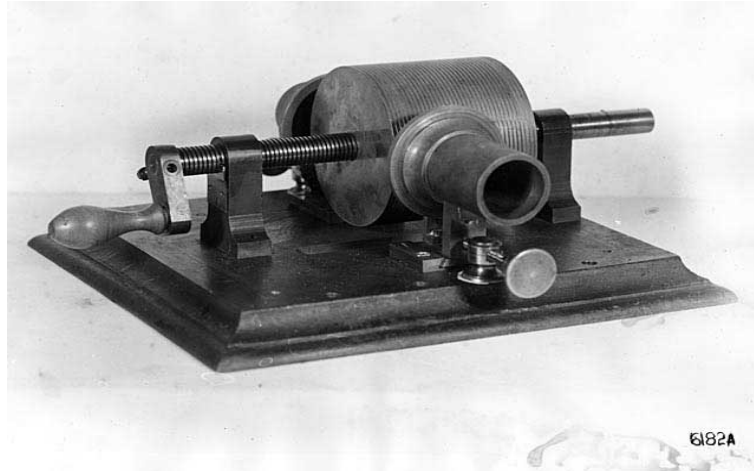
Η διάσημη εφεύρεση του φωνογράφου σηματοδότησε την πραγματική αρχή της τεχνολογίας αναπαραγωγής ήχου. Η βιομηχανία η οποία βασίστηκε στον φωνογράφο οδηγήθηκε προς τα εμπρός από τη συνεχή διαταραχή της καινοτομίας : καινούργια υλικά για τους δίσκους, νέα συστήματα εγγραφής και νέα είδη συσκευών. Σε μία έντονα ανταγωνιστική βιομηχανία, η μία εφεύρεση διαδέχεται την άλλη για να διαταράξει την εύθραυστη ισορροπία των μεγάλων εταιρειών και να αλλάξει τις σχέσεις μεταξύ παλιών και νέων δυνάμεων .

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η ιστορική καταγραφή και η μελέτη των παραπάνω στοιχείων ώστε να αποτελέσει ένα έργο αναφοράς και οδηγό για μια ιστορία που είναι δεν είναι δυνατόν να καταγραφεί σε λίγες μόνο σελίδες. Με ένα τόσο ευρύ χρονολογικό φάσμα ήταν αναγκαίο να συνοψιστούν ορισμένα σημεία.

Η ιστορία της τεχνολογίας των συστημάτων αναπαραγωγής ήχου χωρίζεται σε τρία μέρη, κάθε ένα από τα οποία αντικατοπτρίζει μία διαφορετική μέθοδο εγγραφής του ήχου. Η ακουστική εποχή (1^ο Κεφάλαιο) ξεκίνησε το 1877 με την εφεύρεση του φωνογράφου από τον Edison και έληξε στα τέλη της δεκαετίας του '20 όταν υπερίσχυσε ένα νέο σύστημα ηλεκτρικής εγγραφής. Την ηλεκτρική εποχή της δεκαετίας του '30 και του '40 (2^ο Κεφάλαιο), εκπροσωπούσε ο 78-rpm shellac disc και ο φωνογράφος λυχνίας κενού ή συνδυασμός ραδιοφώνου/φωνογράφου. Το υψηλότερο, τεχνολογικά, σημείο της εποχής αυτής ήταν τις δεκαετίες του '50 και '60 με τους microgroove δίσκους βινυλίου (το single των 45-rpm και το long player των 33-rpm) και το πικάπ (βασισμένο σε τρανζίστορ αντί για λυχνίες κενού). Από τη δεκαετία του '70 η μαγνητοταινία σιγά-σιγά υπερίσχυσε των δίσκων ως η κύρια μορφή εγγραφής ήχου. Η ψηφιακή εποχή (3^ο Κεφάλαιο) ξεκίνησε το 1982 με την εμφάνιση του compact disc (CD). Στο 4^ο Κεφάλαιο γίνονται συγκρίσεις μεταξύ των συστημάτων που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια και παραθέτονται συγκριτικοί πίνακες. Το 5^ο Κεφάλαιο περιλαμβάνει περιγραφή και πλοήγηση της πολυμεσικής εφαρμογής με την οποία θα πραγματοποιηθεί η παρουσίαση της πτυχιακής αυτής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΕΠΟΧΗ

1.1. Φωνογράφος



1.α. Ο πρώτος φωνογράφος του Edison, με κύλινδρο με φύλλο αλουμινίου.

Στις τελευταίες δεκαετίες του δέκατου ένατου αιώνα, η επανάσταση των επικοινωνιών στην Αμερική με την εφεύρεση του τηλέγραφου και του τηλεφώνου, είχε ως άμεση συνέπεια την ανάγκη για εγγραφή και αναπαραγωγή του ήχου.

Ο Thomas Edison είχε καλύψει πολύ έδαφος στην έρευνά του για τον τηλέγραφο και το τηλέφωνο. Είχε μελετήσει το έργο πολλών ακόμα εφευρετών σε αυτό το πεδίο. Ήταν πολύ καλά προσανατολισμένος στις θεωρίες του Γερμανού επιστήμονα Hermann Helmholtz πάνω στη φύση των ηχητικών κυμάτων. Ήξερε επίσης καλά το έργο του Leon Scott στη Γαλλία, τον *phonautograph*, ο οποίος είχε μία βελόνα που συνδεόταν με ένα διάφραγμα μεμβράνης για να χαράξει τους κυματισμούς των ηχητικών κυμάτων σε ένα κύλινδρο καλυμμένο με καπνισμένο χαρτί. Η εξέλιξη του πομπού τηλεφώνου εξοικείωσε τον Edison με τους λεπτούς δίσκους μετάλλου ή τις μεμβράνες ζώου οι οποίες λειτουργούσαν ως διάφραγμα, δονούμενες ώστε να παράγουν ηχητικά κύματα. Όλα τα παραπάνω στοιχεία επρόκειτο να συγκεντρωθούν στην εφεύρεση του φωνογράφου.

Τον Δεκέμβριο του 1877, στο εργαστήριο του Edison κατασκευάστηκε για πρώτη φορά ένας φωνογράφος (εικόνα 1.α.). Αποτελούνταν από έναν κύλινδρο ο οποίος εφάπτονταν σε έναν μακρύ τροφοδοτικό κοχλία που γυρνούσε με μανιβέλα. Ένα φύλλο αλουμινόχαρτου ήταν προσεκτικά τυλιγμένο γύρω από τον κύλινδρο. Στην μία πλευρά του κυλίνδρου ήταν η συνδεσμολογία εγγραφής, ένα επιστόμιο που έμοιαζε με χοάνη (παρόμοιο με αυτό που χρησιμοποιούνταν στο τηλέφωνο) ήταν συνδεδεμένο με ένα λεπτό μεταλλικό διάφραγμα στο οποίο εφάπτονταν μία ασάλινη βελόνα. Φωνάζοντας στη χοάνη, το διάφραγμα δονούνταν και μετακινούσε τη βελόνα η οποία χάραζε μία αναλογική σπείρα των ηχητικών κυμάτων στο λεπτό μεταλλικό φύλλο καθώς γύριζε. Στην

άλλη πλευρά του κυλίνδρου ήταν το σύστημα αναπαραγωγής, στο οποίο η γραφίδα έτρεχε πάνω στις εσοχές του μεταλλικού φύλλου για να δονήσει το διάφραγμα κατά τον ίδιο τρόπο που έγινε στην ηχογράφιση. Προτού όμως ο φωνογράφος θεωρηθεί εμπορικό προϊόν έπρεπε να επιλυθούν αρκετά προβλήματα. Μόνο περίπου ένα ή δύο λεπτά ήχου μπορούσαν να αποθηκευτούν στο μεταλλικό φύλλο του φωνογράφου. Ακόμα, το φύλλο αυτό μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μέχρι 3 φορές πριν παραμορφωθεί, και χαθεί το ηχητικό μήνυμα.

Ο Edison με βάση τις πατέντες του μπορούσε να επιλέξει ανάμεσα αρκετές μορφές (formats) προκειμένου να εξελίξει τον φωνογράφο. Πέρα από τον κύλινδρο υπήρχε ο περιστρεφόμενος δίσκος και η εγγραφή ταινίας. Ο ίδιος αφοσιώθηκε τα επόμενα χρόνια στο να εξελίξει την μορφή του κυλίνδρου.

1.2. Γραφόφωνο



1.b. Το γραφόφωνο , από τον Alexander Graham Bell.

Ο Alexander Graham Bell είχε σχεδόν σκοντάψει στην ιδέα του φωνογράφου αλλά τον πρόλαβε ο Edison. Ωστόσο ο Bell είδε ότι η εγγραφή του ήχου είχε μεγάλες εμπορικές προοπτικές και με τη σύσταση του εργαστηρίου του, Volta laboratory, με συνεργάτες τους Chichester Bell (ξάδερφο του A.G. Bell) και Charles Tainter (κατασκευαστής οργάνων ακριβείας), ξεκίνησε να ερευνά την επιστήμη του ήχου.

Το σημαντικότερο έργο που ανέλαβε το Volta laboratory ήταν η εξέλιξη μιας εμπορικής μηχανής η οποία ήταν βασισμένη στον φωνογράφο του Edison. Το φύλλο αλουμινίου στον κύλινδρο αντικαταστάθηκε με μια επίστρωση κεριού γύρω από έναν πυρήνα από χαρτόνι. Κι ενώ η βελόνα του φωνογράφου μετατόπιζε το μέσο εγγραφής αποτυπώνοντας το ηχητικό κύμα πάνω του, στο Volta είχαν την ιδέα να κόψουν ή να

χαράζουν ένα τύπωμα πάνω στο μέσο εγγραφής. Το άκρο του κόπτη είχε το σχήμα ενός σκαρπέλου και έκανε πιο καθαρό κόψιμο από τη βελόνα. Το αποτέλεσμα ήταν ένας πιο κατανοητός ήχος και ελαφρά λιγότερος θόρυβος. Ο κέρινος κύλινδρος ήταν αρκετά πιο ανθεκτικός από το φύλλο αλουμινίου και μπορούσε να μπει και να βγει από το μηχάνημα χωρίς να παραμορφώσει το αυλάκι του ηχητικού κύματος.

Η διάταξη της μηχανής αυτής ήταν όπως αυτή του φωνογράφου, με τη διαφορά ότι υπήρχαν δύο παράλληλοι άξονες, ένας του κυλίνδρου και ένας της lead screw^[1] που στήριζε τον αναπαραγωγό. Ο κόπτης ηχογράφησης και ο βραχίονας αναπαραγωγής κινούνταν ακριβώς κατά μήκος του κέρινου κυλίνδρου από μία διάταξη lead screw, η οποία έτρεχε παράλληλα με τη στροφή του άξονα του κυλίνδρου. Ο Tainter προσπάθησε να ισοροπήσει τη διάταξη της βελόνας αναπαραγωγής έτσι ώστε να «επιπλέει» στο αυλάκι, επιτρέποντάς της να αντιδρά στον εντοπισμό των ηχητικών κυμάτων οδηγώντας τις ατέλειες στην κέρινη επιφάνεια.

Η βελτιωμένη ομιλούσα μηχανή που αναπτύχθηκε στο Volta laboratory ονομάστηκε *γραφόφωνο* (graphophone). Από την άποψη της ευκολίας της λειτουργίας του και της πιστότητας αναπαραγωγής του ήχου, το γραφόφωνο ήταν μία τεράστια βελτίωση του φωνογράφου.

1.3. Γραμμόφωνο

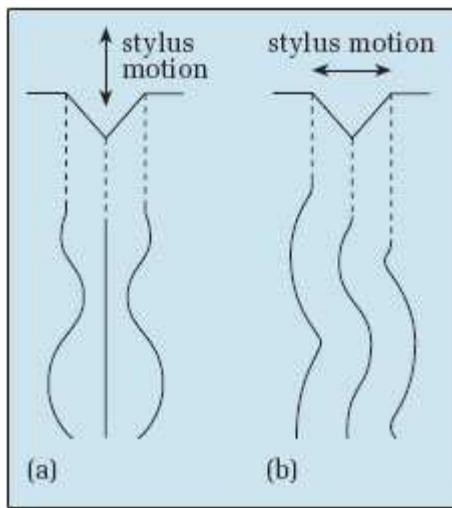


1. c. Το πρώτο Berliner Gramophone που διατέθηκε στην αγορά, το 1896 για 25 \$.

Οι πατέντες του Edison για τον φωνογράφο στην Αγγλία είχαν λήξει το 1885, αφήνοντας το δρόμο ανοιχτό για όποιον θεωρούσε ότι μπορεί να φτιάξει μία καλύτερη μηχανή. Οι περισσότερες προσπάθειες ήταν παραλλαγές της βασικής διαμόρφωσης του φωνογράφου, όμως ένα σχέδιο ξέφυγε από την ιδέα του κυλίνδρου.

Το γραμμόφωνο χρησιμοποιούσε έναν δίσκο αντί για κύλινδρο. Ήταν το έργο του Emile Berliner, το οποίο επέδειξε το 1888. Τροφοδοτούνταν από μία μανιβέλα και είχε τον ίδιο

τύπο διαφράγματος και διάταξης βελόνας που είχε οποιαδήποτε ομιλούσα μηχανή. Το γραμμόφωνο δεν χρησιμοποιούσε lead screw για να μετακινήσει τη βελόνα στα αυλάκια κατά την αναπαραγωγή. Αντιθέτως, το σπειροειδές αυλάκι στο δίσκο έσπρωχνε απαλά τη βελόνα στην επιφάνεια του δίσκου. Εκεί που ο Edison και ο Tainter χρησιμοποιούσαν ένα κάθετο κόψιμο (hill-and-dale ή vertical cut) στην ηχογράφηση των ηχητικών κυμάτων στον κύλινδρο, ο Berliner χρησιμοποιούσε ένα πλάγιο κόψιμο (lateral cut) στο οποίο η βελόνα μετακινούνταν από άκρη σε άκρη (εικόνα 1.d.).



Εικόνα 1.d. Η κίνηση της βελόνας (a) Vertical cut (b) Lateral cut

Ενώ η πλειοψηφία των εφευρετών εργάζονταν πάνω στη μορφή του κυλίνδρου, ο Berliner και ο συνεργάτης του Werner Suess τελειοποίησαν το disc player. Το 1889 συνέδεσαν το διάφραγμα με μια τεράστια χοάνη, η οποία εξισορροπούσε και υποστηρίζονταν από ένα βραχίονα για να γλιστράει στην επιφάνεια του δίσκου. Το κιβώτιο το οποίο συγκρατούσε το διάφραγμα και τη βελόνα εγγραφής λεγόταν soundbox. Τα επόμενα χρόνια τελειοποίησαν το σχέδιο αυτό βελτιώνοντας τον κοίλο βραχίονα ανάμεσα στο soundbox^[2] και τη χοάνη. Η απλή μανιβέλα των αρχικών μοντέλων εξελίχθηκε σε μία μανιβέλα που γυρίζει δύο μικρούς τροχούς. Γυρνώντας τη μανιβέλα σε έναν από τους δύο τροχούς η ενέργεια μεταφέρονταν ομαλά στην περιστροφική πλάκα. Η επιτυχία του Berliner σήμαινε ότι δύο από τους τρεις τύπους ομιλούσας μηχανής που είχε περιγράψει ο Edison, είχαν αναπτυχθεί με επιτυχία.



1.e. Το “βελτιωμένο” Gramophone, τροποποιημένο από τον Eldrige Johnson, στα μέσα του 1897.

1.4. Telegraphone



1.f. Το Telegraphone του V. Poulsen, το 1898.

Το 1898 βγήκε μία πατέντα για σύστημα μαγνητικής ηχογράφησης, έργο του Δανού μηχανικού Valdemar Poulsen. Όπως όλοι οι άλλοι εφευρέτες πριν από αυτόν, η προσέγγιση του Poulsen στην εγγραφή του ήχου ήταν βαθιά επηρεασμένη από το έργο του πάνω στο τηλέφωνο. Περίπου με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο ο Edison έφτασε στον φωνογράφο, ο Poulsen έθεσε ως στόχο να φτιάξει μια εμπορική συσκευή που να αποθηκεύει τα τηλεφωνικά μηνύματα και όχι ένα νέο σύστημα ηχογράφησης. Ανακάλυψε ότι τα εναλλασσόμενα ρεύματα που δημιουργούνται από έναν πομπό ή μικρόφωνο τηλεφώνου μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν έτσι ώστε να μαγνητίσουν τοπικά ένα ασάλινο σύρμα, προκαλώντας στην πραγματικότητα ένα μαγνητικό μοτίβο του οποίου η μαγνητική διακύμανση ταιριάζει ακριβώς με τις εναλλαγές του ρεύματος. Ο Poulsen πίστευε πως αυτή η αρχή θα πετύχαινε και με λωρίδες μαγνητικά επεξεργασμένου

χαρτιού ή μεταλλικής ταινίας, και με αυτή την ιδέα προσέβλεπε στην ηχογράφιση ταινίας. Ο πρώτος του εγγραφέας καλωδίου σωστά ονομάστηκε *telegraphone* (εικόνα 1.φ.), ένα όνομα το οποίο περιλάμβανε την σχέση μεταξύ τηλεφώνου, τηλεγράφου και φωνογράφου.

Μέχρι το 1900 οι εφευρέτες είχαν αναπτύξει πλέον και τις τρεις μορφές ηχογράφησης. Αν και η απλότητα του φωνογράφου είχε προσωρινά αποτρέψει την εφαρμογή της τεχνολογίας του τηλεφώνου στην αναπαραγωγή του ήχου, πειράματα για την μετατροπή της ομιλίας σε ηλεκτρικά ρεύματα είχαν αποτελέσματα τα οποία αργότερα εφαρμόστηκαν στην ηλεκτρική ηχογράφιση.

1.5. Υλικά των Δίσκων/Κυλίνδρων

Οι εφευρέτες είχαν πειραματιστεί σε ένα ευρύ φάσμα κεριών ως μέσων ηχογράφησης. Αρκετοί χρησιμοποιούσαν το κερί μέλισσας ως κύριο συστατικό των πρώτων κέρινων κυλίνδρων, αλλά όπως αποδείχτηκε ήταν υπερβολικά μαλακό και είχε την τάση να φράζει τα αυλάκια. Οι Bell και Tainter χρησιμοποιούσαν κερί ozocerite στους χαρτονένιους κυλίνδρους. Ο Edison ξεκίνησε με ένα μαλακό άσπρο, σαν σαπούνι, κερί και αργότερα δοκίμασε συνδυασμούς στεαρικών οξέων (όπως αυτά που περιέχονται στο βόειο λίπος), κεριού μέλισσας και ceresin στη σύνθεση του κυλίνδρου του. Τελικά κατέληξε σε ένα καφέ μίγμα κεριού από στεαρικό οξύ και ceresin, αλλά και αυτό είχε το μειονέκτημα ότι ήταν πολύ μαλακό. Οι πρώτοι δίσκοι του Berliner ήταν φτιαγμένοι από σκληρό καουτσούκ. Αργότερα προχώρησε σε ενώσεις κεριών, πειραματίστηκε με το celluloid και τελικά κατέληξε στο shellac (σκληρή φυσική ρητίνη) ως υλικό για τους δίσκους του. Στα εργαστήρια των εφευρετών υπήρχαν κεριά όλων των ειδών: ορυκτά κεριά όπως ozocerite και ceresin, κερί από λιγνίτη που χρησιμοποιείται και σε βερνίκια, κεριά carnauba και κερί spermaceti από φάλαινες.

Τα ακριβή συστατικά του μίγματος κεριού που χρησιμοποιούνταν για την κατασκευή των κυλίνδρων και δίσκων φυλάσσονταν με ζήλεια από τον εκάστοτε εφευρέτη. Ο ανταγωνισμός ήταν τέτοιος ώστε κάθε βελτίωση που απέφερε βελτίωση της ποιότητας ήχου ή της διάρκειας αναπαραγωγής ήταν εμπορικά σημαντική και αποτελούσε αντικείμενο εκμετάλλευσης. Μία σημαντική καινοτομία, όπως τα καινούργια υλικά για τους δίσκους, είχε ως επίπτωση τη δραματική βελτίωση της μοίρας του εφευρέτη και προκάλεσε φόβο σε όσους έμεναν τεχνολογικά πίσω.

Η εμφάνιση των δίσκων celluloid αποτελεί ένα τέτοιο παράδειγμα. Ως ένας από τους πρώτους τύπους πλαστικού, μπορούσε εύκολα να μορφοποιηθεί και στην τελική μορφή του είχε μία σκληρή επιφάνεια η οποία μπορούσε να συλλάβει περισσότερες συχνότητες του ηχητικού φάσματος από τους μαλακούς δίσκους κεριού. Αυτό γινόταν ιδιαίτερα

αντιληπτό στις χαμηλές (μπάσες) νότες, οι οποίες χάραζαν βαθύτερο αυλάκι πάνω στον δίσκο. Το celluloid ήταν σκληρό αλλά όχι εύθραυστο. Οι πρώτοι κύλινδροι από celluloid αισιόδοξα αποκαλούνταν «άφθαρτοι».

1.6. Εταιρείες και μοντέλα



1.g. Κοιτηνή φωτογραφία ενός φωνογράφου Amberola, κατασκευής του 1915 περίπου, με κύλινδρο Blue Amberol.

Οι εταιρείες Victor, Edison και Columbia ήταν γνωστές ως οι Μεγάλες Τρεις. Κάθε μία από τις εταιρείες αυτές κατασκεύαζε μία σειρά μοντέλων, από τη μικρότερη συσκευή αναπαραγωγής δίσκων που κόστιζε 10 δολάρια έως και τα πιο περίτεχνα μοντέλα, φτιαγμένα να μοιάζουν με έπιπλα αντίκες και κόστιζαν 400 και 500 δολάρια.

Το 1908 βγήκε στην αγορά ο κύλινδρος Amberol των τεσσάρων λεπτών, ενώ τέσσερα χρόνια αργότερα ήρθε ο κύλινδρος Blue Amberol φτιαγμένος από celluloid γύρω από ένα γύψινο πυρήνα. Ο φωνογράφος Amberola (εικόνα 1.g.), ο οποίος κατασκευάστηκε για να παίζει τους νέους αυτούς κυλίνδρους, είχε μία χοάνη κλεισμένη σε ένα ξύλινο κουτί το οποίο είχε φανερά μεγάλη ομοιότητα με το εξαιρετικά επιτυχημένο μοντέλο Victrola της εταιρείας Victor. Το Victrola (εικόνα 1.i.), παρουσιάστηκε το 1906 και συνδύαζε νέα τεχνικά χαρακτηριστικά, όπως η κλειστή χοάνη και μία τελείως διαφορετική όψη. Αντί για το ορθογώνιο κουτί με τη χοάνη από πάνω, το Victrola είχε όλα τα λειτουργικά μέρη κρυμμένα. Το Amberola της Edison (εικόνα 1.h.) αντέγραψε αυτό το σχέδιο αν και δεν ήταν η μόνη. Η αγορά είχε κατακλυστεί από απομιμήσεις όπως το Gramofola της Columbia Company και τα Concertola, Humanola, Gabelola και Vitrola άλλων κατώτερων εταιρειών. Μοναδική εξαίρεση ήταν ίσως το Diamond Disc Player του Edison, το οποίο δεν ήταν ένα κραυγαλέο αντίγραφο του Victrola. Το Diamond Disc

χαρακτηρίστηκε ως το μεγαλύτερο επίτευγμα της εταιρείας Edison στους ακουστικούς φωνογράφους. Η καθαρότητα του ήχου και η λαμπρότητα της αναπαραγωγής της οφείλονταν στον πολύ σκληρό δίσκο και την διαμαντένια βελόνα.



1.h. Το Amberola της εταιρείας Edison.



1.i. Το Victrola της εταιρείας Victor.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΠΟΧΗ

2.1. Ηλεκτρική Ηχογράφιση

Ενώ ο Thomas Edison αφιέρωσε το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγικής του καριέρας στην τελειοποίηση του φωνογράφου, ήταν πλέον ξεκάθαρο για τη νεότερη γενιά επιστημόνων ότι η τεχνολογία αυτή είχε φτάσει τα όρια χρησιμότητάς της. Οι δύο επιστήμονες της Western Electric, Joseph Maxfield και H.Harrison, προτίμησαν να χρησιμοποιήσουν μικρόφωνα, ενισχυτές και ηλεκτρικά φίλτρα.

Το σύστημα ηλεκτρικής ηχογράφησης που αναπτύχθηκε από τους δύο αυτούς επιστήμονες είχε ως βάση τις γνώσεις τους για τη μετάδοση του ήχου στην ανάπτυξη ηλεκτρικών αναλογιών στο μηχανικό σύστημα ακοής. Το σύστημά τους χρησιμοποιούσε ένα πυκνωτικό μικρόφωνο για να παίρνει τον ήχο και να τον μετατρέπει σε ηλεκτρικά ρεύματα. Ένας ενισχυτής λυχνίας κενού, αύξησε τη δύναμη των ρευμάτων αυτών και τα χρησιμοποιούσε ώστε να οδηγήσει έναν ηλεκτρομηχανικό κόπτη ηχογράφησης να κάνει αυλάκι στο δίσκο. Ο κόπτης ήταν ισορροπημένος ώστε να κινείται ακριβώς μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο, και όπως τα εναλλασσόμενα ρεύματα από τον ενισχυτή επηρέαζαν την κίνησή του, αυτός αντέγραφε τις κυματομορφές πάνω στο δίσκο.

Κατά την αναπαραγωγή, η κίνηση της βελόνας στο αυλάκι ενεργούσε μέσα στο μαγνητικό πεδίο του ηλεκτρικού πικάπ για να αναπαράγει τα εναλλασσόμενα ρεύματα που μετέφεραν το ηχητικό σήμα. Με τη σειρά τους, τα ρεύματα ενισχύονταν με λυχνίες κενού για να οδηγηθούν σε ένα μεγάφωνο. Η ηλεκτρική ηχογράφιση όφειλε πολλά στο βασικό σύστημα τηλεφωνικού πομπού και δέκτη που λειτουργούσε όπως ακριβώς το μικρόφωνο και το μεγάφωνο, όπως και στη νέα δύναμη της ενίσχυσης.

Η ηλεκτρική ηχογράφιση πέρα από το πλεονέκτημα του ραδιοφωνικού ήχου, είχε πιο ευρεία και πιο πιστή αναπαραγωγή στο φάσμα των ακουστικών συχνοτήτων που αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο αυτί. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της χρήσης ηλεκτρικών ισοδύναμων των ηχητικών κυμάτων, ήταν ότι το διάφραγμα στο μικρόφωνο απαιτούσε μόνο την ελάχιστη κίνηση για να καταγράψει ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων, ενώ το διάφραγμα στην ακουστική αναπαραγωγή κινούνταν σε μια απευθείας φυσική σχέση με τα ηχητικά κύματα. Το διάφραγμα μικροφώνου μετακινούνταν περίπου κατά το ένα δέκατο της απόστασης σε σχέση με το ακουστικό διάφραγμα για να καταγράψει τους δυνατότερους ήχους και το βάρος του ήταν το ένα εικοστό του Edison recorder. Η μικροσκοπική κίνηση του ηλεκτρονικού διαφράγματος σήμαινε ότι μπορούσε να παρέχει μία ομοιόμορφη απόκριση σε όλα τα άκρα του ηχητικού φάσματος και λιγότερη παραμόρφωση από την ακουστική μέθοδο.

Οι ερευνητές της Western Electric ξεκίνησαν τις πειραματικές ηχογραφήσεις το 1920. Τα αποτελέσματα των πειραματικών ηχογραφήσεων ήταν εντυπωσιακά: οι δίσκοι κατέγραφαν ένα πολύ μεγαλύτερο εύρος των μουσικών ήχων και η συνολική ποιότητα του ήχου επωφελούνταν από τον καλύτερο έλεγχο της έντασης του κάθε ήχου.

2.2. Orthophonic

Παρ' όλο που η αναπαραγωγή ηλεκτρικά ηχογραφημένων δίσκων σε ακουστικές μηχανές ήταν εφικτή, συχνά ακούγονταν υπερβολικά δυνατά και με μεγαλύτερη τραχύτητα σε σύγκριση με τους παλιούς δίσκους. Οι Maxfield και Harrison σχεδίασαν μία νέα ακουστική μηχανή για να συμπληρώσουν την αυξημένη ένταση και το εύρος συχνοτήτων των ηλεκτρικά ηχογραφημένων δίσκων. Υπολόγισαν ότι μία ακουστική χοάνη θα έπρεπε να είναι περίπου 2,74 m σε μήκος ώστε να αναπαράγει ισάξια όλες τις ηχητικές συχνότητες των νέων δίσκων, έτσι πειραματίστηκαν με μία χοάνη, το μέγεθος της οποίας αυξανόταν εκθετικά από το soundbox^[3] στο εξωτερικό χείλος της χοάνης. Το επίπεδο ενίσχυσης υπερείχε κατά πολύ σε σύγκριση με την ευθεία χοάνη. Επινόησαν την αναδιπλούμενη χοάνη, στην οποία το μεγαλύτερο πέρασμα κατά μήκος του αεροστεγούς καναλιού από το soundbox μέσω της αναδιπλωμένης χοάνης (έφτανε έως και 1,82 m μήκος σε ορισμένα μοντέλα), παρήγαγε μία στάθμη αναπαραγωγής η οποία ταίριαζε με το μεγάλο εύρος συχνοτήτων της ηλεκτρικής ηχογράφησης. Η νέα συσκευή ονομάστηκε Orthophonic (εικόνα 2.a.) και την εισήγαγε η εταιρεία Victor το 1925.



2.a "Credenza" Orthophonic Victrola.

2.3. Η μετάβαση από το ακουστικό στο ηλεκτρικό Home Stereo

Η μετάβαση στην ηλεκτρική ηχογράφιση και αναπαραγωγή έδωσε στη μουσική βιομηχανία τα μέσα να ανταγωνιστούν το ραδιόφωνο, που έκανε την εμφάνισή του στα μέσα της δεκαετίας του '20. Μέχρι το τέλος της δεκαετίας οι εταιρείες κατασκεύαζαν ολοκληρωμένα συστήματα ραδιοφώνου/φωνογράφου, με κοινή καμπίνα και ενισχυτή λυχνίας κενού (vacuum tube amplifier). Αντί της ακουστικής χοάνης, ο ήχος έβγαινε από το ηχείο του ραδιοφώνου.

Το 1931 εμφανίστηκαν τα πρώτα συστήματα ηχείων τριών δρόμων (three-way speakers), στα οποία ο ήχος διαιρούνταν σε υψηλές, μεσαίες και χαμηλές συχνότητες και κάθε ζώνη οδηγούνταν σε τρεις διαφορετικούς μετατροπείς στο μεγάφωνο, ο καθένας σχεδιασμένος έτσι ώστε να λειτουργεί καλύτερα στο κομμάτι αυτό του ηχητικού φάσματος: το μεγάλο woofer, το mid-range και το tweeter. Μέχρι τη δεκαετία του '60, η τεχνολογία αυτή είχε ενσωματωθεί στα ηχεία των home stereo.

Η πλειοψηφία των ηλεκτρικών πικάπ στη δεκαετία του '30 χρησιμοποιούσαν την μεταλλική βελόνα που αντικαθίσταντο. Η διαμαντένια γραφίδα χρησιμοποιούνταν σε συσκευές ηχογράφησης ραδιοφώνου. Επί χρόνια οι μηχανικοί πειραματίζονταν για να ανακαλύψουν το βέλτιστο σχήμα της βελόνας, το οποίο θα είχε ευαίσθητη απόκριση στις κυματομορφές στο αυλάκι χωρίς να τις παραμορφώνει.

Καθώς η βελόνα είχε ολοένα και μεγαλύτερη ανταπόκριση, η συσκευή η οποία μετέτρεπε τις μικροσκοπικές τις κινήσεις σε ηλεκτρικό ρεύμα έπρεπε να γίνει πιο ευαίσθητη. Τα μεγάλα πικάπ που βασιζόνταν στην ηλεκτρομαγνητική αρχή αντικαταστάθηκαν από ελαφριά πιεζοηλεκτρικά πικάπ που χρησιμοποιούσαν κρύσταλλο αντί για μαγνήτες. Τα πιο ευαίσθητα πικάπ απαιτούσαν ακριβέστερους τονικούς βραχίονες (tone arms) για να τα οδηγήσει στην επιφάνεια του δίσκου και να εξασφαλίσουν καλύτερη ανίχνευση στα αυλάκια. Τα νέα πικάπ είχαν χαμηλότερη απόδοση εξόδου και έτσι έπρεπε να συνδυαστούν με πιο ευαίσθητους και ισχυρούς ενισχυτές. Καθώς οι μηχανικοί ανέπτυσαν ένα κομμάτι του συστήματος, ανακάλυπταν ότι έπρεπε να βελτιώσουν και τα υπόλοιπα στοιχεία.

Τα ελαφρύτερα πικάπ και τονικοί βραχίονες ασκούσαν λιγότερη πίεση στο δίσκο και μείωναν τις απαιτήσεις ισχύος του κινητήρα του πικάπ. Τα πιο εξελιγμένα πικάπ της δεκαετίας του '30 ήταν μικρότερα και πιο αποδοτικά από τα ηλεκτρικά μοντέλα του '20. Η διαδικασία μείωσης του μεγέθους και αύξησης της αποδοτικότητας είχε ξεκινήσει από τον δέκατο ένατο αιώνα. Η μικροσκοπική βελόνα μπορούσε να «καθίσει» σε μικρότερα αυλάκια, και όσο πιο μικρό το αυλάκι, τόσο περισσότερος ήχος μπορούσε να μπει σε ένα δίσκο.

Οι συχνότητες του ακουστικού φωνογράφου περιορίζονταν σε ένα στενό φάσμα περίπου 200 έως 3000 cps^[3]. Στον ηλεκτρικό φωνογράφο, το φάσμα γινόταν πιο ευρύ, από 130

έως 4200 cps. Με την εμφάνιση των βελτιωμένων μικροφώνων και των moving-coil^[4] disc cutters το φάσμα αυτό διευρύνθηκε έως και 8000 cps.

Μία από τις δημοφιλέστερες ομιλούσες μηχανές της δεκαετίας του '30 ήταν η φορητή συσκευή αναπαραγωγής μουσικής, φθηνή και εύκολη στη χρήση, η παραγωγή της οποίας ξεκίνησε στον πρώτο Παγκόσμιο Πόλεμο.

2.4. Η Διάρκεια των δίσκων

Τα πρώτα χρόνια του 20ού αιώνα τα όρια των 2 και 3 λεπτών είχαν καταργηθεί, όταν τα 100 αυλάκια ανά ίντσα, των ηχογραφήσεων αυξήθηκαν σε 200. Τη δεκαετία του '20 ο χρόνος αναπαραγωγής είχε φτάσει τα 7 και 8 λεπτά. Τα εργαστήρια της Western Electric έφτασαν μέχρι και τα 10 λεπτά.

Το 1926 ο Edison έβγαλε τον long-playing δίσκο, ένα δίσκο 12 ιντσών με 40 λεπτά χρόνο αναπαραγωγής. Παρά τις βελτιώσεις στην επιφάνεια του δίσκου, συχνά αποτύγγανε στο να αναπαραγάγει ήχους υψηλότερων συχνοτήτων και ο ήχος ήταν χαμηλός σε ένταση.

Το 1931 εξελίχτηκε ένας πειραματικός long-playing δίσκος 12 ιντσών στα εργαστήρια Bell, με 300 αυλάκια ανά ίντσα για να αντικαταστήσουν τους δίσκους 16 ιντσών. Την ίδια χρονιά η εταιρεία Victor παρουσίασε τον 78-rpm shellac long-player (LP) που όμως είχε χαμηλή πιστότητα και υψηλό θόρυβο.

2.5. Βινύλιο - Shellac

Ο micro-groove δίσκος, ένας long-playing δίσκος, ήταν ένα πιο ανθεκτικό μέσο ηχογράφησης που μπορούσε να συγκρατήσει μικρότερα αυλάκια. Η μικρότερη και πιο ακριβής βελόνα κοπής μπορούσε να χαράζει περισσότερα αυλάκια ανά ίντσα πάνω στο δίσκο.

Η σύνθεση του μέσου ηχογράφησης πάνω στην επιφάνεια του δίσκου ήταν πολύ σημαντική. Κάθε προηγούμενη προσπάθεια να χαραχτούν περισσότερα αυλάκια πάνω στο δίσκο είχε αποτύχει διότι η επιφάνεια από shellac αδυνατούσε να συγκρατήσει τα μικρότερα αυλάκια καθώς και τις πληροφορίες που περιείχαν.

Ενώ τους αποκαλούμε δίσκους shellac, το shellac ήταν μόνο ένα στοιχείο ενός περίπλοκου μείγματος υλικών, το οποίο αποτελούνταν από στοιχεία πληρωτικά (όπως ο σχιστόλιθος και ο ασβεστόλιθος), συνδετικά, λιπαντικά (για να μειώσουν την τριβή που δημιουργούνταν καθώς η βελόνα μετακινούνταν πάνω στα αυλάκια), και λειαντικά (για να

“ακονίζουν” τη μύτη της βελόνας ώστε να προσαρμόζεται στο σχήμα το αυλακιού). Το shellac αποτελούσε μόνο το 13 με 15 % του δίσκου, το κύριο συστατικό ήταν ο σχιστόλιθος (ή ασβεστόλιθος) ο οποίος συνδέονταν με το shellac.

Ο λόγος σήματος προς θόρυβο ενός τυπικού δίσκου shellac ήταν γύρω στα 25 dB, το οποίο σημαίνει μία πολύ θορυβώδη αναπαραγωγή ήχου.

Το μεγαλύτερο μέρος του ανεπιθύμητου θορύβου που ακουγόταν σε έναν shellac δίσκο των 78 rpm, ήταν ο ήχος της φθοράς της επιφάνειας του δίσκου. Το βάρος των μαγνητών στα πικάπ ασκούσε μια βαριά δύναμη περίπου 100 με 200 γραμμάρια στη βελόνα και την έσπρωχνε δυνατά πάνω στο shellac. Ο μέσος χρόνος ζωής ενός shellac ήταν ανάμεσα στα 75 και 125 παιξίματα του δίσκου.

Με μία έννοια, ο θόρυβος της επιφάνειας του δίσκου ήταν σχεδόν ευπρόσδεκτος αφού κάλυπτε αρκετούς άλλους πιο ενοχλητικούς θορύβους. Εκδορές στην επιφάνεια, σκληρά σωματίδια και ακαθαρσίες από τα συστατικά του δίσκου που παρήγαγαν κρότους (ticks, pops, snaps).

Οι ρητίνες βινυλίου (PVC), όπως και οι ρητίνες φαινόλης που χρησιμοποιήθηκαν στους Diamond Discs του Edison, μπορούσαν να μορφοποιηθούν όσο ήταν ζεστές και μετά να εξελιχθούν σε μια σταθερή επιφάνεια. Πέρα από το ότι ήταν αρκετά σκληρό ώστε να κάνει τον δίσκο πρακτικά αδιάσπαστο, το βινύλιο είχε το πλεονέκτημα της πολύ χαμηλής απορρόφησης σε συνθήκες υγρασίας, οι οποίες είχαν προκαλέσει στρέβλωση των δίσκων οξικής κυτταρίνης (celluloid). Οι πρώτοι δίσκοι βινυλίου είχαν φτιαχτεί από ένα συμπολυμερές χλωριούχου βινυλίου και οξικού βινυλίου, ένα πιο σκληρό και λεπτό υλικό από το shellac. Αυτό σήμαινε ότι μπορούσαν να χαραχτούν ακόμα περισσότερα αυλάκια στους δίσκους.

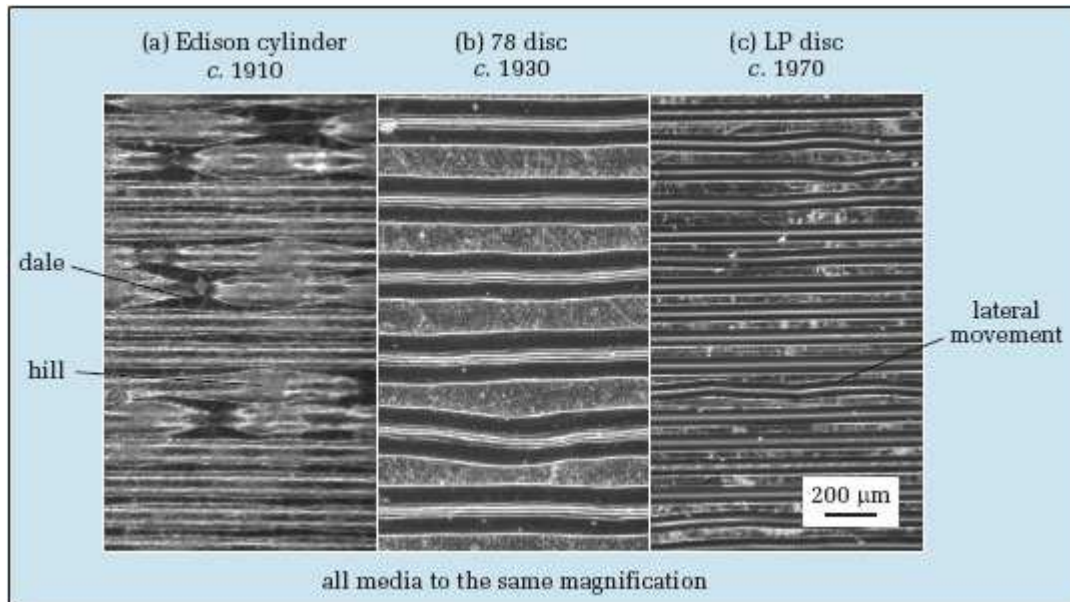
Για να επιτύχουν ένα χρόνο αναπαραγωγής διάρκειας 30 λεπτών, το αυλάκι έπρεπε να είναι το μισό σε μήκος. Αντί των συνηθισμένων 80 με 100 αυλακιών ανά ίντσα, το νέο long-player χαραζόταν με 224 έως και 260 αυλάκια ανά ίντσα. Το βάθος του αυλακιού ήταν περίπου τρεις φορές μικρότερο απ'ότι το αντίστοιχο ενός shellac δίσκου.

Επειδή το βινύλιο δεν περιέχει λειαντικά, για το micro-groove σύστημα χρησιμοποιήθηκε βελόνα με συνθετικό ζαφείρι ή διαμάντι. Οι μηχανικοί έφτιαξαν πικάπ που ασκούσαν δύναμη μόλις 10 γραμμαρίων στη βελόνα, δηλαδή το λιγότερο δέκα φορές μικρότερη από τα πικάπ που έπαιζαν τους shellac. Τα πικάπ πλέον είχαν αποσπώμενη κεφαλή, είχαν μία βελόνα για του δίσκους των 78 rpm και άλλη μία για τους micro-groove δίσκους. Η εμφανής βελτίωση του λόγου σήματος προς θόρυβο ήταν μεγάλο πλεονέκτημα για τα βινύλια. Ένας λόγος της τάξεως των 30 dB ήταν αρκετά καλός για έναν shellac δίσκο, όμως με τους δίσκους βινυλίου ο λόγος ανέβαινε στα 55 και 60 dB.

Το 1948 η εταιρεία Columbia ανακοίνωσε στη δημοσιότητα τον LP δίσκο. Παρ' όλα αυτά, οι δίσκοι βινυλίου δεν αντικατέστησαν τους shellac μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του '50.

Πίνακας 2.Α. Συνηθέστεροι τύποι δίσκων βινυλίου.

Διάμετρος	Περιστροφές ανά λεπτό (rpm)
12 in (30 cm)	33 $\frac{1}{3}$ rpm
	45 rpm
10 in (25 cm)	33 $\frac{1}{3}$ rpm
	78 rpm
7 in (17.5 cm)	45 rpm
	33 $\frac{1}{3}$ rpm



Εικόνα 2.β. Τα αυλάκια –όπως φαίνονται χρησιμοποιώντας την ίδια μεγέθυνση σε : (a) Κύλινδρο, (b) Δίσκο 78rpm και (d) LP.

2.6. Η εξέλιξη του ηλεκτρικού Home Stereo

2.6.1. Η όψη

Η εφεύρεση του tweeter σε σχήμα θόλου από τον Roy Allison και το περίβλημα ακουστικής ανάρτησης από τον Henry Koss, έφερε υψηλή απόδοση μέσα σε ένα μικρό κουτί. Η τελευταία εφεύρεση σφράγισε τον αισθητήρα των χαμηλών συχνοτήτων σε ένα έγκλειστο μέρος αρκετά μικρό ώστε να χρησιμοποιεί τον παγιδευμένο αέρα ως ενισχυτικό έλασμα. Αυτό κατάργησε τα τεράστια bass woofers που χρειάζονταν για να διανέμουν τους ήχους χαμηλών συχνοτήτων. Τα νέα μεγάφωνα ήταν μικρά, αποδοτικά και οικονομικά. Αρκετές εταιρείες όπως η Acoustic Research, Advent και Allison Acoustics διέθεσαν στο εμπόριο ηχεία “βιβλιοθήκης” τα οποία ήταν η βάση πολλών οικιακών στέρεο συστημάτων.

Το σύστημα των δύο ηχείων ώθησε τους κατασκευαστές να επιστρέψουν στο σχήμα κονσόλας, ένα μεγάλο, επίπεδο κουτί το οποίο είχε εμφανιστεί αρχικά στα 1920. Στις νέες κονσόλες, τα ηχεία ήταν ενσωματωμένα στα άκρα της ορθογώνιας καμπίνας. Τα μικρά, καλοφτιαγμένα ηχεία “βιβλιοθήκης” ώθησαν τους κατασκευαστές να τα μετακινήσουν μακριά από την κονσόλα και να αλλάξουν έτσι τη μορφή του οικιακού φωνογράφου. Φτιαγμένα από ελαφρά βαμμένο ξύλο, ήταν μακριά, χαμηλά κουτιά με καθαρή, απείριπτη γραμμή και ξεχωριστά ηχεία. Αντικαθιστώντας τις καμπίνες μεσογειακού στυλ από φύλλα ξύλου οξιάς ή ελαιόμορφου, η νέα όψη του home stereo αποτελούνταν από αλουμίνιο και άλλα μέταλλα. Τα σετ αυτά ήταν καθαρά λειτουργικά. Έβγαιναν σε θήκες αλουμινίου με μαύρα μεταλλικά καλύμματα και προσόψεις από αλουμίνιο και χρώμιο. Η μοναδική υποψία ξύλου ήταν ένα μικρό κομμάτι καρφωμένο σε κάθε μία από τις άκρες των εξαρτημάτων. Το πρόσθιο μέρος της μονάδας, αντί για ξύλο, είχε πλέον ένα σύνολο από κουμπιά ελέγχου, φωτάκια, διακόπτες και έναν φωτιζόμενο επιλογέα καναλιών ραδιοφώνου. Αντί του ενός κουμπιού για την ένταση του ήχου, υπήρχε ένα πλήρες σετ ελέγχου για τα πρίμα, τα μπάσα, το balance και την ένταση.

2.6.2. Το τρανζίστορ

Η εφεύρεση του τρανζίστορ, το 1948, στα εργαστήρια Bell Labs, είχε ως συνέπεια μία ανάπτυξη στο χώρο της ηλεκτρονικής, εφάμιλλη με αυτήν της εφεύρεσης της λυχνίας κενού. Το τρανζίστορ όχι μόνο αντικατέστησε τις λυχνίες κενού στα ραδιόφωνα, τους φωνογράφους και σε όλα τα είδη ηλεκτρονικού εξοπλισμού αλλά ήταν και πιο αξιόπιστο και πιο αποδοτικό.

Μια μεγάλη εφαρμογή των τρανζίστορ ήταν οι λειτουργίες ελέγχου και ενίσχυσης που έως τότε εκτελούσαν οι λυχνίες κενού. Η αντικατάσταση της λυχνίας κενού με το τρανζίστορ αύξησε την αξιοπιστία, μείωσε την τιμή και πάνω απ' όλα εξοικονόμησε χώρο. Ήταν το μέσο για τη μείωση του μεγέθους και του βάρους των συστημάτων αναπαραγωγής ήχου. Το πρώτο προϊόν ήχου στο οποίο φάνηκαν τα αποτελέσματα της σμίκρυνσης από τα τρανζίστορ ήταν το ραδιόφωνο. Στη δεκαετία του '30 και του '40 το μέγεθος του ραδιοφώνου ήταν περίπου όσο μία χειραποσκευή αεροπορικής εταιρείας. Τα τρανζίστορ απαιτούσαν μικρότερη τάση, συνεπώς μπορούσαν να λειτουργήσουν με μικρότερες μπαταρίες. Το 1954, η American Regency Company παρουσίασε το πρώτο ραδιόφωνο τρανζίστορ. Το 1955 ακολούθησε το μοντέλο TR 55 της Tokyo Telecommunications Engineering Company χρησιμοποιώντας ένα chip σχεδιασμένο από τους ίδιους. Είχε το εμπορικό σήμα Sony. Η εταιρεία Sony, όπως μετονομάστηκε το 1957 κατάφερε να παράγει ένα ραδιόφωνο αρκετά μικρό ώστε να χωράει σε μια τσέπη. Μετά την εμπορική επιτυχία του ραδιοφώνου με τρανζίστορ, ακολούθησε η εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής στον εξοπλισμό ήχου.

Το 1961, βγήκαν οι φωνογράφοι με τρανζίστορ για οικιακή χρήση. Αποτελούνταν από έναν ενισχυτή, έναν δέκτη και ένα πικάπ, στριμωγμένα σε ένα κουτί. Η βασική διαμόρφωση ήταν ένα τετράγωνο κουτί με ένα καπάκι στο πίσω μέρος του, το οποίο άνοιγε προς τα πάνω, έναν ηλεκτρικό κινητήρα τοποθετημένο κάτω από το πικάπ και το ηχείο στο μπροστινό μέρος. Αυτό το βασικό σχήμα ήταν ήδη κοινό στα περισσότερα φθηνά συστήματα ήχου από τη δεκαετία του '20 έως και του '50, όταν ενσωματώθηκε σε δημοφιλή μοντέλα όπως τα "Silvertone".

Τα ποιοτικά ξύλα στους φωνογράφους του 19ου αιώνα σπάνια υπήρχαν στα μεταπολεμικά επιτραπέζια συστήματα στα οποία χρησιμοποιούνταν ξύλινα συνθετικά, συχνά καλυμμένα με πανί. Τα συστήματα με τρανζίστορ χρησιμοποιούσαν πλαστικά αντί για ξύλο, πράγμα το οποίο βοήθησε στο να μειωθεί η τιμή τους.

Τη δεκαετία του '60 οι φωνογράφοι έπρεπε πλέον να είναι φορητοί. Η σταθερή βελτίωση στα τρανζίστορ έφερε μικρότερα και φθηνότερα συστήματα ήχου. Τα μικροσκοπικά τρανζίστορ συνδέονταν σε έναν πίνακα κυκλωμάτων στον οποίο οι συνδέσεις καλωδίων ήταν χαραγμένες πάνω σε πλαστικό με επίστρωση χαλκού. Αυτά τα τυπωμένα κυκλώματα χρησιμοποιήθηκαν αρχικά κατά τη διάρκεια του Δεύτερου Παγκόσμιου Πολέμου και πολύ σύντομα χρησιμοποιήθηκαν στην αυτοματοποιημένη συνδεσμολογία των ηλεκτρονικών συσκευών. Τρανζίστορ, πυκνωτές και άλλες συσκευές συνδέονταν σε αυτούς τους πίνακες κυκλωμάτων για να αντικαταστήσουν τα ογκώδη μεταλλικά πλαίσια τα οποία κρατούσαν τις λυχνίες και τους μετασχηματιστές.

Τη δεκαετία του '60 υπήρχε ένα μεγάλο εύρος οικιακών στερεοφωνικών συστημάτων οι τιμές των οποίων κυμαίνονταν από \$150 έως \$400, όλα με ηχεία δύο δρόμων (tweeter

και woofer) και αυτόματο πικάπ. Η πλειοψηφία αυτών των μονάδων ήταν φτιαγμένες από πλαστικό και έβγαιναν σε ορθογώνιο κουτί με τα δύο ηχεία ξεχωριστά.

Η τεχνολογία της ηλεκτρονικής ηχογράφησης βελτιώθηκε δραματικά μετά το 1945, και το εύρος των συχνοτήτων του αναπαραγώμενου ήχου είχε σταδιακά αυξηθεί: ο micro-groove δίσκος είχε ένα εύρος από 30 έως 10.000 cps και οι μονάδες στέρεο του '60 το διέυρυναν στις ψηλές συχνότητες, γύρω στα 15.000 cps. Ο μοντέρνος φωνογράφος μπορούσε να συλλάβει την πλειοψηφία των ήχων της μουσικής και της ομιλίας με χαμηλά επίπεδα θορύβου και παραμόρφωσης.

2.7. Μαγνητική Ταινία

2.7.1. Reel-to-Reel

Οι ενισχυτές που τροφοδοτούσαν τα ηλεκτρικά συστήματα ηχογράφησης έβρισκαν εφαρμογή και στα wire records τα οποία βασίστηκαν στις πατέντες του Poulsen. Αρκετές μικρές εταιρείες τη δεκαετία του '30 παρήγαγαν μηχανές υπαγόρευσης χρησιμοποιώντας το σύρμα ως μέσο ηχογράφησης. Τα ηλεκτρικά ρεύματα που παρήγαγε το μικρόφωνο αποθηκεύονταν ως μαγνητικά πεδία σε ένα μεταλλικό σύρμα. Παρ' ότι οι μηχανές αυτές μπορούσαν να καταγράψουν 30 λεπτά ήχου σε ένα καρούλι σύρματος, η ποιότητα της αναπαραγωγής ήταν φτωχή και υπήρχε μεγάλη δυσκολία στο χειρισμό του σύρματος που συχνά μπερδεύονταν ή έσπαγε. Ένα ακόμα μειονέκτημα του steel tape και wire ήταν ότι και τα δύο ήταν αρκετά ακριβά ως υλικά.

Το 1937 η Brush Development Company, έβγαλε τη μηχανή *Soundmirror*, η οποία χρησιμοποιούσε steel tape.

Τα εργαστήρια Bell κατασκεύασαν το *Mirrorphone*, έναν μαγνητικό εγγραφέα που χρησιμοποιούσε steel tape, για να δίνει δελτία καιρού τηλεφωνικά.

Η ποιότητα ήχου των μαγνητικών εγγραφών ήταν αρκετά φτωχή μέχρι την εμφάνιση των συστημάτων (a/c)alternating-current bias, τη δεκαετία του '40 που μείωναν το λόγο σήματος-προς-θόρυβο και την παραμόρφωση.



2.c. Η πλειοψηφία των πειραμάτων πάνω στη μορφή ταινίας έγινε στη Γερμανία. Τα εργαστήρια της AEG κατασκεύασαν μία ταινία (από χαρτί ή vinyl acetate) επικαλυμμένη με μία λεπτή, ομοιόμορφη επίστρωση από καφέ οξειδίο του σιδήρου. Αυτό θα ήταν το μέλλον της μαγνητικής ηχογράφησης.

Το Magnetophon της AEG είχε ένα ηλεκτρικό μοτέρ κίνησης και έναν υψηλής ποιότητας ενισχυτή λυχνίας κενού.

Τα πρώτα reel-to-reel συστήματα χρησιμοποιούσαν ως μέσο το μεταλλικό σύρμα (wire recording), το οποίο αν και ανθεκτικό είχε αρκετά μειονεκτήματα όπως η κακή πιστότητα, χρειαζόταν ένα πολύ ισχυρό ρεύμα για αποτυπωθεί το σήμα πάνω στο σύρμα, η δυσκολία επεξεργασίας του (προκειμένου να επιτευχθεί ένα μοντάζ έπρεπε να κοπεί το σύρμα), και το πιθανό μπλέξιμο του σύρματος. Η εφεύρεση της πλαστικής ταινίας οξικής κυτταρίνης με επίστρωση οξειδίου του σιδήρου έλυσε τα προβλήματα αυτά ανοίγοντας το δρόμο για τη χρήση τους στα στούντιο.

Το μεγάλο πλεονέκτημα της ταινίας ήταν διπλό, επέτρεπε την ηχογράφηση μιας εκτέλεσης, χωρίς το χρονικό όριο των 30 λεπτών που είχε ο δίσκος του φωνογράφου και κατέστησε δυνατή την επεξεργασία της ηχογράφησης αυτής. Για πρώτη φορά ο ήχος μπορούσε να διαχειριστεί όπως μια υλική ουσία. Το μοντάζ γινόταν απλά με το κόψιμο της ταινίας στο σημείο που χρειαζόταν και επανασυνδέοντάς το σε κάποιο άλλο μέρος της ταινίας με κολλητική ταινία ή σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμα και με κόλλα. Η τεχνική αυτή ονομάστηκε splice (συγκόλληση).

Το ενωμένο σημείο της ταινίας έπρεπε να είναι πολύ λεπτό για να μην παρεμποδίσει την κίνηση της ταινίας και η κολλητική ταινία έπρεπε να προσαρμοστεί με προσοχή για να μην αφήσει κολλώδη υπολείμματα στην ταινία ή το deck. Συνήθως το κόψιμο γινόταν διαγώνια έτσι ώστε οποιοδήποτε “click” ή άλλος θόρυβος δημιουργούνταν από το κόψιμο θα διασκορπίζονταν σε λίγα milliseconds της ηχογράφησης. Η χρήση μπομπίνας για την παροχή και το μάζεμα της ταινίας διευκόλυνε τους τεχνικούς στο να μετακινούν χειροκίνητα την ταινία μπρος-πίσω στις κεφαλές και να εντοπίσουν το ακριβές σημείο το οποίο ήθελαν να μοντάρουν. Προκειμένου να κοπεί η ταινία, στερεωνόταν σε ένα ειδικό σημείο (*splicing block*) προσαρμοσμένο στο deck δίπλα στις κεφαλές, ώστε να κρατάει

την ταινία με ακρίβεια μέχρι να γίνει το μοντάζ. Το διαγώνιο κόψιμο της ταινίας είχε το μειονέκτημα ότι στις στερεοφωνικές ταινίες το μοντάζ γινόταν με διαφορά ένα κλάσμα του δευτερολέπτου από το ένα κανάλι στο άλλο.

2.7.2. Compact Cassette



2.d. Κασέτα (FeCr) Type III, διάρκειας 90 λεπτών.

2.7.2.1 Ιστορία

Κι ενώ ο περιστρεφόμενος δίσκος είχε πλέον φτάσει στο απόγειο της τεχνολογικής του ανάπτυξης και δημοτικότητας στη δεκαετία του '70, εμφανίστηκε ένας νέος ανταγωνιστής.

Το 1963 βγήκε στην αγορά η compact cassette της Philips και τον πρώτο χρόνο πωλήθηκαν μόνο 9000 μονάδες. Η Philips δεν προστάτεψε την κασέτα της ως ιδιόκτητη τεχνολογία αλλά ενθάρρυνε και άλλες εταιρείες να χορηγηθούν την άδεια χρήσης της. Η εταιρεία απαίτησε από όλους τους χρήστες της compact cassette να τηρήσουν τα standards της, πράγμα το οποίο αποτελούσε εγγύηση ότι όλες οι κασέτες θα ήταν συμβατές. Μια “συμμαχία” με Ιάπωνες κατασκευαστές διασφάλισε το ότι όταν η κασέτα θα έβγαινε στην αγορά στα μέσα του '60, θα υπήρχαν διαθέσιμα αρκετά cassette players.

Μέχρι το τέλος της δεκαετίας του '60 η Philips compact cassette είχε γίνει η καθιερωμένη μορφή κασέτας ηχογράφησης.

Το όνομά της δίνει ένα στοιχείο για την τόσο μεγάλη απήχυσή της. Είναι αρκετά μικρή ώστε να χωράει στην τσέπη ενός πουκάμισου ενώ μπορεί να συγκρατήσει μέχρι και 45 λεπτά μουσικής σε κάθε πλευρά της. Είναι πολύ εύκολη στη χρήση: το μόνο που χρειάζεται κάποιος να κάνει είναι να την τοποθετήσει στο cassette player, συνήθως

ανασηκώνοντας ένα καπάκι και να πατήσει το κουμπί PLAY. Τότε ο μηχανισμός ενεργοποιείται και γυρίζει τα καρούλια της κασέτας.

Το πρώτο cassette player στη αμερικάνικη αγορά ήταν το Norelco Carry-Corder του 1964, το οποίο τροφοδοτούνταν με κοινές μπαταρίες φακού και ζύγιζε περίπου ένα κιλό. Μπορούσε να γράψει και να αναπαράγει ήχο και είχε ενσωματωμένο μικρόφωνο και ηχείο.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της κασέτας ήχου ήταν ότι ήταν ένα μέσο χαμηλής πιστότητας. Είχε πολύ μικρή απόκριση συχνοτήτων σε σύγκριση με τον δίσκο και στην αναπαραγωγή υπήρχε ένα ενοχλητικό “σφύριγμα” (tape hiss) της ταινίας.

Η σταδιακή βελτίωση του ήχου στις κασέτες ακολούθησε το ίδιο μονοπάτι με τον περιστρεφόμενο δίσκο. Και τα δύο ήταν τεχνολογικά συστήματα τα οποία ανταποκρίνονταν σε μία προσέγγιση που περιελάμβανε το εκάστοτε player και το μέσο αναπαραγωγής. Οι κατασκευαστές της μαγνητικής ταινίας, ιδίως ιαπωνικές εταιρείες όπως η Sony, η Denon και η TDK, σχεδίασαν νέους τύπους μαγνητικών υλικών για να επικαλύψουν την πλαστική κασέτα ώστε να συγκρατεί παραπάνω μαγνητική πληροφορία. Σταδιακά βελτίωσαν τις ενώσεις του βασικού οξειδίου του σιδήρου με την προσθήκη μιγμάτων κοβαλτίου και έπειτα ανέπτυξαν το διοξειδίο του χρωμίου ως μαγνητικό υλικό πάνω στην κασέτα. Αυτό παρείχε ανώτερες ηχογραφήσεις. Το επόμενο βήμα ήταν να αντικαταστήσουν τα οξείδια του μετάλλου με μικροσκοπικά σωματίδια καθαρού μετάλλου που έδιναν μεγαλύτερο μαγνητισμό, αυξάνοντας την συχνοτική απόκριση της ταινίας της κασέτας και βοηθώντας και στη μείωση του θορύβου επιφάνειας.

Η κασέτα βελτιώθηκε σημαντικά την δεκαετία μετά την εμφάνισή της το 1963. Αναπαρήγαγε στέρεο σήματα και η απόδοσή της ολοένα και πλησίαζε τον στέρεο δίσκο. Το τρανζίστορ και η κασέτα έγιναν συμπληρωματικές τεχνολογίες. Ο συνδυασμός ράδιο/φωνογράφου πολύ σύντομα είχε ενσωματωμένο ένα cassette player που μπορούσε να ηχογραφήσει κάθε έξοδο της μονάδας.

Από την δεκαετία του '70 το cassette player είχε ενσωματωθεί σε εξοπλισμούς υψηλής πιστότητας.

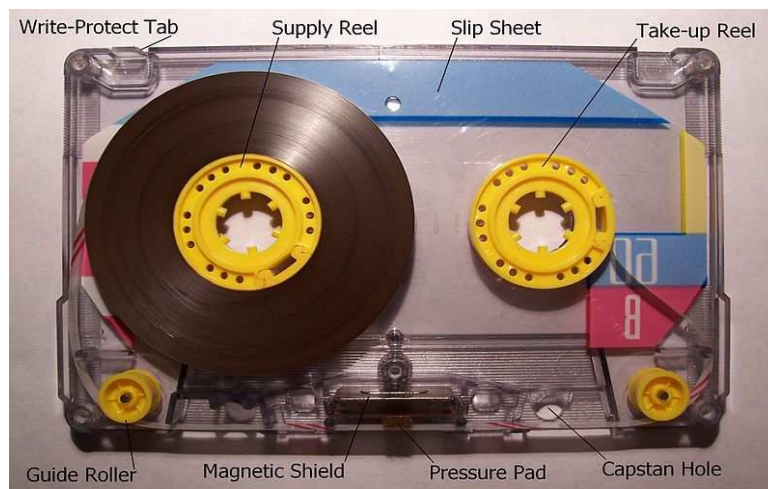
Ορισμένα tape recorders της δεκαετίας του '70 είχαν τεχνολογία που αναπτύχθηκε στα στούντιο ηχογραφήσεων. Μπορούσαν να ηχογραφήσουν σε τέσσερα tracks και να αντιγράψουν από track σε track με τον ίδιο τρόπο που το έκαναν οι μηχανικοί ήχου στα στούντιο. Τα κορυφαία μοντέλα είχαν όλους τους ελέγχους που είχαν και τα επαγγελματικά μηχανήματα, VU meters, peak meters, αρκετές μορφές συστημάτων μείωσης του θορύβου και διάφορα φίλτρα. Ορισμένες μονάδες είχαν ενσωματωμένες κονσόλες μίξης.

Λίγο μετά το 1977, η κασέτα άρχισε να ανταγωνίζεται σε πωλήσεις τον δίσκο. Οι πωλήσεις των LP σταδιακά μειώνονταν ενώ οι πωλήσεις της κασέτας αυξάνονταν

ραγδαία. Με το ξεκίνημα της δεκαετίας του '80 ο λόγος των πωλήσεων βινυλίου προς κασέτες ήταν 6:4 προσεγγίζοντας την ισότητα.

Σε αντίθεση με τον long-playing δίσκο, η κασέτα ήταν πιο ανθεκτική, μπορούσε να τον υπερβεί σε χρόνο αναπαραγωγής και ήταν σχεδόν ίδια σε ποιότητα ήχου. Πάνω απ' όλα όμως, είχε τη δυνατότητα της ηχογράφησης που της έδινε το εμπορικό προβάδισμα ενάντια στον δίσκο.

2.7.2.2. Τεχνικά χαρακτηριστικά



2.e. Στο εσωτερικό της κασέτας φαίνεται το leader στην αρχή της πλευράς Α. Η ταινία “παίζει” από τα αριστερά προς τα δεξιά (φυσικά ένα auto-reverse deck μπορεί να παίζει σε οποιαδήποτε κατεύθυνση). Η ταινία πιέζεται από το pressure pad ώστε να έρχεται σε στενή επαφή με την κεφαλή. Τα guide rollers βοηθούν στο να παραμένει η ταινία στη σωστή θέση. Τη σωστή λειτουργία υποβοηθά το slip sheet (φύλλο ολίσθησης) που βρίσκεται ανάμεσα στα καρούλια και το κέλυφος. Το μαγνητικό πεδίο περιορίζει τα “αδέσποτα” σήματα από τις κεφαλές του player. Το tab στην πάνω αριστερή γωνία του κελύφους επιτρέπει την ηχογράφηση στην πλευρά αυτή.

Οι Compact Cassettes αποτελούνται από δύο μικροσκοπικά καρούλια, ανάμεσα στα οποία περνιέται μία μαγνητικά επικαλυμμένη πλαστική ταινία. Τα καρούλια αυτά καθώς και τα μέρη που τα συνοδεύουν βρίσκονται μέσα σε ένα προστατευτικό πλαστικό κέλυφος. Η ταινία έχει δύο στερεοφωνικά ζευγάρια tracks (συνολικά τέσσερα) ή δύο μονοφωνικά, το ένα στερεοφωνικό ή μονοφωνικό track αναπαράγεται ή ηχογραφείται όταν η ταινία κινείται προς τη μία κατεύθυνση και το δεύτερο όταν κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση. Η αντιστροφή αυτή επιτυγχάνεται είτε χειροκίνητα, αλλάζοντας την πλευρά της κασέτας, είτε βάζοντας το μηχάνημα να αλλάξει αυτόματα την κατεύθυνση της κίνησης της ταινίας (auto-reverse).

Η κασέτα ήταν ένα μεγάλο βήμα προς τα εμπρός σε ευκολία, σε σχέση με την reel-to-reel audio tape, παρά τους περιορισμούς του μεγέθους και της ταχύτητας, αρχικά ήταν συγκριτικά χαμηλότερη σε ποιότητα. Σε αντίθεση με την 4-track stereo open reel format, τα δύο στερεοφωνικά tracks κάθε πλευράς βρίσκονται το ένα δίπλα στο άλλο αντί να είναι διασταυρωμένα με τα tracks της άλλης πλευράς. Αυτό επέτρεπε στα μονοφωνικά κασετόφωνα να αναπαράγουν στερεοφωνικές ηχογραφήσεις “αθροισμένες” ως μονοφωνικά tracks και επέτρεπε στα stereo στερεοφωνικά να αναπαράγουν μονοφωνικές ηχογραφήσεις μέσω και των δύο ηχείων τους. Η ταινία είναι 3.81 χιλιοστά ευρεία (0.150 ίντσες), με κάθε στέρεο track να έχει πλάτος 0,6 χιλιοστά και μία μη ηχογραφημένη ζώνη ασφαλείας ανάμεσα σε κάθε track. Η ταινία κινείται στα 4.76 cm/s από τα αριστερά προς τα δεξιά. Αντίστοιχα η τυπική open reel format εμπορικής χρήσης έχει πλάτος 6.35 χιλιοστά, με κάθε στέρεο track στα 1.59 χιλιοστά και έχει ταχύτητα 9,5 ή 19 cm/s.

2.7.2.3. Τύποι Κασέτας



2.f. (Cassette_Write_Protect_IV)

Οι εγκοπές στην πάνω επιφάνεια της κασέτας υποδηλώνουν τον τύπο της. Η πάνω κασέτα της εικόνας που έχει μόνο εγκοπές προστασίας εγγραφής, είναι κασέτα Type I. Η αμέσως επόμενη κασέτα, κάτω από αυτήν, με τις επιπρόσθετες εγκοπές δίπλα στις εγκοπές προστασίας εγγραφής είναι Type II. Οι τελευταίες δύο κασέτες που έχουν τις εγκοπές της Type II σύν ένα επιπρόσθετο ζευγάρι εγκοπών στο μέσο της κασέτας είναι Type IV (μεταλλικές).

Οι κασέτες είναι κατασκευασμένες από ένα είδος πλαστικής μεμβράνης από πολυεστέρα με μαγνητική επίστρωση. Το αρχικό μαγνητικό υλικό βασίστηκε σε γάμα

οξειδίο σιδήρου (Fe_2O_3). Γύρω στο 1970, η 3M Company ανέπτυξε μια διαδικασία volume-doping σε συνδυασμό με μια τεχνική διπλής επίστρωσης για να ενισχύσει τα συνολικά επίπεδα εξόδου της ταινίας. Το προϊόν αυτό διατέθηκε στην αγορά ως "High Energy". Οι φθηνές κασέτες με την ένδειξη "low noise" δεν έχουν βελτιστοποιηθεί για υψηλή συχνοτική απόκριση. Για το λόγο αυτό, κάποιες κασέτες Type I έχουν διατεθεί στην αγορά ως πιο κατάλληλες για αποθήκευση δεδομένων παρά για ηχογράφηση.

Περίπου την ίδια εποχή εμφανίστηκε το χρώμιο του διοξειδίου του άνθρακα (CrO_2) και στη συνέχεια άρχισαν να χρησιμοποιούνται επιστρώσεις με μαγνητίτη (Fe_3O_4), όπως στην Audia της TDK, στην προσπάθεια να προσεγγίσουν την ποιότητα ήχου των δίσκων βινυλίου. Το 1974 η TDK χρησιμοποίησε το cobalt-absorbed οξειδίο του σιδήρου (Avilyn) που αποδείχτηκε πολύ επιτυχημένο.

Τέλος, το 1979 η 3M εισήγαγε τα καθαρά μεταλλικά σωματίδια (σε αντίθεση με συνθέσεις του αζώτου) υπό την εμπορική ονομασία Metafine. Η επίστρωση στις περισσότερες κασέτες που πωλούνται σήμερα είτε ως "Normal" είτε ως "Chrome", αποτελούνται από οξειδίο του σιδήρου και κοβαλτίου αναμειγμένα σε διάφορες αναλογίες και χρησιμοποιώντας διαφορετικές μεθόδους. Υπάρχουν ελάχιστες κασέτες στην αγορά που χρησιμοποιούν καθαρή (CrO_2) επίστρωση.

Οι απλοί εγγραφείς φωνής έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να λειτουργούν με συγκεκριμένα σκευάσματα σιδήρου. Τα υψηλής πιστότητας μαγνητόφωνα εγγραφής συνήθως κατασκευάζονται με διακόπτες για τις διαφορετικές απαιτήσεις bias^[5] και equalization^[6] των κασετών υψηλής απόδοσης. Οι πιο συνηθισμένες κασέτες οξειδίου του σιδήρου, που ορίζονται από το πρότυπο IEC ως Type I, έχουν 120 μs equalization αναπαραγωγής ενώ οι κασέτες Type II, chrome (χρωμίου) και cobalt-absorbed, έχουν 70 μs equalization αναπαραγωγής. Τα "bias" equalizations ηχογράφησης ήταν επίσης διαφορετικά και είχαν μεγαλύτερη σταθερά χρόνου. Η BASF και η Sony πειραματίστηκαν με μια ταινία διπλής επίστρωσης με "ferrichrome" (FeCr) (IEC Type III), ένας συνδυασμός οξειδίου του σιδήρου και διοξειδίου του χρωμίου. Οι κασέτες αυτές ήταν διαθέσιμες για ένα μικρό μόνο χρονικό διάστημα στη δεκαετία του '70.

Οι Metal Cassettes (IEC Type IV) έχουν επίσης 70 μs equalization αναπαραγωγής όμως έχουν βελτιωμένη ποιότητα ήχου. Η ποιότητα συχνά αντικατοπτρίζεται στην τιμή. Γενικά οι κασέτες Type I είναι οι πιο φθηνές και οι Type IV είναι συνήθως οι πιο ακριβές. Η ταινία χρωμίου BASF που χρησιμοποιούνταν σε προηχογραφημένες κασέτες είχε 120 μs equalization αναπαραγωγής (Type I) ώστε να επιτυγχάνει μεγαλύτερο δυναμικό εύρος υψηλών συχνοτήτων για καλύτερη ποιότητα ήχου. Το μεγαλύτερο εμπορικό επίτευγμα των μουσικών επιχειρήσεων ήταν ότι το ίδιο κέλυφος κασέτας Type I μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και για μουσικές κασέτες σιδήρου και για χρωμίου.

Οι εγκοπές στην κορυφή του κελύφους της κασέτας υποδηλώνουν τον τύπο της ταινίας μέσα σε αυτό. Οι κασέτες Type I έχουν μόνο τις εγκοπές προστασίας εγγραφής, οι κασέτες Type II έχουν ένα επιπλέον ζευγάρι δίπλα σε αυτό της προστασίας εγγραφής και οι Type IV (μεταλλικές) έχουν ένα τρίτο ζευγάρι στο μέσον του κελύφους της κασέτας. Οι εγκοπές επιτρέπουν στα cassette decks να ανιχνεύουν αυτόματα τον τύπο της κασέτας και να επιλέγουν τα κατάλληλα bias και equalization. Σχεδόν όλα τα τελευταία συστήματα hi-fi (με cassette decks) δεν έχουν τη δυνατότητα αυτή, μόνο ένα μικρό μέρος από cassette decks (διαχωρισμένα από τα hi-fi) έχουν τον επιλογέα Τύπου ταινίας. Η αναπαραγωγή ταινίας Type II και IV σε μια συσκευή χωρίς τη δυνατότητα ανίχνευσης θα παράγει υπερβολικά πρίμα, αυτό όμως μπορεί να μη γίνει αντιληπτό καθώς οι συσκευές αυτές συνήθως έχουν ενισχυτές που δεν διαθέτουν εκτεταμένη έξοδο υψηλών συχνοτήτων. Παρ' όλα αυτά, η ηχογράφιση σε τέτοιου είδους συσκευές έχει ως αποτέλεσμα την πολύ χαμηλή αναπαραγωγή του ήχου και ορισμένες φορές μπορεί να ακουστεί παραμόρφωση και σφύριγμα. Ακόμα, οι φθηνές αυτές μονάδες δεν μπορούν να σβήσουν τις ταινίες high bias ή τις metal bias. Η προσπάθεια αυτή θα έχει ως αποτέλεσμα το print-through^[7].

2.7.2.4. Διάρκεια Αναπαραγωγής

Η διάρκεια της κασέτας μετριέται σε λεπτά του συνολικού χρόνου παιχνιδιού. Οι δημοφιλέστερες ποικιλίες είναι οι C46 (23 λεπτά ανά πλευρά), η C60 (30 λεπτά ανά πλευρά), η C90 και η C120. Οι C46 και C60 έχουν πάχος περίπου 15-16 μm, η C90 έχει πάχος 10-11μm, ενώ η C120 μόλις 9μm, καθιστώντας την πιο ευπαθή στο τέντωμα ή το σπάσιμο. Ορισμένοι κατασκευαστές είναι πιο γενναιοδωροι από άλλους, παρέχοντας 132 μέτρα (433 feet) ή 135 μέτρα (442 feet) ταινίας αντί για 129 μέτρα (423 feet) για μία κασέτα C90. Για ένα μικρό χρονικό διάστημα υπήρχαν και ταινίες C180 ή ακόμα και C240 η οποίες όμως ήταν πολύ λεπτές και εύθραυστες και είχαν άσχημα αποτελέσματα όπως το print-through, συνθήκη που τις καθιστούσε ακατάλληλες για γενική χρήση.

Η TDK-D C180 αν και ήταν στην παραγωγή για δύο δεκαετίες, είναι πολύ σπάνια εξαιτίας αρκετών τεχνικών ελλωμάτων. Η ταινία ήταν τόσο λεπτή που ήταν σχεδόν διάφανη και ως εκ τούτου υπήρχαν πολύ λιγότερα σωματίδια για να μαγνητιστούν, με αποτέλεσμα την πολύ κακή ποιότητα ήχου και την ακόμα χειρότερη αντοχή. Χρειαζόταν έναν αρκετά ισχυρό κινητήρα για να οδηγηθεί και είχε πολύ υψηλό wow και flutter. Τέλος, έπαιρνε πολύ χρόνο για να κάνει rewind.

Οι κατασκευαστές διαθέτουν (ή διέθεταν) και άλλες διάρκειες, συμπεριλαμβανομένων των C10 και C15 (που χρησιμοποιούνταν για αποθήκευση δεδομένων των πρώτων οικιακών υπολογιστών), C30, C50, C54, C64, C70, C74, C80, C84, C100, C105, και

C110. Από το 2010 η εταιρεία Thomann εξακολουθεί να προσφέρει κασέτες C10, C20, C30 και C40, IEC Type II, για χρήση σε 4- και 8-track portastudios.

Στις αρχές της δεκαετίας του '80 ορισμένες εταιρείες συμπεριλάμβαναν μαζί με τα φορητά κασετόφωνα μια δωρεάν κενή κασέτα. Η Panasonic είχε μία C14 με ένα ηχογραφημένο τραγούδι στη μία πλευρά, και τελείως κενή τη δεύτερη πλευρά. Εκτός από τις C74 και C1000, οι λιγότερο δημοφιλείς διάρκειες ήταν πιο δυσεύρετες και αρκετά πιο ακριβές από τις πιο δημοφιλείς. Οι λάτρεις του home taping έβρισκαν περισσότερο χρήσιμες ορισμένες διάρκειες που τους επέτρεπαν να χωρέσουν ένα ολόκληρο άλμπουμ σε μία ή δύο πλευρές μιας μόνο κασέτας. Για παράδειγμα, η αρχική μέγιστη διάρκεια των Compact Discs ήταν στα 74 λεπτά, πράγμα το οποίο εξηγεί και τη σχετική δημοτικότητα των κασετών C74.

2.7.2.5. Προστασία εγγραφής

Όλες οι Compact Cassettes περιλαμβάνουν ένα μηχανισμό προστασίας για να αποτραπεί η εκ νέου ηχογράφιση ή η τυχαία διαγραφή σημαντικού υλικού. Κάθε πλευρά της κασέτας έχει ένα πλαστικό tab στο πάνω μέρος της, το οποίο μπορεί να αποκοπεί, αφήνοντας μία μικρή εσοχή στο κέλυφος της κασέτας. Η εσοχή αυτή επιτρέπει την είσοδο ενός μοχλού-αισθητήρα ο οποίος αποτρέπει τη λειτουργία ηχογράφησης όταν η κασέτα μπει στο κασετόφωνο. Εάν η κασέτα κρατιέται με τη μία ετικέτα να κοιτάει προς τον χρήστη και το άνοιγμα της κασέτας να κοιτάει προς τα κάτω, τότε το tab προστασίας εγγραφής για την αντίστοιχη πλευρά βρίσκεται στο δεξί πάνω μέρος. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι κατασκευαστές παρείχαν ένα κινούμενο πάνελ που ενεργοποιούσε ή απενεργοποιούσε την προστασία εγγραφής στις κασέτες.

Εάν αργότερα χρειαζόταν, μπορούσε να τοποθετηθεί ένα κομμάτι κολλητικής ταινίας πάνω στην εγκοπή ώστε να παρακάμψει την προστασία ή σε ορισμένα κασετόφωνα ο μοχλός μπορεί να συμπιεστεί χειροκίνητα ώστε να γίνει ηχογράφιση σε μια κασέτα με προστασία εγγραφής. Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή για να μην καλυφθούν οι επιπρόσθετες εγκοπές στις κασέτες high bias που βρίσκονται δίπλα ακριβώς στις εγκοπές προστασίας εγγραφής.

2.7.2.6. Κασέτες καθαρισμού κεφαλών



2.g. Κασέτα καθαρισμού κεφαλών.

Παρότι οι κασέτες από μόνες τους είναι αρκετά ανθεκτικές, τα κασετόφωνα χρειάζονται συχνή συντήρηση προκειμένου να λειτουργούν σωστά. Ο καθαρισμός των κεφαλών μπορεί να γίνει είτε με μακριά swabs^[8], μουσκεμένα με ισοπροπυλική αλκοόλη, είτε με συσκευές σε σχήμα κασέτας οι οποίες εφόσον τοποθετηθούν στο κασετόφωνο, αφαιρούν τη συγκέντρωση οξειδίου του σιδήρου από τις κεφαλές, τα tape-drive capstan και το pinch-roller. Απομαγνητιστές με παρόμοιο σχήμα, χρησιμοποιούσαν μαγνήτες για να απομαγνητίσουν το deck προκειμένου να αποφευχθεί η παραμόρφωση του σήματος. Ένα συνήθες μηχανικό πρόβλημα ήταν όταν ένα φθαρμένο ή βρώμικο player περιέστρεφε πιο γρήγορα το καρούλι τροφοδοσίας από το καρούλι αφομοίωσης ή όταν αποτύγχανε να απελευθερώσει τις κεφαλές από την κασέτα κατά το ejection (εξαγωγή της κασέτας από την εσοχή). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα το να βγει η μαγνητική ταινία από το κάτω μέρος της κασέτας και να μπερδευτεί στον μηχανισμό του κασετοφώνου. Σε αυτήν την περίπτωση λέμε ότι το κασετόφωνο “έφαγε” την κασέτα, ενώ συχνά καταστρέφονταν ολοσχερώς η δυνατότητα αναπαραγωγής της.

2.7.2.7. Dolby - A - B - C - SR - S

Το σύστημα Dolby A ήταν μία βελτιωμένη μέθοδος μείωσης του θορύβου της μαγνητικής ταινίας που αναπτύχθηκε από τον Ray Dolby. Το Dolby A βασίστηκε στην προ-έμφαση (pro-emphasis) συγκεκριμένων υψηλότερων συχνοτήτων κατά την ηχογράφηση και απο-έμφασής (de-emphasis) τους κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής. Το σύστημα διαχωρίζει το σήμα σε τέσσερις ζώνες ηχητικών συχνοτήτων και αυξάνει την ένταση σε ορισμένες από τις υψηλές συχνότητες, για να ηχογραφηθούν σε πιο ψηλά επίπεδα από τις άλλες ζώνες. Το σφύριγμα της ταινίας ακούγεται πιο έντονα στις ψηλές συχνότητες και οι ήχοι σε αυτό το επίπεδο ήταν αυτοί που αυξάνονταν από το σύστημα

Dolby A για να κρύψουν (mask out) τον ενοχλητικό θόρυβο. Στην αναπαραγωγή οι συχνότητες μειώνονται στα αρχικά τους επίπεδα στην ακριβή ποσότητα στην οποία είχαν αυξηθεί και το μεγαλύτερο μέρος του θορύβου και του σφυρίγματος της ταινίας μειώνεται διότι το ηχητικό σήμα το υπερκαλύπτει (override). Εάν ο ηχογραφημένος ήχος έχει επαρκείς υψηλές συχνότητες για να σκεπάσουν το σφύριγμα, τότε το Dolby A δεν τις ενισχύει.

Παρ' ότι το σύστημα Dolby A ήταν μόνο μία από τις διαθέσιμες μεθόδους μείωσης του θορύβου στις κασέτες, είχε το πλεονέκτημα της εύκολης προσαρμογής στον ήδη υπάρχοντα εξοπλισμό, αποφεύγοντας έτσι, τον δαπανηρό επανασχεδιασμό ολόκληρης της μονάδας. Η δραματική μείωση του σφυρίγματος με αυτό το σύστημα (μείωση 10 db για το σφύριγμα, το βουητό και crosstalk), σε συνδυασμό με την απόκριση των υψηλότερων συχνοτήτων των ταινιών χρωμίου και μεταλλικών σωματιδίων έφερε επιτέλους την υψηλή πιστότητα στην κασέτα.

Μετά το Dolby A αναπτύχθηκε το Dolby B, το οποίο παρουσιάστηκε το 1968 παρέχοντας περίπου 9 dB μείωση θορύβου (A-weighted^[9]). Το Dolby B ήταν πολύ πιο απλό σε σχέση με το Dolby A και συνεπώς η εφαρμογή του στα καταναλωτικά προϊόντα ήταν λιγότερο δαπανηρή. Οι ηχογραφήσεις με Dolby B μπορούν να αναπαραχθούν σε συσκευές που δεν διαθέτουν αποκωδικοποιητή Dolby B, όπως τα φθηνά κασετόφωνα. Παρόλα αυτά η μείωση θορύβου με Dolby B είναι λιγότερο αποτελεσματική σε σχέση με το Dolby A. Στα μέσα της δεκαετίας του '70 το Dolby B έγινε το πρότυπο των προηχογραφημένων κασετών.

Το Dolby C παρουσιάστηκε το 1980 και παρέχει μείωση θορύβου περίπου 15 db (A-weighted). Κατασκευάστηκε συνδυάζοντας το αποτέλεσμα 2 Dolby B συστημάτων με επέκταση στις χαμηλότερες συχνότητες. Εάν οι ηχογραφήσεις με Dolby C αναπαραχθούν σε συσκευή που δεν διαθέτει αποκωδικοποιητή Dolby C, τότε θα ακούγονται πολύ χειρότερα. Το Dolby C εμφανίστηκε για πρώτη φορά στις συσκευές τελευταίας τεχνολογίας στα τέλη της δεκαετίας του '80. Το πρώτο κασετόφωνο με Dolby C ήταν το NAD 6150C το οποίο βγήκε στην αγορά το 1981.

Το Dolby SR (Spectral Recording) παρουσιάστηκε το 1986 και πρόκειται για μία πολύ πιο επιθετική προσέγγιση της μείωσης θορύβου σε σχέση με το Dolby A. Προσπαθεί να μεγενθύνει το εγγεγραμμένο σήμα ανα πάσα στιγμή χρησιμοποιώντας μία σύνθετη σειρά φίλτρων που αλλάζουν ανάλογα με το σήμα εισόδου. Ως εκ τούτου το Dolby SR είναι πολύ πιο ακριβό από το Dolby B ή το C αλλά μπορεί να παρέχει μείωση θορύβου έως και 25 dB στο εύρος των υψηλών συχνοτήτων. Χρησιμοποιείται μόνο σε επαγγελματικό εξοπλισμό εγγραφής.

Το Dolby S παρουσιάστηκε το 1989 με σκοπό να γίνει το νέο πρότυπο στις εμπορικές προηχογραφημένες κασέτες όπως είχε γίνει το Dolby B στη δεκαετία του 70. Κάτι όμως που δεν έγινε ποτέ γιατί το Dolby S ήρθε στην αγορά σε μια εποχή που η Compact

Cassette είχε αντικατασταθεί από το Compact Disc ως κυρίαρχη μορφή-πρότυπο. Η εταιρεία Dolby Labs ισχυρίστηκε ότι ο μέσος ακροατής δεν μπορούσε να καταλάβει τη διαφορά μεταξύ ενός CD και μιας κασέτας με κωδικοποίηση Dolby S. Το Dolby S ως σύστημα ήταν λιγότερο επιρρεπές στα προβλήματα που δημιουργούνταν κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής από τον θόρυβο του μηχανισμού μεταφοράς της ταινίας ενώ ήταν συμβατό με τις συσκευές που υποστήριζαν Dolby B. Το Dolby S μπορεί να επιτύχει 10 dB μείωση θορύβου στις χαμηλές συχνότητες και μέχρι 24 dB στις υψηλές συχνότητες.

2.7.2.8. Cassette players

Οι πρώτες συσκευές κασέτας (όπως η Philips EL 3300, που βγήκε στην αγορά τον Αύγουστο του 1963) ήταν απλές μονάδες mono ηχογράφησης και αναπαραγωγής. Οι πρώτες συσκευές χρειάζονταν ένα εξωτερικό δυναμικό μικρόφωνο. Η πλειοψηφία των μονάδων μετά την δεκαετία του '70 είχαν ενσωματωμένα πυκνωτικά μικρόφωνα τα οποία έχουν υψηλή συχνотική απόκριση, μπορεί όμως να παίρνουν και θόρυβο από το μοτέρ του recorder. Μια συνηθισμένη μορφή φορητού recorder έως και σήμερα, είναι ένα μακρόστενο κουτί, στο πλάτος μιας κασέτας, με ένα ηχείο στην πάνω πλευρά, θήκη για κασέτα στο μέσον και ρυθμίσεις "riano key" στο κάτω άκρο. Μία άλλη μορφή, είναι ελάχιστα μεγαλύτερη από την κασέτα και προσαρμόζεται και για εφαρμογές "Walkman" συσκευών. Τα σύμβολα των ρυθμίσεων "riano key" καθιερώθηκαν και αποτελούν κληρονομιά και παράδειγμα προς μίμηση για πολλά συστήματα ελέγχου. Τα πιο συνηθισμένα σύμβολα είναι το τετράγωνο για το "stop" (σταμάτημα), το τρίγωνο που δείχνει προς τα δεξιά για το "play" (αναπαραγωγή), τα διπλά τρίγωνα για το "fast forward" (γρήγορη αναπαραγωγή) και το "rewind" (αναπαραγωγή προς τα πίσω), η κόκκινη τελεία για το "record" (ηχογράφηση) και ένα κάθετα διαχωρισμένο τετράγωνο (δύο ορθογώνια το ένα δίπλα στο άλλο) για την παύση.



2.h. Ένα συνηθισμένο φορητό cassette recorder της εταιρείας Radioshack.

Τα stereo recorders εξελίχθηκαν σε υψηλής πιστότητας και έγιναν γνωστά ως cassette decks μετά τα reel-to-reel decks. Σε αντίθεση με τα cassette recorders και τα cassette players, τα Hi-Fi cassette decks συχνά δεν είχαν ενσωματωμένο ενισχυτή ή ηχεία. Με την πάροδο των χρόνων, εξελίχθηκαν αρκετές μορφές cassette players και recorders. Αρχικά όλα άνοιγαν από το πάνω μέρος, με την κασέτα στη μία πλευρά και τα VU meters και τις ρυθμίσεις στην άλλη πλευρά. Τα παλαιότερα μοντέλα είχαν συνδυασμούς από μοχλούς και συρόμενα κουμπιά για τις ρυθμίσεις ελέγχου.



2.i. RX-505 Nakamichi κασετόφωνο

Μία σημαντική καινοτομία ήταν η διαρρύθμιση front-loading (τοποθέτηση της κασέτας από το πρόσθιο μέρος της συσκευής αντί για το πάνω). Η υπό γωνία εσοχή κασέτας της εταιρείας Pioneer καθώς και η εκτεθειμένη εσοχή κασέτας που είχαν ορισμένα μοντέλα της εταιρείας Sansui, τελικά καθιερώθηκαν σε μία “πόρτα” στο πρόσθιο μέρος της συσκευής, στην οποία τοποθετούνταν η κασέτα. Τα μετέπειτα μοντέλα υιοθέτησαν ηλεκτρονικά κουμπιά και αντικατέστησαν τα συμβατικά meters (μετρητές) με LED ή με οθόνες κενού φθορισμού, και ο έλεγχος στάθμης είτε ρυθμιζόνταν με περιστροφικά χειριστήρια είτε με sliders στη σειρά.

Για ένα σύντομο χρονικό διάστημα, οι εταιρείες BIC και Marantz έβγαζαν μοντέλα τα οποία μπορούσαν να λειτουργούν σε διπλάσιες ταχύτητες, η Nakamichi όμως αναγνωρίστηκε ευρέως ως μία από τις πρώτες εταιρείες που κατασκεύασε decks τα οποία συναγωνίζονταν τα reel-to-reel decks, με συχνотική απόκριση από όλο το φάσμα των 20–20.000 Hz, χαμηλό θόρυβο και πολύ χαμηλό wow-and-flutter. Ένα παράδειγμα από τα πρώτα αυτά μοντέλα είναι το Nakamichi 1000 (1973), κλειστού βρόγχου με 3 κεφαλές. Σε αντίθεση με τα συνηθισμένα cassette decks που είχαν μία κεφαλή για την αναπαραγωγή και την ηχογράφηση και άλλη μία για τη διαγραφή, το Nakamichi 1000 είχε τρεις ξεχωριστές κεφαλές (όπως και τα καλύτερα reel-to-reel recorders) για τη βελτιστοποίηση των λειτουργιών αυτών.

Άλλοι υποψήφιοι για την καλύτερη "HiFi" ποιότητα σε αυτό το μέσο, ήταν δύο εταιρείες που ήταν ήδη πολύ γνωστές για την εξαιρετική ποιότητα των reel-to-reelape recorders τους, η Tandberg και η Revox. Η Tandberg ξεκίνησε με τις συσκευές συνδυαστικών κεφαλών όπως η TCD 300 και συνέχισε με τη σειρά TCD 3x0 με ξεχωριστές κεφαλές αναπαραγωγής και ηχογράφησης. Όλα τα μοντέλα TCD είχαν dual capstan drives, οδηγούμενα από ένα μονό κινητήρα capstan και δύο ξεχωριστούς κινητήρες μπομπίνας. Το εύρος συχνοτήτων εκτεινόταν μέχρι και τα 18kHz.

Η Revox προχώρησε ένα βήμα παραπέρα. Μετά από διστακτικότητα για το κατά πόσον θα αποδεχόταν το κοινό τις κασέτες ως ένα μέσον ικανό να ανταποκριθεί στις αυστηρές προδιαγραφές των reel to reel recorders, κατασκεύασαν τις συσκευές B710MK I (Dolby B) και MK II (Dolby B&C). Και οι δύο αυτές μονάδες είχαν dual capstan drives αλλά με δύο ανεξάρτητους capstan κινητήρες, ηλεκτρονικά ελεγχόμενους, και δύο ξεχωριστούς κινητήρες μπομπίνας. Η διάταξη της κεφαλής μετακινούνταν από την ενεργοποίηση μιας αποσβένουσας σωληνοειδούς κίνησης, εξαλείφοντας όλα τα belt drives και άλλα φθαρτά κομμάτια. Τα μηχανήματα αυτά ανταγωνίζονταν τα Nakamichi σε συχνοτικό και δυναμικό εύρος. Το B710MKII κατάφερε να φτάσει το εύρος 20–20 kHz και δυναμική άνω των 72dB με Dolby C σε χρώμιο και ελάχιστα μικρότερη δυναμική περιοχή, αλλά με μεγαλύτερο headroom με μεταλλικές ταινίες και Dolby C. Η Revox έχοντας κατά νου την πολυετή χρήση των μηχανημάτων, κατά την παράδοσή τους, προσαρμόζει το συχνοτικό εύρος έτσι ώστε στα καινούργια μηχανήματα η καμπύλη συχνοτήτων ήταν μερικά dB πάνω, στα 15–20 kHz, με στόχο την επίπεδη απόκριση μετά από 15 χρόνια χρήσης.

Μία ακόμα κίνηση της Revox ήταν να παράγει ακόμα πιο εξελιγμένα cassette drives με ηλεκτρονική ρύθμιση των bias και equalization κατά τη διάρκεια της ηχογράφησης. Η Revox παρήγαγε επίσης και ενισχυτές, έναν εξαιρετικά ακριβό FM δέκτη και ένα πικάπ με ειδικό μηχανισμό παράλληλου βραχίονα, δικού της σχεδιασμού.

Κι ενώ η Nakamichi παρέβαινε τα πρότυπα ηχογράφησης της κασέτας ώστε να επιτύχει τις όσο το δυνατόν καλύτερες δυναμικές με το να παράγει κασέτες μη συμβατές προς αναπαραγωγή σε άλλες συσκευές, οι εταιρείες Tandberg και Revox παρέμειναν στα πρότυπα αυτά κατασκευάζοντας κασέτες που μπορούσαν να παίξουν και σε άλλες συσκευές.

Η πολύ γνωστή εταιρεία Bang & Olufsen, επινόησε ένα ειδικό σύστημα για τη βελτιστοποίηση του headroom στις υψηλές συχνότητες. Η "μέθοδος επέκτασης του headroom, HX" ονομάστηκε και πατενταρίστηκε με το όνομα Dolby HX Pro. Η πρώτη συσκευή με HX Pro ήταν η Beocord 9000, η οποία είχε πράγματι άριστη απόδοση. Ωστόσο, η συσκευή αυτή είχε μόνο ένα capstan και ένα ηλεκτροκινητήρα εν αντιθέσει με τους πολλαπλούς κινητήρες της διάταξης διπλού capstan. Για το λόγο αυτό δεν ήταν ιδιαίτερα δημοφιλής στους λάτρεις του HiFi, που έδειχναν προτίμηση στις συσκευές των

Nakamichi, Tandberg και Revox. Το HX Pro υιοθετήθηκε και από άλλους κατασκευαστές όπως η Technics, ενώ η Aiwa ενσωμάτωσε την τεχνολογία αυτή στην κορυφαία σειρά των στερεοφωνικών της.

Καθώς στόχευαν σε ολοένα και περισσότερους απλούς χρήστες, ολοένα και λιγότερα κασετόφωνα είχαν πλέον εισόδους μικροφώνων. Τα διπλά decks έγιναν δημοφιλή και ενσωματώθηκαν στα συστήματα οικιακής ψυχαγωγίας όλων των μεγεθών. Αν και κάθε φορά που αντιγραφόταν μία πηγή, η ποιότητα έπασχε, δεν υπήρχαν μηχανικοί περιορισμοί στην αντιγραφή από δίσκο, ραδιόφωνο ή κάποια άλλη πηγή κασέτας. Ακόμα και όταν τα CD recorders έγιναν δημοφιλή, ορισμένα ενσωμάτωσαν τα cassette decks, περισσότερο βέβαια για επαγγελματικές εφαρμογές.



2.j. Μία διάταξη ραδιοκασετόφωνων, γνωστών ως ghetto-blasters ή boomboxes.

Άλλη μία μορφή που είχε αντίκτυπο στην κουλτούρα της δεκαετίας του '80 ήταν το ραδιοκασετόφωνο, γνωστό και ως ghetto-blaster ή boom box, που συνδύαζε το κασετόφωνο με έναν ραδιοφωνικό δέκτη και ηχεία ικανά να παράγουν σημαντικά επίπεδα ήχου. Το φορητό αυτό στερεοφωνικό player είχε ηχεία δύο δρόμων και ισχυρούς ενισχυτές με τρανζίστορ. Πέρα από την υψηλή πιστότητα είχε και προσιτή τιμή. Το ορθώς επωνομαζόμενο boom box μπορούσε να βγάλει μουσική της οποίας τα επίπεδα θορύβου έφταναν τα 120 dB σε κοντινή απόσταση, επίπεδα ίσα με αυτά του εκκωφαντικού θορύβου ενός κινητήρα τζετ.



2.k. Φορητό κασετόφωνο Walkman, της εταιρείας Sony.

Το 1979, η Sony εισήγαγε το Soundabout, ένα cassette player το οποίο αργότερα ονομάστηκε Walkman. Τα καινοτόμα στοιχεία του συστήματος του Walkman ήταν τα μικροσκοπικά ακουστικά τα οποία παρήγαγαν καλής ποιότητας ήχο με ένα μικρό σήμα από τον ενισχυτή και η αυξημένη έξοδος από τις μπαταρίες που τροφοδοτούσαν το μηχανήμα. Η βιομηχανία του ήχου αντιμετώπισε το Soundabout ως καινοτομία. Το 1981 προστέθηκαν κυκλώματα μείωσης θορύβου Dolby και το 1985 εμφανίστηκε και η επαναφορτιζόμενη μπαταρία. Το μέγεθός του γινόταν ολοένα και πιο μικρό ώσπου έφτασε να είναι ελάχιστα μεγαλύτερο από την κασέτα που έπαιζε.

Το Walkman έγινε ένα από τα πιο επιτυχημένα προϊόντα ήχου της μεταπολεμικής περιόδου. Όπως και το Victrola πριν από αυτό, οποιοδήποτε προσωπικό φορητό cassette player το αποκαλούσαν Walkman ανεξάρτητα από τον κατασκευαστή του.

Το Walkman επηρέασε σημαντικά τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι ακούν μουσική. Ο ήχος από τα ακουστικά ενός φορητού player είναι πιο άμεσος και οικείος απ' ότι ο ήχος που προέρχεται από το μεγάφωνο ενός οικιακού στερεοφωνικού. Ο ακροατής μπορεί να ακούσει ένα μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων και περισσότερα από τα χαμηλά πλάτη της μουσικής, ενώ μειώνεται η αντήχηση που δημιουργείται από τις ανακλάσεις του ήχου στους τοίχους. Τα προσωπικά στερεοφωνικά επιτρέπουν στον ακροατή να βιώσει την εμπειρία της μεγαλύτερης έντασης του ήχου επειδή ο ήχος εγχέεται απευθείας μέσα στο αυτί.

Η παγκόσμια δημοτικότητα του Walkman διασφάλισε ότι η κασέτα θα γινόταν το κυρίαρχο μέσο ηχογράφησης στο τελευταίο τέταρτο του εικοστού αιώνα. Η compact cassette άλλαξε τον τρόπο που οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν τις μηχανές ήχου τους και αυτή είναι και η σημασία της στην ιστορία των συστημάτων αναπαραγωγής ήχου.

Ο 78-rpm shellac δίσκος ήταν προϊόν μιας τεχνολογίας που επέτρεπε μόνο την αναπαραγωγή του και δεν έδινε τη δυνατότητα στον καταναλωτή να κάνει καμία αλλαγή στο περιεχόμενό του. Οι micro-groove δίσκοι ήταν ένα τεχνολογικό βήμα μπροστά αλλά και πάλι επέτρεπαν μόνο την αναπαραγωγή. Η compact cassette έδωσε τον έλεγχο στον καταναλωτή, επιτρέποντάς του να ηχογραφήσει τη δική του μουσική πάνω σε αυτή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΟΧΗ

3.1. PCM

Τη δεκαετία του '30, οι ερευνητές άρχισαν να εξετάζουν ψηφιακές μεθόδους μετάδοσης του ήχου.

Τα πειράματά τους βασίστηκαν πάνω στο pulse-coded modulation (PCM) ενός συνεχούς σήματος. Η τεχνική αυτή βασίστηκε στην ιδέα ότι ένα συνεχές σήμα μπορούσε να ανακατασκευαστεί από μεμονωμένα δείγματα και ότι τα δείγματα αυτά μπορούσαν να προσεγγιστούν από διακριτούς αριθμούς. Το 1962 τέθηκε σε λειτουργία το πρώτο PCM σύστημα μετάδοσης.

Η pulse-coded modulation των ηχητικών κυμάτων σε ψηφιακό κώδικα πέτυχε επίπεδα αναπαραγωγής τα οποία υπερέβαιναν και τα καλύτερα αναλογικά συστήματα: ένα τεράστιο δυναμικό εύρος ήχων χωρίς παραμόρφωση ή θόρυβο του περιβάλλοντος. Ένας επεξεργαστής PCM μετατρέπει τα ηχητικά σήματα σε μία σειρά από παλμούς που αντιστοιχούν στις τάσεις που παράγει ένας μετατροπέας όπως το μικρόφωνο. Ο επεξεργαστής δεν μετατρέπει συνεχώς τον ήχο αλλά κάνει δειγματοληψία αναλύοντας χιλιάδες λεπτά τμήματα από αυτόν, ανά δευτερόλεπτο.

Τρεις Ιαπωνικές εταιρείες (Sony, Matsushita και Mitsubishi) ανέπτυξαν τους δικούς τους επεξεργαστές, που έκαναν δειγματοληψία με διαφορετικούς ρυθμούς (rates), και κάθε εταιρεία είχε διαφορετικές μεθόδους χειρισμού της εξόδου του επεξεργαστή. Μια κοινή προσέγγιση ήταν η αποθήκευση της πληροφορίας σε πλαστικό δίσκο και η χρήση laser για να διαβάζει την πληροφορία και να την αναπαράγει.

Στη δεκαετία του '80, κάνοντας την εμφάνισή τους οι πρώτοι οικιακοί υπολογιστές, οι μικροεπεξεργαστές έφεραν νέες δυνατότητες αποθήκευσης και αναπαραγωγής δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των δεδομένων ηχητικής πληροφορίας.

Ο PCM χρειαζόταν αναβαθμισμένα κυκλώματα προκειμένου να μετατρέψει ηχητικά σήματα σε ψηφιακό κώδικα. Ο PCM-F1, ένας επεξεργαστής για μετατροπή από αναλογικό σε ψηφιακό σήμα (A-D conversion), ήταν ο “εγκέφαλος” του νέου συστήματος της ψηφιακής ηχογράφησης.

Ο φωνογράφος του Edison αντέγραφε μηχανικά την κυματομορφή του ήχου στο αυλάκι του μαλακού κεριού στον κύλινδρο. Ο ηλεκτρικός εγγραφέας της Western Electric μετέτρεπε τον ήχο σε διάφορες τάσεις του ρεύματος. Το σήμα αυτό μπορούσε να μετατραπεί ξανά σε κυματομορφή στο αυλάκι ενός δίσκου, ή μπορούσε να αποθηκευτεί σε μαγνητική ταινία στην οποία οι διάφορες περιοχές μαγνητισμού αντιστοιχούσαν στις εναλλαγές του ηλεκτρικού ρεύματος. Η ψηφιακή ηχογράφηση μετέτρεψε το ηχητικό κύμα σε ένα παλλόμενο ηλεκτρικό ρεύμα που μετριέται και εκφράζεται ως δυαδικός κώδικας ψηφίων.

3.2. Ο δυαδικός κώδικας και τα πρώτα μηχανήματα

Οι δυαδικοί κώδικες είναι ουσιαστικά σύνολα από ηλεκτρικούς παλμούς ανοιχτού-κλειστού (on-off) που συνήθως αναπαρίστανται με “1” και “0”. Οι σύνθετοι αριθμοί αναπαρίστανται με σύνολα αποτελούμενα από “1” και “0”: ένας κώδικας 3-bit έχει τρία “0” και “1”, ένας κώδικας των 5-bit αποτελείται από 5 κ.ο.κ. Ο δυαδικός κώδικας των 16-bit, ο οποίος χρησιμοποιείται στην ψηφιακή ηχογράφηση, μπορεί να μετρήσει μέχρι και 65.000 επίπεδα τάσης και κατά συνέπεια μπορεί να δημιουργήσει εξαιρετικά ακριβή δείγματα του εναλλασσόμενου ρεύματος. Το ηλεκτρικό ρεύμα που έρχεται από ένα μικρόφωνο δειγματίζεται 40.000 φορές ανά δευτερόλεπτο ώστε να δημιουργήσει τον δυαδικό κώδικα. Τη δεκαετία του '70, αρκετές εταιρείες παγκοσμίως άρχισαν να πειραματίζονται με τον ψηφιακό ήχο.

Στην RCA, αναπτύχθηκε ένα σύστημα οπτικού βιντεοδίσκου με το όνομα Selectavision, το οποίο είχε μία ηλεκτρική βελόνα για να διαβάζει τις αλλαγές στη χωρητικότητα στο δίσκο. Η μεγαλύτερη πρόκληση ήρθε από τη Philips, της οποίας ο οπτικός βιντεοδίσκος, Laservision, είχε μία ακτίνα λέιζερ για να διαβάζει την πληροφορία από τον περιστρεφόμενο δίσκο, που είχε ένα στρώμα από αντανακλαστικό μέταλλο το οποίο περιείχε την κωδικοποιημένη πληροφορία.

Το Laservision δεν έγινε εμπορική επιτυχία, απέδειξε όμως ότι μία τόσο ευαίσθητη συσκευή μπορεί να παραχθεί μαζικά και να αποτελέσει ένα φθινό και ανταγωνιστικό προϊόν.

Ο οπτικός αποκωδικοποιητής λέιζερ εφαρμόστηκε για να διαβάζει τους δυαδικούς κώδικες του ψηφιακού ήχου, και μέχρι το τέλος του 1970, η εταιρεία Philips έφτιαξε ένα τέτοιο σύστημα. Ο δυαδικός κώδικας αποτυπώνονταν στην κάτω πλευρά του περιστρεφόμενου δίσκου σε λεπτά αυλάκια, όπου τα “0” ήταν τα αυλάκια και τα “1” ήταν οι λείες περιοχές του δίσκου. Η ακτίνα λέιζερ μετακινούνταν από το κέντρο του δίσκου προς την άκρη του, και κάθε αυλάκι αντανακλούσε το φως με διαφορετικό τρόπο. Ο micro-groove δίσκος έσωζε ως δια μαγείας σε μόλις μερικές χιλιάδες της ίντσας, όμως το λέιζερ λειτουργούσε σε αποστάσεις που μετρούνταν σε δισεκατομμυριοστά του μέτρου, τη νανοκλίμακα.

3.3. Ψηφιακοί Δίσκοι Ήχου

3.3.1. CD

Γύρω στο 1979, η Philips, άρχισε να δουλεύει πάνω σε ένα σύστημα αναπαραγωγής ψηφιακού δίσκου ήχου (DAD-Digital Audio Disk). Το σύστημα αυτό αποτελούνταν από κάτι πολύ παραπάνω από τη βασική ιδέα της μετατροπής του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος σε κυματομορφή πάνω στο δίσκο. Η σπειροειδής γραμμή των αυλακιών πάνω στον οπτικό δίσκο κρατάει ένα μεγάλο αριθμό πληροφοριών: τα αριστερά και τα δεξιά track του δίσκου στο στερεοφωνικό σύστημα αναγνωρίζονται, και μία ακολουθία από λακκούβες ελέγχει την ταχύτητα του μοτέρ και διορθώνει τα λάθη στο δυαδικό κώδικα που γίνονται κατά τη διάρκεια του διαβάσματος από το λέιζερ.

Την έρευνα αυτή τη διεξήγαγε σε συνεργασία με την εταιρεία Sony Corporation της Ιαπωνίας, η οποία είχε φτιάξει μία ανώτερη μέθοδο κωδικοποίησης του ψηφιακού ήχου. Οι δυαδικοί κώδικες που συγκρατούσαν την πληροφορία χειρίζονταν από το σύστημα των 16-bit της Sony. Επίσης χρησιμοποίησαν το PCM τσιπ τους για μετατροπή από αναλογικό σε ψηφιακό. Οι δύο αυτές εταιρείες μαζί παρήγαγαν τον εμπορικό ψηφιακό δίσκο αναπαραγωγής με την ονομασία compact disk (CD).

Η Ιαπωνική εταιρεία Victor Company, ανέπτυξε τη δική της εκδοχή για ψηφιακή ηχογράφηση από το σχέδιο του βιντεοδίσκου VHD. Ονομάστηκε AHD (Audio High Density Disk). Το σύστημα AHD χρησιμοποιούσε αντί για CD, έναν δίσκο βινυλίου 10 ιντσών. Κάθε ψηφιακό σύστημα ηχογράφησης χρησιμοποιούσε διαφορετικό PCM τσιπ, το οποίο είχε διαφορετικό ρυθμό δειγματοληψίας του ηχητικού σήματος.

Το CD αντιπροσώπευε το αποκορύφωμα της τεχνολογίας ηχογράφησης. Με απλά λόγια, δημιουργήθηκε επιτέλους ένα σύστημα στο οποίο δεν υπήρχε εξωτερικός θόρυβος: κανένας θόρυβος από την επιφάνεια του δίσκου (scratches και pops), καθόλου tape hiss και καθόλου βουητό. Ο λόγος σήματος-προς-θόρυβο του CD είναι 96 dB.

Εκτός από την τέλεια αναπαραγωγή του ήχου, η διάρκεια του χρόνου αναπαραγωγής ήταν πολύ μεγαλύτερη από αυτήν του micro-groove δίσκου και της κασέτας. Τα 75 λεπτά ήχου που μπορούν να αποθηκευτούν στο CD υπερβαίνουν κατά πολύ το χρόνο διάρκειας οποιουδήποτε άλλου συστήματος.

Το cd player έδινε στο χρήστη τη δυνατότητα της τυχαίας επιλογής και με τα υπέρυθρα τηλεχειριστήρια δεν χρειαζόταν να αφήσει την άνεση της πολυθρόνας του.

Το πιο σημαντικό επίτευγμα της ψηφιακής αναπαραγωγής ήταν ότι σε αντίθεση με τους δίσκους βινυλίου και τη μαγνητοταινία, το CD παίζει χωρίς να αλλοιώνεται. Κάθε φορά που ο χρήστης παίζει μια κασέτα ή ένα δίσκο, δημιουργείται στο μέσο ένα ποσοστό αλλοίωσης. Αντίθετα, η ψηφιακή αναπαραγωγή δεν υφίσταται επιδείνωση με την πάροδο του χρόνου.

3.3.1.1. Διαφορές

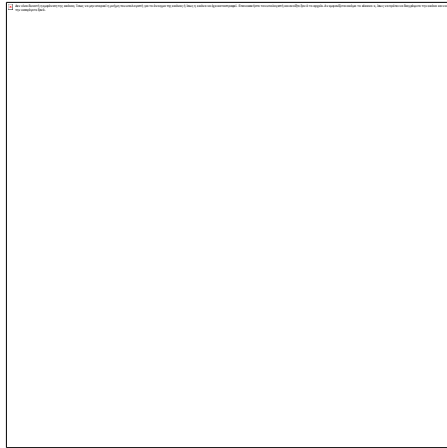
Ένα CD single (ψηφιακός δίσκου χωρητικότητας ενός κομματιού) είναι το ψηφιακό ισοδύναμο ενός single 45 rpm (στροφών ανά λεπτό). Δύναται να συμπεριλάβει περίπου 20 λεπτά μουσικής και είναι πλήρως συμβατό με οποιαδήποτε συσκευή CD. Ένα CD βίντεο (CDV) περιλαμβάνει 20 λεπτά ψηφιακού ήχου και μπορεί να αναπαραχθεί σε μια συνηθισμένη συσκευή CD και 6 λεπτά βίντεο με ψηφιακό ήχο. Για να αναπαραχθεί το κομμάτι του βίντεο χρειάζεται ένα Video Disc Play (συσκευή αναπαραγωγής βίντεο) ή ένα Multi Disc Player (συσκευή πολλαπλής αναπαραγωγής δίσκων - MDP).

Τα Multi Disc Players είναι σε θέση να αναπαράγουν τόσο Compact Discs (CDs) όσο και Laser Discs (LDs). Οι οπτικοί δίσκοι που περιλαμβάνουν ενδείξεις βίντεο μπορούν να διακριθούν από εκείνους που περιέχουν μόνο ψηφιακό ήχο από το χρώμα τους. Τα CDVs (CD βίντεο) έχουν μια χρυσή λάμψη ενώ τα CDs και τα CD singles έχουν μία ασημένια λάμψη.

3.3.1.2. Υλικές λεπτομέρειες

Το CD είναι κατασκευασμένο από πολυανθρακικό πλαστικό πάχους 1.2 mm (0.47 in) και βάρους 15-20 γραμμαρίων. Από το κέντρο προς τα έξω, αποτελείται από τα εξής στοιχεία: την τρύπα του άξονα περιστροφής, την πρώτη περιοχή μετάβασης (clamping ring), την περιοχή σύσφιξης (stacking ring), τη δεύτερη περιοχή μετάβασης (mirror band), την περιοχή προγράμματος (δεδομένων) και το στεφάνι. Η εσωτερική περιοχή προγράμματος καλύπτει μια ακτίνα από 25 έως 28 mm.

Ένα λεπτό στρώμα αλουμινίου ή, πιο σπάνια, χρυσού εφαρμόζεται στην επιφάνεια του δίσκου καθιστώντας τον ανακλαστικό. Το μέταλλο προστατεύεται από μία μεμβράνη από βερνίκι, η οποία εφαρμόζεται απευθείας πάνω στο ανακλαστικό στρώμα. Η μάρκα τυπώνεται πάνω στο στρώμα βερνικιού είτε με μεταξοτυπία είτε με εκτύπωση offset.



3.a. Διάγραμμα στρωμάτων του CD.

- A. Ένα πολυανθρακικό στρώμα φέρει τα κωδικοποιημένα δεδομένα.
- B. Ένα γυαλιστερό στρώμα αντανακλά το λέιζερ.
- C. Ένα στρώμα βερνικιού προστατεύει το γυαλιστερό στρώμα.
- D. Το σχέδιο τυπώνεται στο πάνω μέρος του δίσκου.
- E. Μία δέσμη λέιζερ διαβάζει το CD και ανακλάται πίσω στον αισθητήρα, ο οποίος τη μετατρέπει σε ηλεκτρονικά δεδομένα.

Τα δεδομένα του CD αποθηκεύονται ως μια σειρά από κοιλότητες γνωστές ως “pits”, κωδικοποιημένες σε μια σπειροειδή τροχιά και αποτυπωμένες πάνω στο πολυανθρακικό στρώμα. Οι περιοχές ανάμεσα στα “pits” είναι γνωστές ως “lands”. Κάθε pit έχει βάθος 100 nm και πλάτος 500 nm ενώ το μήκος τους ποικίλει από 850 nm έως 3.5 μm. Η απόσταση μεταξύ των tracks, το pitch, είναι 1.6 μm.

Η ταχύτητα σάρωσης είναι 1.2- 1.4 m/sec (σταθερή γραμμική ταχύτητα), που ισοδυναμεί με 500 rpm στο εσωτερικό μέρος του δίσκου, και 200 rpm στο εξωτερικό μέρος. Ένας δίσκος που παίζει από την αρχή ως το τέλος, επιβραδύνει κατά την αναπαραγωγή.

Η περιοχή προγράμματος είναι 86.05 cm² και το μήκος της εγγράψιμης σπείρας είναι (86.05 cm² / 1.6 μm) = 5.38 km. Με ταχύτητα σάρωσης 1.2 m/sec, η διάρκεια αναπαραγωγής είναι 74 λεπτά ή 650 MB δεδομένων σε CD-ROM. Ένας δίσκος με δεδομένα πιο “στριμωγμένα” μπορεί να αναπαραχθεί από τα περισσότερα players (αν και σε ορισμένα δεν επιτυγχάνεται η αναπαραγωγή). Χρησιμοποιώντας μια ταχύτητα των 1.2 m/sec, ο χρόνος αναπαραγωγής φτάνει τα 80 λεπτά, ή 700 MB χωρητικότητα δεδομένων. Μπορούν να επιτευχθούν μέχρι και 99 λεπτά χωρητικότητα σε μη τυποποιημένους δίσκους, αλλά σε γενικές γραμμές όσο πιο συμπιεσμένα είναι τα tracks τόσο χειροτερεύει και η συμβατότητα.

Το CD διαβάζεται με την εστίαση ενός λέιζερ ημιαγωγού, με μήκος κύματος 780 nm (κοντά στο υπέρυθρο), στο κάτω μέρος του πολυανθρακικού στρώματος. Η εναλλαγή του ύψους ανάμεσα στα pits και τα lands έχει ως αποτέλεσμα τη διαφοροποίηση του τρόπου με τον οποίο ανακλάται το φως. Τα δεδομένα διαβάζονται από τον δίσκο μετρώντας την αλλαγή έντασης με μία φωτοδίοδο.

Τα pits και lands από μόνα τους δεν αναπαριστούν άμεσα τα “0” και “1” των δυαδικών δεδομένων. Αντίθετα χρησιμοποιείται η ανεστραμμένη μη-επιστροφή-από το μηδέν (non-return-to-zero): η εναλλαγή από pit σε land ή από land σε pit υποδηλώνει ένα “1”, ενώ καμία εναλλαγή υποδηλώνει μια σειρά από “0”. Πρέπει να υπάρχουν το λιγότερο δύο, και όχι πάνω από δέκα μηδενικά ανάμεσα σε κάθε “1”, το οποίο καθορίζεται από το μήκος του pit. Αυτό με τη σειρά του αποκωδικοποιείται με την αντιστροφή της διαμόρφωσης οχτώ-προς-δεκατέσσερα (eighth-to-fourteen modulation) που χρησιμοποιείται στο mastering του δίσκου και έπειτα αντιστρέφοντας την Cross-Interleaved Reed-Solomon Coding^[10], αποκαλύπτονται εντέλει τα αρχικά δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στον δίσκο.

Τα CD είναι επιρρεπή στη φθορά που προέρχεται από τη φυσιολογική χρήση αλλά και από την έκθεση στο περιβάλλον. Τα pits βρίσκονται πολύ πιο κοντά στην πλευρά της ετικέτας του δίσκου, και έτσι οι φθορές και οι ρύποι στην καθαρή πλευρά του δίσκου (χωρίς ετικέτα) είναι εκτός εστίασης κατά τη διάρκεια αναπαραγωγής. Κατά συνέπεια τα CD είναι πιο πιθανό να υποστούν βλάβη από την πλευρά της ετικέτας του δίσκου. Οι γρατζουνιές στην καθαρή πλευρά μπορούν να επιδιορθωθούν είτε με το να γεμιστούν με κάποιο ανακλαστικό πλαστικό είτε με πολύ προσεκτικό γυάλισμα.

Τα ψηφιακά δεδομένα στο CD ξεκινούν στο κέντρο του δίσκου και συνεχίζουν προς το άκρο, επιτρέποντας έτσι την προσαρμογή στα διάφορα μεγέθη που υπάρχουν διαθέσιμα. Τα τυπικά CD είναι διαθέσιμα σε δύο μεγέθη. Το πλέον συνηθισμένο έχει διάμετρο 120 mm, με χωρητικότητα ήχου 74 ή 80 λεπτά και χωρητικότητα δεδομένων 650 ή 700 MB. Η χωρητικότητα αυτή ορίστηκε από το στέλεχος της Sony, Norio Ohga, ώστε να μπορεί να περιέχεται σε ένα δίσκο όλη η Ενάτη Συμφωνία του Μπετόβεν. Η διάμετρος αυτή υιοθετήθηκε και από άλλες μορφές όπως το Super Audio CD, το DVD, το HD DVD και το Blu-ray Disc. Δίσκοι των 80 mm σχεδιάστηκαν ως CD singles και μπορούν να χωρέσουν έως και 24 λεπτά μουσικής ή 210 MB δεδομένων αλλά δεν έγιναν ποτέ δημοφιλή. Σήμερα, σχεδόν όλα τα single κυκλοφορούν σε CD των 120 mm που ονομάζεται Maxi single.

Υπάρχουν διάφορα νέα CD διαθέσιμα, σε διάφορα μεγέθη και σχήματα αλλά τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως για λόγους marketing. Μία κοινή παραλλαγή είναι το “business card” CD, ένα single που έχουν αφαιρεθεί κομμάτια από το πάνω και κάτω μέρος του, κάνοντας τον δίσκο να μοιάζει με επαγγελματική κάρτα.

Πίνακας 3.Α. Χαρακτηριστικά τύπων CD.

Φυσικό (mm)	Μέγεθος	Χωρητικότητα Ήχου (min)	CD-ROM Χωρητικότητα Δεδομένων (MB)	Μέγεθος
120		74–99	650–870	Standard
80		21–24	185–210	Mini-CD
85x54 – 86x64		~6	10-65	BusinessCard

3.3.1.3. Audio CD



3.b. Η μορφή του Compact Disc Digital Audio και το λογότυπό του.

Η λογική μορφή ενός audio CD (επίσημα Compact Disc Digital Audio ή CD-DA) περιγράφεται σε ένα έγγραφο των δύο κοινών δημιουργών του, τις εταιρείες Sony και Philips, το 1980. Το έγγραφο αυτό, ευρέως γνωστό και ως Red Book πήρε την ονομασία του από το χρώμα του εξωφύλλου του. Η μορφή του είναι PCM κωδικοποίηση 16-bit, δύο καναλιών σε συχνότητα δειγματοληψίας 44.1 kHz ανά κανάλι. Ο ήχος τεσσάρων καναλιών ήταν εφικτός με βάση το Red Book, όμως δεν εφαρμόστηκε ποτέ ενώ ο μονοφωνικός ήχος δεν υπήρξε ποτέ ως επιλογή στο Red Book. Το μονοφωνικό ηχητικό υλικό αναπαρίσταται ως δύο πανομοιότυπα κανάλια σε ένα στερεοφωνικό track.

3.3.1.4. Συχνότητα δειγματοληψίας 44.1

Η επιλογή της συχνότητας δειγματοληψίας βασίστηκε στη βασική ανάγκη να αναπαραχθεί το εύρος συχνοτήτων 20 Hz – 20 kHz, το οποίο είναι αντιληπτό στο ανθρώπινο αυτί. Σύμφωνα με το θεώρημα δειγματοληψίας Nyquist-Shannon, ο ρυθμός δειγματοληψίας πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσιος της μέγιστης συχνότητας του σήματος προς ηχογράφηση, δηλαδή το λιγότερο 40 kHz. Ο ακριβής ρυθμός δειγματοληψίας των 44.1 kHz προέκυψε από μία μέθοδο μετατροπής ψηφιακού ήχου σε αναλογικό video σήμα για να αποθηκεύεται σε μια U-matic video tape, που ήταν ο πιο οικονομικός τρόπος μεταφοράς δεδομένων από το στούντιο ηχογράφησης στον κατασκευαστή CD. Η συσκευή η οποία μετατρέπει το αναλογικό σήμα ήχου σε ήχο PCM, το οποίο με τη σειρά του αλλάζει σε αναλογικό video σήμα, ονομάζεται PCM adaptor (μετασχηματιστής). Η τεχνολογία αυτή μπορούσε να αποθηκεύσει έξι δείγματα (τρία

δείγματα ανά στερεοφωνικό κανάλι) σε μία μονή οριζόντια γραμμή. Το πρότυπο video σήματος NTSC έχει 245 γραμές ανά πεδίο και 59.9 πεδία και έτσι προκύπτουν 44,056 δείγματα/sec/stereo κανάλι. Το σύστημα αυτό μπορούσε να αποθηκεύσει δείγματα 14-bit με μερική διόρθωση λάθους (error correction) ή δείγματα 16-bit χωρίς σχεδόν καμία διόρθωση λάθους.

Υπήρξε μεγάλη διαμάχη σχετικά με τη χρήση του κβαντισμού των 14-bit (Philips) ή του 16-bit (Sony), και των 44,056 ή των 44,100 δειγμάτων/sec (Sony) ή των 44,000 δειγμάτων/sec (Philips). Όταν η ομάδα εργασίας των Sony/Philips σχεδίασαν το Compact Disc, η Philips είχε ήδη αναπτύξει έναν D/A converter 14-bit, όμως η Sony επέμενε στα 16-bit. Εντέλει υπερίσχυσαν τα 16-bits και τα 44.1 kilosamples/sec.

3.3.1.5. Χωρητικότητα Αποθήκευσης / Διάρκεια Αναπαραγωγής

Στόχος των εταιρειών ήταν τα 60 λεπτά διάρκεια αναπαραγωγής με διάμετρο δίσκου 100mm (Sony) ή 115 mm (Philips). Ο αντιπρόεδρος της Sony, Norio Ohga, πρότεινε την επέκταση της διάρκειας στα 74 λεπτά ώστε να χωρέσει την ηχογράφηση του Wilhelm Furtwangler της Συμφωνίας No.9 του Ludwig van Beethoven. Τα 14 επιπλέον λεπτά απαιτούσαν κατά συνέπεια την αλλαγή της διαμέτρου στα 120 mm. Η διάρκεια των 74 λεπτών του CD, που ήταν παραπάνω από τα 20 λεπτά ανά πλευρά των LP άλμπουμ βινυλίου, συχνά χρησιμοποιούνταν ως πλεονέκτημα των CD τα πρώτα χρόνια, όταν τα CD συναγωνίζονταν σε πωλήσεις τα LP. Συχνά έβγαιναν στην κυκλοφορία CD με ένα ή και περισσότερα bonus tracks προσελκύοντας τους καταναλωτές να αγοράσουν το CD για το επιπλέον υλικό. Εντούτοις, οι προσπάθειες να συνδυάσουν τα διπλά LP σε ένα μόνο CD είχε συχνά το αντίθετο αποτέλεσμα, στο οποίο το CD προσέφερε λιγότερα κομμάτια από το αντίστοιχο LP.

3.3.1.6. Δομή Δεδομένων

Το μικρότερο κομμάτι ενός CD ονομάζεται frame, αποτελείται από 33 bytes και περιέχει έξι stereo samples των 16-bit ($2 \text{ bytes} \times 2 \text{ κανάλια} \times 6 \text{ samples} = 24 \text{ bytes}$). Τα υπόλοιπα 9 bytes αποτελούνται από 8 error-correction bytes και ένα subcode byte, που χρησιμοποιούνται για έλεγχο και απεικόνιση. Κάθε byte μεταφράζεται σε μια λέξη 14-bit, η οποία εναλλάσσεται με συγχωνευμένες λέξεις των 3-bit. Συνολικά υπάρχουν $33 \times (14 + 3) = 561 \text{ bits}$. Στο σύνολο αυτό, προστίθεται μία 27-bit λέξη συντονισμού κι έτσι ο συνολικός αριθμός των bit μέσα σε ένα frame ανέρχεται στα 588.

Αυτά τα 588-bit frames με τη σειρά τους ομαδοποιούνται σε τομείς. Κάθε τομέας έχει 98 frames, συνολικά $98 \times 24 = 2352$ bytes μουσικής. Το CD παίζει στην ταχύτητα των 75 τομέων ανά δευτερόλεπτο, δηλαδή 176.000 bytes ανά δευτερόλεπτο. Διαιρώντας τα σε δύο κανάλια και 2 byte ανά δείγμα έχουμε ως αποτέλεσμα συχνότητα δειγματοληψίας 44.100 δείγματα ανά δευτερόλεπτο.

3.3.1.7. Σύστημα εγγραφής και ανάγνωσης του CD

Τα δεδομένα σε ένα ψηφιακό δίσκο (CD) είναι καταγεγραμμένα στο υπόδειγμα με την χρήση μιας ακτίνας laser φωτογραφικά, για την παραγωγή εσοχών στην επιφάνεια του δίσκου σε μια δεξιόστροφη σπειροειδή τροχιά ξεκινώντας από το κέντρο του δίσκου. Μάλιστα, πάνω στον δίσκο χρήσης, οι εσοχές είναι στην πραγματικότητα εξογκώματα. Μπορούν να εντοπιστούν εστιάζοντας μια ακτίνα laser πάνω στην επιφάνεια του δίσκου: αν δεν υπάρχει καμία αλλοίωση στην επιφάνεια, το περισσότερο φως που πέφτει στην επιφάνεια (το οποίο είναι υψηλής ανάκλασης) θα επιστρέψει στην ίδια κατεύθυνση. Όμως, αν υπάρχει παρουσία αλλοίωσης, το φως θα διασπαρθεί και μόνο ένα μικρό τμήμα του θα επιστρέψει στην αρχική του κατεύθυνση. Ο δίσκος διαθέτει διαφανές προστατευτικό στρώμα πάχους 1 χιλιοστού πάνω από το ανακλαστικό στρώμα δηλ. τις εσοχές. Ακόμα πιο σημαντικό, το εστιακό μέγεθος της ακτίνας laser έχει διάμετρο περίπου 1 χιλιοστό στην επιφάνεια του δίσκου, αλλά είναι τόσο μικρό όσο 1,7 μm (μικρόμετρα) σε όλο το ανακλαστικό στρώμα. Αυτό σημαίνει πως ένα μόριο σκόνης ή μία γρατζουνιά στην επιφάνεια του δίσκου είναι κυριολεκτικά εκτός εστίασης από τον μηχανισμό του αισθητήρα. Προφανώς ο έλεγχος της εστίασης πρέπει να είναι εξαιρετικά ακριβής.

3.3.1.8. Ηχητικό σήμα

Το ηχητικό σήμα συνήθως αποτελείται από δύο κανάλια ήχου που είναι κβαντοποιημένα με γραμμικό σύστημα κβαντοποίησης 16 bit σε συχνότητα δειγματοληψίας στα 44.1 kHz. Κατά τη διάρκεια της καταγραφής είναι δυνατό να εφαρμοστεί το κύκλωμα pre-emphasis (ελαφριά ώθηση των υψηλότερων συχνοτήτων). Οι προδιαγραφές του pre-emphasis για το μορφότυπο του ψηφιακού δίσκου έχουν συμφωνηθεί στα 50 και 15 μs (μικροδευτερόλεπτα ή 3183 και 10610 Hz).

Συνεπώς, η συσκευή αναπαραγωγής πρέπει σε αυτήν την περίπτωση να εφαρμόσει με παρόμοιο τρόπο το κύκλωμα de-emphasis (επαναφορά των υψηλότερων συχνοτήτων στην αρχική τους κατάσταση) στο αποκωδικοποιημένο σήμα για να αποκτήσει μια

επίπεδη φασματική απόκριση.

Ένας συγκεκριμένος κώδικας ελέγχου που καταγράφεται μαζί με το ηχητικό σήμα στον ψηφιακό δίσκο χρησιμοποιείται για να ενημερώσει την συσκευή αναπαραγωγής αν θα χρησιμοποιηθεί το pre-emphasis και έτσι η συσκευή αλλάζει και εναρμονίζεται στο αντίστοιχο κύκλωμα de-emphasis.

Εναλλακτικά, η πληροφορία ήχου στο CD εμπεριέχει τέσσερα μουσικά κανάλια αντί για δύο: αυτό προσδιορίζεται επίσης από έναν κώδικα ελέγχου για να επιτρέψει την αυτόματη εναλλαγή των συσκευών αναπαραγωγής που είναι εξοπλισμένες με εγκατάσταση αναπαραγωγής τεσσάρων καναλιών. Παρόλα αυτά, κατά την εισαγωγή των ψηφιακών δίσκων, δεν υπήρχαν άμεσα σχέδια για δίσκους και συσκευές αναπαραγωγής τεσσάρων καναλιών, η πιθανότητα για μεταγενέστερη διανομή είχε ήδη προβλεφθεί στο πρότυπο.

3.3.1.9. Επιπρόσθετες πληροφορίες

Πριν την έναρξη ενός μουσικού προγράμματος, μία ένδειξη «εισαγωγής» καταγράφεται στο CD. Όταν εισάγεται ένα CD οι περισσότερες συσκευές αναπαραγωγής διαβάζουν αμέσως αυτήν την ένδειξη εισαγωγής, η οποία περιέχει έναν «πίνακα περιεχομένων» (TOC-Table Of Contents). Το TOC περιέχει πληροφορίες για τα περιεχόμενα του δίσκου, όπως το σημείο έναρξης κάθε επιλογής ή κομματιού, τα νούμερα των επιλογών, την διάρκεια κάθε επιλογής. Αυτή η πληροφορία μπορεί να εμφανίζεται στον πίνακα ελέγχου της συσκευής αναπαραγωγής και/ή χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του προγράμματος αναζήτησης.

Στο τέλος του προγράμματος, μια ένδειξη εξαγωγής καταγράφεται κατά τον ίδιο τρόπο η οποία ενημερώνει την συσκευή ότι η αναπαραγωγή έχει ολοκληρωθεί.

Επιπλέον, οι σημαίες έναρξης μουσικής ανάμεσα στις επιλογές, ενημερώνουν την συσκευή πως ακολουθεί μία νέα επιλογή.

Οι επιλογές καταγράφονται στο δίσκο και μπορούν να αριθμηθούν από το 1 έως και το 99. Σε κάθε κομμάτι μπορούν να δοθούν μέχρι και 99 δείκτες, οι οποίοι μπορούν να διαχωρίσουν συγκεκριμένα τμήματα της επιλογής. Ο χρόνος αναπαραγωγής κωδικοποιείται στον δίσκο σε λεπτά, δευτερόλεπτα και 1/75 του δευτερολέπτου : πριν από κάθε επιλογή αυτός ο χρόνος μετρείται αντίστροφα.

Υπάρχει επιπλέον χώρος διαθέσιμος για την κωδικοποίηση άλλων πληροφοριών, όπως τίτλοι, ονόματα ερμηνευτών, στίχοι ακόμα και πληροφορίες γραφημάτων που μπορούν όλα να εμφανιστούν, για παράδειγμα, σε οθόνη TC κατά την διάρκεια αναπαραγωγής.

3.3.1.10. CD PLAYER

Βασικά Υλικά Χαρακτηριστικά:

- **Οπτική κεφαλή ανάγνωσης τύπου T:** Η σχηματική παράσταση μιας οπτικής κεφαλής ανάγνωσης τύπου τριών ακτινών που χρησιμοποιείται σε συσκευές αναπαραγωγής CD. Η διαδρομή της ακτίνας laser μέσω της μονάδας είναι η εξής: Η ακτίνα laser προέρχεται από την δίοδο laser. Περνάει μέσα από το διάφραγμα της διάθλασης, δημιουργώντας δύο δευτερεύουσες ακτίνες που ονομάζονται **παράπλευρες ακτίνες**, οι οποίες χρησιμοποιούνται από ένα κύκλωμα ελέγχου ανίχνευσης (tracking servo circuit) για την σωστή διατήρηση της ανίχνευσης πάνω στον δίσκο.

Η ακτίνα εισέρχεται σε ένα πρίσμα πόλωσης (ονομάζεται διαχωριστής ακτίνας) και μόνο το κάθετο φως πόλωσης περνάει. Η ακτίνα φωτός, που εξακολουθεί να είναι αποκλίνουσα σε αυτό το στάδιο, συγκλίνει σε μία παράλληλη ακτίνα από τον φακό ευθυγράμμισης και περνώντας μέσω μίας πλάκας κύματος του $1/4$, όπου το επίπεδο πόλωσης της ακτίνας, είναι παραμορφωμένο κατά 45 μοίρες. Τότε η ακτίνα laser εστιάζεται από έναν απλό φακό πάνω στην επιφάνεια της εσοχής του δίσκου. Ο απλός φακός είναι μέρος ενός μηχανισμού ελέγχου (servo control mechanism), που είναι γνωστός σαν μηχανισμός δύο αξόνων (two axes device).

Η ακτίνα αντανακλάται από την επιφάνεια καθρέπτη του δίσκου, συγκλίνοντας από τον φακό του μηχανισμού δύο αξόνων μέσα σε μία παράλληλη ακτίνα και εφαρμόζεται εκ νέου πάνω σε μια πλάκα κύματος του $1/4$. Ξανά, το επίπεδο πόλωσης του φωτός παραμορφώνεται κατά 45 μοίρες, έτσι ώστε το συνολικό ποσοστό παραμόρφωσης να διαμορφωθεί στις 90 μοίρες, με άλλα λόγια, η κάθετη πόλωση της ακτίνας laser έχει υποστεί στρέβλωση για να γίνει οριζόντια πόλωση.

Μετά το πέρασμα από τον φακό ευθυγράμμισης, η ακτίνα laser συγκεντρώνεται πάνω σε μια επίπεδη επιφάνεια στο πρίσμα πόλωσης. Τώρα, οριζόντια πολωμένη, η ακτίνα ανακλάται εσωτερικά από την επίπεδη επιφάνεια του πρίσματος προς το τμήμα ανίχνευσης της κεφαλής ανάγνωσης.

Στο τμήμα ανίχνευσης, ο κυλινδρικός φακός εστιάζει την ακτίνα laser σε μία μόνο πλάκα, πάνω σε έξι φωτό-ανιχνευτές, δηλαδή, τέσσερις κύριοι ανιχνευτές στίγματος και δύο παράπλευροι ανιχνευτές στίγματος, καθιστούν δυνατή την ανάγνωση της πληροφορίας της εσοχής από τον δίσκο.

- **FOP: Επίπεδου τύπου οπτική κεφαλή ανάγνωσης:** Τα μεταγενέστερα μοντέλα χρησιμοποιούν μία επίπεδου τύπου οπτική κεφαλή ανάγνωσης FOP (Flat type Optical Pickup). Στις FOP χρησιμοποιείται ένα μη πολωμένο πρίσμα και όχι πλάκα κύματος του 1/4. Το μη πολωμένο πρίσμα είναι ένας μισός καθρέπτης ο οποίος ανακλά το μισό του φωτός που προσπίπτει και επιτρέπει να περάσει το άλλο μισό. Αυτό σημαίνει πως το μισό του φωτός περνά μέσα από το πρίσμα και επιστρέφει αφού έχει ανακλαστεί από τον καθρέπτη. Αυτή η δευτερεύουσα ακτίνα, 50% από την αρχική, ανακλάται ξανά για 50% και περνώντας από μέσα για 50% ακόμα, ώστε κατ' αυτόν τον τρόπο η ένταση της ακτίνας φωτός που προκύπτει να είναι $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ από την αρχική ακτίνα.

Το νέο αξίωμα καθιστά δυνατό την εξάλειψη της επιρροής της διπλής διάθλασης (δηλ. την αλλαγή της γωνίας εκτροπής όταν αντανακλάται από την επιφάνεια του δίσκου), που προκαλείται από δίσκους με ακαθαρσίες στον καθρέπτη.

- **Ο μηχανισμός δύο αξόνων:** Οι οπτικές κεφαλές ανάγνωσης περιέχουν έναν μηχανισμό κίνησης για τον έλεγχο της θέσης των αντικειμενικών φακών. Η συσκευή αναπαραγωγής ψηφιακού δίσκου (CD), λόγω της απουσίας οποιασδήποτε επαφής μεταξύ του δίσκου και της κεφαλής ανάγνωσης, επιβάλλεται να διαθέτει λειτουργίες αυτόματης εστίασης και αυτόματης ανίχνευσης.

Αυτές οι λειτουργίες εκτελούνται από τα κυκλώματα ελέγχου ανίχνευσης και εστίασης (focus and tracking servo circuits) μέσω του μηχανισμού δύο αξόνων, επιτρέποντας την κίνηση του αντικειμενικού φακού σε δύο άξονες : κάθετα για την διόρθωση της εστίασης και οριζόντια για την ακολουθία των κομματιών. Η εικόνα 10.20 παρουσιάζει μία τέτοια δομή μηχανισμού δύο αξόνων.

Η αρχή της λειτουργίας είναι εκείνη του κινούμενου πηνίου μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο. Δύο πηνία, το πηνίο εστίασης και το πηνίο ανίχνευσης αναστέλλονται μεταξύ των μαγνητών, δημιουργώντας δύο μαγνητικά πεδία. Ένα ρεύμα μέσω και των δύο πηνίων, λόγω του μαγνητικού πεδίου, θα αναγκάσει το πηνίο να υποβληθεί σε μία δύναμη που ωθεί το πηνίο στην αντίστοιχη κατεύθυνση.

3.3.2. Μίνι Δίσκοι (Mini Discs)



3.c. Το Sony MZ1 MiniDisc player, το πρώτο που διατέθηκε στην αγορά, το 1992.

3.3.2.1. ATRAC

Τα αρχικά ATRAC σημαίνουν Adaptive TRansform Acoustic Coding (προσαρμοστικός μετασχηματισμός της ακουστικής κωδικοποίησης). Διαβάζοντας το προσεκτικά, οι πιο σημαντικές ενέργειες του συστήματος ATRAC γίνονται εμφανείς.

Ο εισαγόμενος ήχος κωδικοποιείται σύμφωνα με την μέθοδο μετασχηματισμού η οποία είναι προσαρμόσιμη. Αυτό σημαίνει πως η μέθοδος μετασχηματισμού μπορεί να προσαρμοστεί στην ένδειξη εισαγωγής: αυτό είναι σε συμφωνία με τα ακουστικά φαινόμενα.

Ο κύριος στόχος του συστήματος κωδικοποίησης ATRAC είναι η μείωση της πυκνότητας της πληροφορίας και με αυτόν τον τρόπο η αύξηση του χρόνου εγγραφής σε έναν μικρό δίσκο: όλα αυτά βέβαια χωρίς να υποβαθμίζεται η ποιότητα του ήχου.

Ο αποκωδικοποιητής, από την άλλη πλευρά, θα αποθηκεύσει ξανά τα αυθεντικά δεδομένα ήχου που βασίζονται πάνω στην εισαγωγή συμπιεσμένων δεδομένων. Η λέξη συμπίεση συχνά χρησιμοποιείται για τέτοιου είδους ενέργειες, παρόλο που η σημασία σε αυτή την εφαρμογή δεν είναι απόλυτα όμοια όπως σε ένα περιβάλλον υπολογιστή.

Οι μίνι ψηφιακοί δίσκοι (MD) είναι η πρώτη πραγματική εφαρμογή ευρείας κατανάλωσης όπου το μέσο δεν είναι μια ταινία, αλλά ένας επανεγγράψιμος δίσκος, με όλα του τα οφέλη.

Όταν οι ψηφιακοί δίσκοι (CD) βγήκαν στην αγορά, η μετατροπή από τον αναλογικό ήχο στα ψηφιακά δεδομένα εκτελέστηκε με έναν αρκετά ευθύ τρόπο. Με άλλα λόγια, τα δεδομένα είναι μια πραγματική εκπροσώπηση του αναλογικού ήχου. Αυτή η μέθοδος μετατροπής χρειάζεται μια τεράστια ποσότητα δεδομένων αν θέλουμε να έχουμε μια

ακριβή εκπροσώπηση της απόδοσης ήχου.

Όσον αφορά τα Mini Discs, υπήρχε η ανάγκη για έναν ακόμα μικρότερο δίσκο για να κάνει τη ζωή μας ακόμα πιο εύκολη. Ωστόσο, ένας μικρότερος δίσκος σημαίνει αυτόματα πως η ποσότητα των δεδομένων που θα μπορέσουμε να τοποθετήσουμε είναι επίσης περιορισμένη. Τότε η μόνη λύση είναι η συμπίεση των δεδομένων του ήχου. Το ίδιο έχει ήδη γίνει για τα δεδομένα των υπολογιστών εδώ και αρκετά χρόνια, αλλά η κύρια διαφορά, και μάλιστα το μεγάλο πρόβλημα, είναι πως ο ήχος είναι ένας εξαιρετικά περίπλοκος τύπος δεδομένων: αν επρόκειτο να συμπίεσουμε ήχο με τον ίδιο τρόπο που συμπιέζονται τα κανονικά δεδομένα των υπολογιστών (συνήθως αυτά τα δεδομένα αντιπροσωπεύουν κείμενο και σχέδια), το αποτέλεσμα θα ήταν απόλυτα ανεπαρκές.

Κατά συνέπεια, η συμπίεση χρήζει ειδικής προσοχής όπου τα βασικά ψυχοακουστικά στοιχεία είναι ο παράγοντας κλειδί στις μεθόδους συμπίεσης (και αποσυμπίεσης).

Πρέπει να έχουμε υπ' όψιν πως τα δεδομένα που τοποθετούνται σε ένα MD δεν έχουν πλέον άμεση σχέση με το αναλογικό τους ισοδύναμο. Τώρα τα δεδομένα στον δίσκο έχουν μια εξαιρετικά πολύπλοκη αλγοριθμική δομή, επιτρέποντας σε κάποιον να επαναυπολογίσει και να επαναδομήσει την αυθεντική έκδοση. Ένα κύριο όφελος αυτής της μεθόδου είναι το γεγονός ότι μπορούμε να αλλάξουμε και να ενισχύσουμε αυτούς τους αλγόριθμους χωρίς να αλλάξουμε την ίδια την μουσική και χωρίς να δημιουργήσουμε προβλήματα συμβατότητας.

3.3.2.2. Υλικά χαρακτηριστικά



3.d. Αριστερά: εγγράψιμος τύπος δίσκου

Δεξιά: μη-εγγράψιμος τύπος δίσκου

Εδώ, ένα από τα ειδικά χαρακτηριστικά του Minidisc αμέσως ξεχωρίζει: δεν υπάρχει μόνο ένας τύπος Minidisc αλλά στην πραγματικότητα υπάρχουν δύο:

- Ο πρώτος τύπος είναι το **μη εγγράψιμο Minidisc**: είναι ένας pre-mastered δίσκος που χρησιμοποιεί τεχνολογία CD.
- Ο δεύτερος τύπος είναι ένας **εγγράψιμος** δίσκος χρήστη που χρησιμοποιεί **τεχνολογία CD-MO**(Magneto/Optical-Οπτικομαγνητική).

Εξηγώντας το υλικό σχήμα και την διάταξη του Minidisc, θα πρέπει να θυμόμαστε πως, αν και οι διαστάσεις είναι πάντα οι ίδιες, πραγματικά έχουμε αυτούς τους δύο διαφορετικούς τύπους δίσκων.

Η εμφάνιση ενός Minidisc είναι παρόμοια με μία δισκέτα: το μέσο pre-mastered / εγγραφής είναι ένας δίσκος 2 ιντσών, στεγασμένος μέσα σε ένα περίβλημα και ασφαλισμένος με ένα κλείστρο.

Οι κύριες διαστάσεις είναι οι ακόλουθες :

- Μέγεθος περιβλήματος 72 x 68mm x 5mm
- Βάρος 30γρ.(συμπεριλαμβανομένου του δίσκου)
- Κεντρική τρύπα στο περίβλημα 18mm διάμετρος
- Διάμετρος δίσκου 64mm
- Περιοχή στερέωσης 16.4mm
- Πάχος δίσκου 1.2mm

Υπάρχει μια διακριτή διαφορά στο υλικό σχήμα και την διάταξη μεταξύ των pre mastered δίσκων και των εγγράψιμων.

Στην πρώτη περίπτωση, είναι αναγκαία μόνο η ανάγνωση: γι' αυτό μόνο μια πλευρά του δίσκου χρειάζεται να ανοιχτεί. Σε αυτή την περίπτωση το κλείστρο είναι μόνο στην μία πλευρά, αφήνοντας χώρο στην άλλη πλευρά για ετικετοποίηση (επίδειξη γραφικών, πληροφοριών, κλπ.)

Στην περίπτωση ενός εγγράψιμου τύπου, είναι αναγκαίο να ανοιχτούν και η πάνω και η κάτω πλευρά, γι' αυτό και το κλείστρο ανοίγει και από τις δύο πλευρές.

Όπως στην περίπτωση των περισσότερων μέσων, δίσκων και κασετών, κάποιες τρύπες και/ή διακόπτες χρησιμοποιούνται για πληροφορία πάνω στον ίδιο τον δίσκο. Στο περίβλημα του Minidisc, υπάρχουν δύο σημαντικές τρύπες για ανίχνευση πληροφορίας, μια για τον διαχωρισμό μεταξύ χαμηλής/υψηλής ανακλαστικότητας, και άλλη μια για την ενεργοποίηση προστασίας εγγραφής.

Ο pre-mastered δίσκος είναι τύπου υψηλής ανακλαστικότητας, παρόμοιος με ένα CD και δεν μπορεί να εγγραφεί. Έτσι, δεν έχει καμιά τρύπα χαμηλής ανακλαστικότητας και καμιά καθορισμένη (ανοιχτή) τρύπα προστασίας εγγραφής.

Ο εγγράψιμος δίσκος είναι τύπου χαμηλής ανακλαστικότητας και μπορεί να εγγραφεί. Γι' αυτό το λόγο, διαθέτει μια τρύπα χαμηλής ανακλαστικότητας και δίπλα σε αυτήν υπάρχει ένας διακόπτης αναστολής εγγραφής. Η θέση μερικών ακόμα τρυπών έχουν οριστεί, αλλά τώρα δεν χρησιμοποιούνται: περιλαμβάνονται για πιθανή μελλοντική χρήση.

Σημείωση: ο παράγοντας ανακλαστικότητας ενός δίσκου χρησιμοποιείται για να μετρήσει την ποσότητα του φωτός που θα αντανakλάσει: αυτό εξαρτάται φυσικά από το υλικό που χρησιμοποιείται. Δεν υπάρχει συγκεκριμένη μονάδα για αυτό το αντικείμενο. Στην περίπτωση ενός CD, 70% από το φως που πέφτει πρέπει να αντανakλαστεί, για τους οδηγούς MO (Οπτικομαγνητικοί-χαμηλής ανακλαστικότητας) κυμαίνεται μεταξύ 15% και 30%. Για τα Minidisc, οι οδηγοί MO κυμαίνονται μεταξύ 15% και 25%.

3.3.2.3. Ανάγνωση του δίσκου

- **Ανάγνωση του pre-mastered δίσκου**

Ο δίσκος pre-mastered διαβάζεται προφανώς όμοια με τον ψηφιακό δίσκο (CD). Το επίπεδο δέσμης laser που αντανakλάται από τον ψηφιακό δίσκο ή τον pre-mastered δίσκο εξαρτάται από τις εσοχές που έχουν αποτυπωθεί πάνω στο δίσκο.

Τα τμήματα διπλής αντίχνευσης (PD1 και PD2) είναι αναγκαία τόσο για τους pre-mastered όσο και για τους εγγράψιμους δίσκους.

- **Ανάγνωση του εγγράψιμου δίσκου**

Στο εγγράψιμο μέρος του εγγράψιμου δίσκου, εμπλέκεται ακόμα ένας φυσικός νόμος: η δέσμη laser που αποστέλλεται στον δίσκο θα χτυπήσει την επιφάνεια του δίσκου, θα περάσει διαμέσου του μαγνητικού στρώματος και θα χτυπήσει το ανακλαστικό στρώμα. Με αυτό τον τρόπο, η δέσμη laser θα αντανakλαστεί όμοια με τον ψηφιακό δίσκο (CD) και τον pre-mastered μίνι ψηφιακό δίσκο (Minidisc). Ωστόσο, αφού δεν υπάρχουν εσοχές, το επίπεδο αντανakλασης της δέσμης φωτός είναι συνεχές. Όταν περνά διαμέσου του μαγνητικού στρώματος, λαμβάνει χώρα η αποκαλούμενη επίδραση Kerr: η πόλωση της δέσμης φωτός αλλάζει όταν περνάει μέσα από ένα μαγνητικό μέσο.

Ο εγγράψιμος δίσκος, είναι ένας δίσκος χαμηλής ανακλαστικότητας, αλλά το επίπεδο ανάκλασης θα είναι αρκούντως συνεχές, αντίθετα με τον pre-mastered δίσκο.

3.3.3. Super ψηφιακός δίσκος ήχου (Super Audio CD-SACD)

3.3.3.1. Ιστορία

Από την στιγμή που τα CD, που αναπτύχθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 80, έχουν σχεδόν φτάσει στις υψηλότερες προσδοκίες της ποιότητας ήχου, η Sony και η Phillips ενώθηκαν ακόμη μια φορά για να αναπτύξουν ένα νέο σύστημα με μία εξαιρετικά υψηλή ποιότητα ήχου, ξεπερνώντας το όριο των CD. Για την εξέταση προτάσεων, οι τρεις κύριοι εμπορικοί οργανισμοί της μουσικής βιομηχανίας σχημάτισαν την Διεθνή Συντονιστική Επιτροπή (International Steering Committee-ISC). Αυτοί οι τρεις οργανισμοί αποτελούν την Ένωση Μουσικής Βιομηχανίας της Αμερικής (Recording Industry Association in America-RIAA), την Ένωση Μουσικής Βιομηχανίας της Ιαπωνίας (Recording Industry Association of Japan-RIAJ) και την Διεθνή Ευρωπαϊκή Ομοσπονδία της Φωνογραφικής Βιομηχανίας (Europe's International Federation of Phonographic Industry – IFPI).

Την ίδια στιγμή ενώ αναπτύχθηκε ο super ψηφιακός δίσκος ήχου (SACD), αναπτύχθηκε και ο τύπος DVD-Audio. Αυτοί οι τύποι είναι πολύ όμοιοι και συναγωνίζονται για να αποκτήσουν αποδοχή μέσα στο ίδιο κοινό.

Στο τέλος του 1999, η Sony εγκαινίασε τη νέα της συσκευή αναπαραγωγής super ψηφιακών δίσκων ήχου (SACD), συμμορφούμενη προς όλες τις απαιτήσεις της ISC. Το νέο μορφότυπο SACD επιτρέπει κυρίως ένα πολύ πιο υψηλό εύρος συχνότητας και δυναμικής σε σύγκριση με το συμβατικό CD. Η εισαγωγή στο Direct Stream Digital (DSD) που είναι απαραίτητη για το SACD, συνεπάγεται μιας υψηλότερης ποιότητας μετατροπής από αναλογική σε ψηφιακή και από ψηφιακή σε αναλογική (A/D – D/A).

3.3.3.2. Τύποι SACD Δίσκων

Οι ίδιοι διάμετροι δίσκων χρησιμοποιούνται τόσο για τα SACD όσο και για τα CD. Οι μέγιστες διαστάσεις των εσοχών είναι διαφορετικές από το CD. Αυτές είναι πολύ μικρότερες (0,4 μm) για τα SACD απ' ό,τι εκείνες των CD (0,83μm). Επίσης το εύρος του κομματιού είναι περίπου το μισό του εύρους του κομματιού του CD. Το στρώμα με αυτά τα χαρακτηριστικά ονομάζεται στρώμα υψηλής πυκνότητας (High Density–HD Layer).

Γίνεται ξεκάθαρο ότι η ικανότητα αποθήκευσης δεδομένων σε αυτό το στρώμα υψηλής πυκνότητας (HD) είναι πολύ υψηλότερη. Για έναν δίσκο μονής όψης, η ικανότητα αποθήκευσης είναι 7 φορές μεγαλύτερη από το συμβατικό CD. Η φυσική δομή του SACD είναι πολύ όμοια με του CD.

Τρεις διαφορετικοί τύποι δίσκων χρησιμοποιούνται:

- **Δίσκος μονής όψης (Single Layer-SL disc):** Αποτελείται από ένα στρώμα υψηλής πυκνότητας(HD) και έχει ικανότητα αποθήκευσης 4.7 GB.
- **Δίσκος διπλής όψης (Dual Layer-DL Disc):** Αποτελείται από δύο στρώματα HD για εκτεταμένο χρόνο αναπαραγωγής. Η ικανότητα αποθήκευσης αυτού του δίσκου είναι περίπου 8,5 GB. Το πάχος του δίσκου θα είναι το ίδιο όπως ενός SL δίσκου (1.2mm). Τα δύο διαφορετικά στρώματα είναι 0,6mm χώρια το ένα από το άλλο.
- **Υβριδικοί δίσκοι:** Για να είναι συμβατή με το συμβατικό CD, αυτή είναι μια μοναδική δυνατότητα των SACD, αφού ο δίσκος αποτελείται από δύο τελείως διαφορετικά στρώματα. Το ένα στρώμα είναι HD και μπορεί να αναπαραχθεί μόνο από μια συσκευή αναπαραγωγής SACD. Το δεύτερο στρώμα, ένα CD στρώμα (πυκνότητας CD) μπορεί να αναγνωστεί τόσο από συσκευή αναπαραγωγής SACD όσο και από συμβατική συσκευή αναπαραγωγής CD και βρίσκεται σε αυτόν τον δίσκο. Αυτή η ικανότητα της οπισθοδρομικής συμβατότητας είναι ένα κύριο χαρακτηριστικό που ορίζει τα SACD ως εξαίρεση σε σχέση με άλλα μορφότυπα. Στους υβριδικούς δίσκους επίσης, όπου το συνολικό πάχος είναι 1.2 mm, το στρώμα υψηλής πυκνότητας είναι τοποθετημένο στη μέση του δίσκου ή 0,6mm από την επιφάνεια. Το στρώμα HD του υβριδικού δίσκου είναι ημιδιάφανο και θα είναι αόρατο για την ακτίνα laser του CD με αριθμητικό άνοιγμα 0.45 και μήκος κύματος 780nm (νανόμετρα). Το στρώμα θα γίνει ανακλαστικό μόνο για την ακτίνα laser του SACD.

3.3.3.2. Συσκευές Αναπαραγωγής SACD



3.ε. Μία από τις πρώτες συσκευές αναπαραγωγής SACD, το μοντέλο SCD-1 SACD Player.

Πέρα από τα SACD, οι συσκευές αναπαραγωγής super ψηφιακών δίσκων ήχου έχουν την δυνατότητα να αναπαράγουν συμβατικά CDs.

Ξεκινώντας με τα SDC1 και τα SCD777ES, η Sony εισήγαγε την νέα γενιά συσκευών αναπαραγωγής SACD που ήταν ικανά να αναπαράγουν σήματα άνω των 100kHz, με δυναμικό εύρος πάνω από 120dB μέσα στο ακουστικό φάσμα. Προς αποφυγήν προβλημάτων υψηλής συχνότητας κατά τη σύνδεση της συσκευής αναπαραγωγής SACD με ένα συμβατικό σύστημα ήχου, ένας διακόπτης έχει τοποθετηθεί πάνω στο σύστημα για την επιλογή τυπικής και προσαρμοσμένης λειτουργίας. Πρέπει να επιλεγεί η τυπική λειτουργία όταν το σύστημα είναι συνδεδεμένο με ένα συμβατικό ενισχυτή. Σε αυτή τη θέση, οι συνιστώσες υψηλής συχνότητας άνω των 50kHz θα εξασθενήσουν, αποφεύγοντας πιθανή ζημιά στα συστήματα ήχου που δεν έχουν σχεδιαστεί να διαχειρίζονται τόσο υψηλές συχνότητες.

Η προσαρμοσμένη λειτουργία μπορεί να επιλεγεί όταν το σύστημα είναι συνδεδεμένο με έναν προενισχυτή Sony TA-E1 και με ένα ενισχυτή ισχύος TA-N1 σε συνδυασμό με το σύστημα ηχείων SS-M9ED. Το μέγιστο εύρος συχνότητας θα αποδοθεί.

Με το SCD-XB940 (Απρίλιος 2000), η Sony εισήγαγε τη δεύτερη γενιά συσκευών αναπαραγωγής SACD.

Με τους super ψηφιακούς δίσκους ήχου (SACD), η Sony και η Phillips δημιούργησαν ένα νέο πρότυπο που ανταποκρίνεται σε όλες τις υψηλής ποιότητας ανάγκες για την επόμενη γενιά των φορέων ήχου. Οι δίσκοι SACD μπορούν όχι μόνο να χρησιμεύσουν για την αναπαραγωγή ήχου για οικιακή χρήση αλλά και σαν σύστημα αρχειοθέτησης υψηλής ποιότητας για την αντικατάσταση της αναλογικής ταινίας στα στούντιο εγγραφής. Χάρη στην εξελιγμένη τεχνολογία υδατογράφησης, το νέο μορφότυπο θα νικήσει και την πειρατεία επίσης.

Ένα επιπρόσθετο πλεονέκτημα είναι πως, με τον υβριδικό δίσκο, ο δίσκος SACD εγγυάται 100% συμβατότητα με τις υπάρχουσες συσκευές αναπαραγωγής CD.

3.3.4. DVD Audio

3.3.4.1. Χαρακτηριστικά και Δομή του δίσκου

Η τελευταία εξέλιξη στην οικογένεια των ψηφιακών δίσκων πολλαπλών χρήσεων (DVD) είναι τα DVD ήχου. Εμπνευσμένος από τη μουσική βιομηχανία, για τη δημιουργία ενός συστήματος εγγραφής και αρχειοθέτησης υψηλής ποιότητας, ο Όμιλος 4 Εργαζομένων Φόρουμ DVD Ήχου (DVD Audio Forum Working Group 4), διοικούμενος από την JVC και αποτελούμενος σε μεγάλο βαθμό, αλλά όχι αποκλειστικά, από κατασκευαστές ηλεκτρονικού υλικού ευρείας κατανάλωσης, ανέπτυξαν το μορφότυπο του DVD-Audio.

Βασισμένο στις συστάσεις της Διεθνούς Συντονιστικής Επιτροπής και κάνοντας χρήση της αποθηκευτικής ικανότητας των 4.7GB στο στρώμα υψηλής πυκνότητας (HD) του DVD-ROM, το DVD-Audio είναι ένα μέσο ψηφιακού ήχου υψηλής ποιότητας. Αξιοποιώντας την γνώση της βασικής κωδικοποίησης PCM για τα συμβατικά CD (περιορίζεται σε μέγιστο εύρος ζώνης τα 20kHz), το DVD-Audio χρησιμοποιεί μια συχνότητα δειγματοληψίας μέχρι και 192kHz. Σύμφωνα με το θεώρημα του Nyquist αυτή η συχνότητα δειγματοληψίας επιτρέπει ένα εύρος ζώνης από DC σε 96kHz. Επιπλέον της υψηλής συχνότητας δειγματοληψίας, χρησιμοποιείται μια κβαντοποίηση των 24bit, δίνοντας υψηλό δείκτη σήματος-προς-θόρυβο.

Ο υπολογισμός του θεωρητικού επιπέδου σήματος-προς-θόρυβο(S / N - Signal-to-Noise) θα είναι συνεπώς:

$$S/N \text{ (dB)} = 6.02 \times n + 1.76$$

όπου n είναι το νούμερο των κβαντοποιημένων bits.

Στην περίπτωση του συστήματος των 24bits, ο θεωρητικός δείκτης S/N θα είναι περίπου 146dB.

Πέρα από αυτά τα ηχητικά χαρακτηριστικά, απαιτείτο επίσης η περίληψη δυνατοτήτων πολλαπλών καναλιών. Τα DVD-Audio έχουν τη δυνατότητα να αναπαράγουν ψηφιακό ήχο surround έξι καναλιών.

Η δομή του DVD-Audio είναι συμβατή με το συμβατικό CD εκτός του ότι, πέρα από τα κομμάτια και τα ευρετήρια (και τα δύο 99 στο μέγιστο) το άλμπουμ είναι επίσης διαιρεμένο σε εννέα ομάδες το περισσότερο. Κάθε ομάδα είναι μια συλλογή ενός αριθμού κομματιών. Κάθε ομάδα ή κομμάτι είναι απευθείας προσβάσιμα από το χρήστη, καθιστώντας το πολύ εύκολο στην πλοήγηση.

3.3.4.2. Συμπύεση MPEG

Βασισμένο στις τεχνικές συμπύεσης που αναπτύχθηκαν από την ομάδα ειδικών κινούμενης εικόνας (Moving Picture Experts Group-MPEG) για να συμπιεστεί η ποσότητα δεδομένων για χρήση βίντεο, η οικογένεια κωδικοποίησης MPEG-Audio έγινε πραγματικότητα.

Ανάλογα με το στρώμα MPEG, τα αυθεντικά δεδομένα μειώνονται μέχρι και 12 φορές. Η βασική τεχνική για να γίνει αυτό αντιληπτό είναι να γίνει χρήση του φαινομένου απόκρυψης και της ψυχοακουστικής του ανθρώπινου αυτιού, και να γίνει απομάκρυνση των περιττών ενδείξεων χρησιμοποιώντας περίπλοκους αλγόριθμους. Η ψυχοακουστική καμπύλη έχει συσταθεί μέσω μιας ομάδας δόκιμων ατόμων. Ερευνώντας αρκετούς δοκιμαστικούς τόνους σε αυτή την ομάδα ατόμων, θα μπορούσε να δημιουργηθεί μια αναλυτική καμπύλη του μέσου όρου της ανθρώπινης ευαισθησίας στην ακρόαση. Από αυτές τις δοκιμές διαπιστώθηκε ότι το ανθρώπινο αυτί είναι πιο ευαίσθητο σε συχνότητες μεταξύ 2 και 4kHz.

Το δεύτερο μέρος της ψυχοακουστικής είναι το φαινόμενο απόκρυψης ή η κάλυψη άλλων ενδείξεων. Χάρης σε ένα δυνατό ήχο μπορεί να συμβεί η ανθρώπινη ακοή να μην παρατηρήσει ασθενέστερους ήχους.

Με τον ίδιο τρόπο, μια όμοια γραμμή κατώτατου ορίου μπορεί να πραγματοποιηθεί για διαφορετικούς δοκιμαστικούς τόνους.

Το τρίτο μέρος είναι η παροδική απόκρυψη. Αμέσως μετά την αναπαραγωγή ενός δυνατού τόνου μιας συγκεκριμένης συχνότητας, παρακείμενες συχνότητες αποκρύπτονται ακόμα και όταν ο δοκιμαστικός τόνος έχει ήδη σταματήσει.

Αυτά τα στοιχεία έχουν συσταθεί από πείραμα και χρησιμοποιούνται σαν μοντέλο αντίληψης στην κωδικοποίηση ψηφιακής πληροφορίας.

Η βασική ιδέα του MPEG, είναι ο διαχωρισμός της εισερχόμενης ακουστικής ένδειξης σε 32 κρίσιμες ζώνες. Μέσα σε αυτές τις ζώνες, θα καθοριστεί το κατώτερο όριο και όλη η πληροφορία κάτω από αυτό το επίπεδο θα παραληφθεί.

Το κωδικοποιημένο μέρος αναλύει την εισερχόμενη ένδειξη και δημιουργεί ένα διηθητικό κύκλωμα (filterbank). Αυτό το κύκλωμα συγκρίνεται με το ψυχοακουστικό μοντέλο για να υπολογίσει το επίπεδο θορύβου που μπορεί να συγκαλυφθεί (αποκρυφτεί) από την ένδειξη. Μεταγενέστερα, ο κωδικοποιητής προσπαθεί να κατανέμει την διαθέσιμη ποσότητα των bits (ανάλογα με την τιμή της συμπύεσης) για να ανταποκριθεί στο συντελεστή των bits και στις απαιτήσεις απόκρυψης.

Ας υποθέσουμε πως έχουμε να κάνουμε με την επόμενη κατάσταση: μια ένδειξη ήχου αναλύεται στις κρίσιμες ζώνες στο επίπεδο που φαίνεται στον Πίνακα 3.B. Το επίπεδο στην ζώνη 8 είναι 60dB. Αυτό θα οδηγήσει σε ένα φαινόμενο απόκρυψης 12 dB στη ζώνη 7. Το επίπεδο στη ζώνη 7 είναι 10 Db άρα θα είναι τελείως καλυμμένη και δεν υπάρχει

λόγος κωδικοποίησης της ζώνης 7. Το επίπεδο θορύβου της ζώνης 8 είναι 12 dB ώστε η κωδικοποίηση να μπορεί να εκτελεστεί με 2bits. Το στρώμα MPEG1 θα μειώσει την ποσότητα των δεδομένων τέσσερις φορές, το οποίο ανταποκρίνεται με ένα ρυθμό μεταφοράς στα 384 kbps ξεκινώντας από μια ένδειξη PCM 16bit δείγματος στα 44.1 kHz. Το στρώμα 2 μειώνει τα δεδομένα 6 με 8 φορές. Το πολύ δημοφιλές στρώμα MP3 μειώνει την ποσότητα των δεδομένων δέκα με δώδεκα φορές(ανταποκρίνεται με 128...112 kbps για στερεοφωνικό σήμα), χωρίς να χάνει την πλειοψηφία της ποιότητας του ήχου.

Προφανώς, η ποιότητα ήχου θα ποικίλει επίσης με το επίπεδο συμπίεσης: κάποια ανταλλαγή μεταξύ της ποσότητας της συμπίεσης και της ποιότητας του ήχου πρέπει να προβλεφθεί, αν και η βελτίωση του σχεδιασμού συνεχώς ωθεί τα όρια προς τα μπρος.

Πίνακας 3.Β. Ανάλυση Ζωνών

Band	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Level (dB)	0	8	12	10	6	2	10	60	35	20	15	2	3	5	3	1

3.4. ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΚΑΣΕΤΕΣ ΗΧΟΥ

3.4.1. DAT



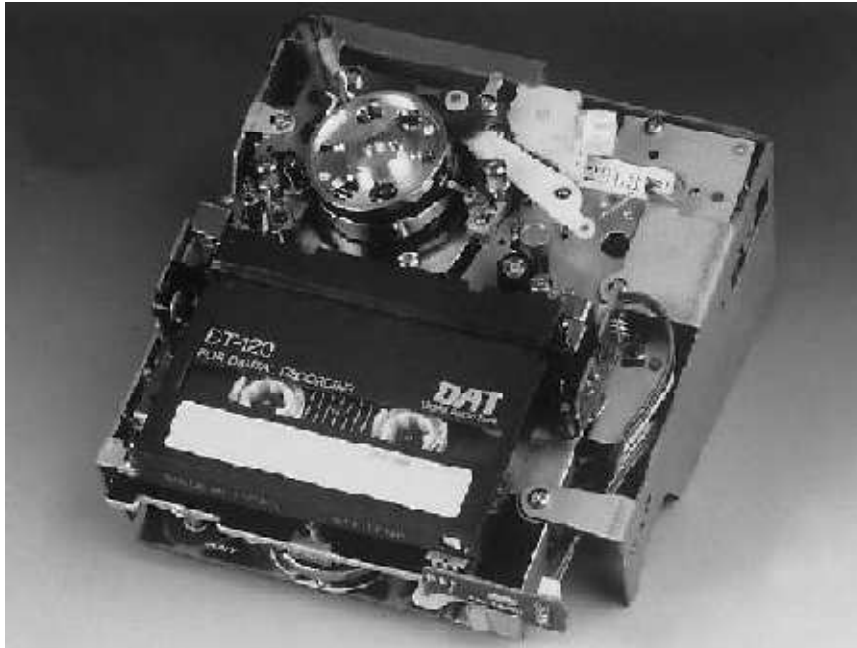
3.f. Ψηφιακή Κασέτα Ήχου της εταιρείας Maxell, διάρκειας 65 λεπτών.

Παρόλο που οι επεξεργαστές ψηφιακού ήχου έχουν εξελιχθεί και χρησιμοποιηθεί για πολλά χρόνια, στην χρήση συμβατικών συσκευών εγγραφής βίντεο για την υψηλής ποιότητας αποθήκευση του ψηφιακού ήχου είναι αναπόφευκτο ότι κάποιες μορφές μηχανισμών κασέτας απαιτούν να πραγματοποιηθεί η εργασία με έναν πιο συμπιεσμένο τρόπο. Έχουν καθοριστεί δύο βασικές μορφές.

Η πρώτη μορφή, γνωστή σαν περιστροφική κεφαλή, η κασέτα ψηφιακού ήχου (R-DAT), βασίζεται στην ίδια αρχή περιστροφικής κεφαλής όπως σε μία συσκευή εγγραφής βίντεο, και έτσι έχει τους ίδιους περιορισμούς στην δυνατότητα μεταφοράς. Η δεύτερη μορφή, γνωστή σαν σταθερή κεφαλή, η κασέτα ψηφιακού ήχου (S-DAT), αναπτύχθηκε υπό την επωνυμία DCC.

3.4.1.1. R-DAT (κασέτα ψηφιακού ήχου περιστρεφόμενης κεφαλής)

Μια σημαντική διαφορά μεταξύ της τυπικής συσκευής εγγραφής βίντεο και των τεχνικών R-DAT είναι πως σε μία συσκευή εγγραφής βίντεο το εγγραφόμενο σήμα είναι συνεχές : οι δύο κεφαλές πάνω στον κύλινδρο πραγματοποιούν επαφή με την ταινία προς 180 μοίρες η καθεμία (δηλ. το σύστημα λέγεται πως έχει γωνία αναδίπλωσης 180 μοιρών), ή 221 μοίρες η καθεμία (μία γωνία αναδίπλωσης 221 μοιρών). Στο σύστημα R-DAT όπου το σήμα ψηφιακού ήχου είναι συμπιεσμένου χρόνου, που σημαίνει πως το μόνο που χρειάζονται οι κεφαλές είναι να έρθουν σε επαφή με την ταινία για την μικρότερη αναλογία χρόνου (στην πραγματικότητα 50%), μια μικρότερη γωνία αναδίπλωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί .



3.g. Ο μηχανισμός μιας DAT συσκευής.

Αυτό σημαίνει πως μόνο ένα μικρό μήκος της ταινίας έρχεται σε επαφή με τον κύλινδρο ανά πάσα στιγμή. Η φθορά της ταινίας είναι συνεπώς μειωμένη, και μόνο μία χαμηλής έντασης ταινία είναι αναγκαία για την συνεπαγόμενη αύξηση της ζωής της κεφαλής.

Το τυπικό σύστημα R-DAT καθορίζει τρεις συχνότητες δειγματοληψίας:

- 48kHz: αυτή η συχνότητα είναι επιτακτική και χρησιμοποιείται για εγγραφή και αναπαραγωγή.
- 44,1kHz: αυτή η συχνότητα η οποία είναι ίδια και για τα CD, χρησιμοποιείται για αναπαραγωγή και προεγγεγραμμένες κασέτες μόνο.
- 32kHz: αυτή η συχνότητα είναι προαιρετική και παρέχονται τρεις λειτουργίες. Έχουν επιλεγεί τα 32kHz μια και ανταποκρίνονται στην τυπική μετάδοση.

Κβαντοποίηση :

- Μία γραμμική κβαντοποίηση των 16bit είναι τυπική και για τις τρεις τιμές δειγματοληψιών.
- Μία μη γραμμική κβαντοποίηση των 12bit παρέχεται για ειδικές εφαρμογές όπως η λειτουργία long play σε μειωμένη κυλινδρική ταχύτητα, 1000 rpm(στροφές ανά λεπτό – mode III) και σε εφαρμογές U καναλιών.

•

Το τυπικό εύρος κομματιού είναι 13.591 μm , η διάρκεια του κομματιού είναι 23.5 mm και η γραμμική ταχύτητα της ταινίας είναι 8.1 mm s^{-1} . Η ταχύτητα της ταινίας της αναλογικής συμπιεσμένης κασέτας (TM) είναι 47.6 mm s^{-1} . Αυτό οδηγεί σε μία πυκνότητα των 114 $\text{Mbit s}^{-1} \text{m}^{-2}$.

Η μορφή R-DAT προσδιορίζει ένα κομμάτι εύρους μόνο 13.6 μm , αλλά το εύρος της

κεφαλής είναι 1.5 φορά της αξίας του, περίπου 20 μm . Μια διαδικασία γνωστή σαν εγγραφή αντικατάστασης (overwrite recording) χρησιμοποιείται, εκεί που μία κεφαλή εγγράφει μερικώς πάνω από το κομμάτι που εγγράφηκε από την προηγούμενη κεφαλή. Αυτό σημαίνει πως χρησιμοποιείται όσο το δυνατόν περισσότερη ταινία – οι συσκευές εγγραφής περιστρεφόμενης κεφαλής χωρίς αυτήν την ευκολία της εγγραφής αντικατάστασης, πρέπει να αφήνουν μία ζώνη φύλαξης (guardband) μεταξύ κάθε κομματιού πάνω στην ταινία. Εξ αιτίας αυτού του γεγονότος, οι συσκευές εγγραφής, χρησιμοποιώντας τεχνικές εγγραφής αντικατάστασης είναι κάποιες φορές γνωστές σαν ζώνες μη διαφύλαξης^[11]. Για την αποτροπή της παρεμβολών στην αναπαραγωγή (μια και κάθε κεφαλή είναι αρκετά πλατιά για να πάρει ένα ολόκληρο κομμάτι και μισό από το επόμενο), οι κεφαλές είναι τοποθετημένες σε αζιμουθιακές γωνίες των ± 20 μοιρών, και αυτό ενεργοποιεί, όπως θα εξηγηθεί αργότερα, την ακολουθία αυτόματης ανίχνευσης (ATF-Automatic Track Following).

Αυτές οι εγγραφές αντικατάστασης και οι τεχνικές των αζιμουθιακών κεφαλών είναι αρκετά τυπικές προσεγγίσεις της εγγραφής βίντεο με περιστρεφόμενη κεφαλή και χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα για την αύξηση της πυκνότητας της εγγραφής.

Όπως ορίζεται στο πρότυπο, ένας κύριος κύλινδρος διαμέτρου 30 mm εφαρμόζεται και περιστρέφεται με ταχύτητα 2000 rpm (στροφών ανά λεπτό). Παρόλα αυτά, σε μελλοντικές εφαρμογές μπορούν να χρησιμοποιηθούν μικρότεροι κύλινδροι με κατάλληλες ταχύτητες. Σε αυτό το μέγεθος και ταχύτητα ο κύλινδρος αντιστέκεται σε εξωτερικές διαταραχές που είναι όμοιες με εκείνες ενός γυροσκοπίου.

Κάτω από αυτές τις συνθήκες, το σήμα των 2.46 Mbit s^{-1} που είναι προς εγγραφή, που περιλαμβάνει ήχο όπως και πολλούς άλλους τύπους δεδομένων, συμπιέζεται από έναν παράγοντα των 3 και επεξεργάζεται στα 7.5 Mbit s^{-1} . Αυτό επιτρέπει στο σήμα να καταγράφεται συνεχόμενα.

Προκειμένου να ξεπεραστούν τα γνωστά προβλήματα χαμηλής συχνότητας του συνδέσμου των μετασχηματιστών πάνω στην κεφαλή εγγραφής / αναπαραγωγής, ένας κωδικός διαμόρφωσης καναλιού των 8/10 μετατρέπει τα σήματα των 8-bit σε σήματα των 10-bit.

Αυτό το κανάλι κωδικοποίησης δίνει επίσης το πλεονέκτημα της μείωσης του εύρους των μήκων κύματος που θα εγγραφούν. Το συνιστάμενο επακόλουθο των μήκων κύματος είναι μόνο τέσσερις φορές το μικρότερο μήκος κύματος. Αυτό επιτρέπει την αντικατάσταση, εξαλείφοντας την ανάγκη για μια ξεχωριστή κεφαλή διαγραφής.

3.4.1.2. Αναπαραγωγή συστήματος μη ανίχνευσης (NT playback)

Οι αυθεντικές προδιαγραφές μιας κασέτας ψηφιακού ήχου (DAT) βασίζονται στο γεγονός πως κάθε κεφαλή εγγραφής / αναπαραγωγής έχει το δικό της αζιμούθιο και πως κάθε κεφαλή πρέπει να λειτουργεί σωστά, κεντραρισμένη πάνω από το σωστό κομμάτι δεδομένων, για τον οποίο σκοπό περιλαμβάνεται το σύστημα ακολουθίας αυτόματης ανίχνευσης (ATF- Automatic Track Following).

Όποτε παρουσιάζεται μία δόνηση, υπάρχει ο κίνδυνος η κεφαλή να χάσει το κομμάτι και η άμεση ανάκτηση της σωστής θέσης είναι αδύνατη, με αποτέλεσμα την απώλεια της ανάγνωσης των ηχογραφημένων δεδομένων.

Η κασέτα ψηφιακού ήχου μη ανίχνευσης (NT-DAT) δεν χρησιμοποιεί σύστημα ακολουθίας αυτόματης ανίχνευσης (ATF) : στην πραγματικότητα δεν πραγματοποιείται καμία ανίχνευση.

Ο συνδυασμός σάρωσης διπλής πυκνότητας, η υψηλή ικανότητα επεξεργασίας και η υψηλή χωρητικότητα μνήμης μπορούν να υπερνικήσουν την στιγμιαία απώλεια της ανίχνευσης.

3.4.1.3. Κασέτες ψηφιακού ήχου μη ανίχνευσης DAT(μεγέθους σφραγίδας)

Οι κασέτες ψηφιακού ήχου μη ανίχνευσης σε μέγεθος σφραγίδας είναι μια μικρογραφία της κλασικής φόρμας κασέτας ψηφιακού ήχου. Οι διαστάσεις της κασέτας είναι 30 mm x 5 mm και ζυγίζει 2.8 γραμμάρια.

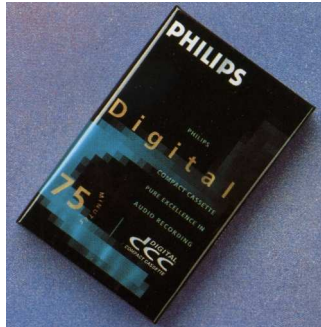
Αυτό το μέγεθος, συγκρινόμενο με άλλους τύπους κασετών είναι υπερβολικά μικρό και ωστόσο είναι ένα ψηφιακό μέσο εγγραφής που επιτρέπει υψηλή ποιότητα. Ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι 32kHz και η κβαντοποίηση είναι μη γραμμική στα 12bit η οποία είναι συγκρίσιμη με την τυπική εγγραφή DATστην λειτουργία long play.

Αντίθετα με τον συμβατικό τύπο κασετών ψηφιακού ήχου (DAT), ο τύπος σε μέγεθος σφραγίδας είναι διπλής κατεύθυνσης: με άλλα λόγια, χρησιμοποιείται περισσότερο σαν αναλογικός τύπος κασέτας ο οποίος πρέπει να αντιστραφεί.

Τα κομμάτια είναι χωρισμένα στη μέση σε άνω και κάτω μέρος. Στο μέλλον θα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ένας μηχανισμός μεταστροφής διπλής κατεύθυνσης, ο οποίος σε συνδυασμό με μία μνήμη μεγάλης χωρητικότητας, θα επιτρέψει μια ομαλή, μη προβληματική λειτουργία αυτόματης αναστροφής.

Ο τύπος της κασέτας φαίνεται στην εικόνα 16.6: το πλάτος της ταινίας είναι 2.5 mm, η σταθερή γωνία κάθε κομματιού είναι περίπου 4.4° και το ύψος της συχνότητας των κομματιών (track pits) είναι 9.8 μm.

3.4.2. Digital Compact Cassette – DCC



3.h. Συσκευασμένη DCC της Philips.

3.4.2.1. Ιστορία

Το Digital Compact Cassete (DCC) παρουσιάστηκε στα τέλη του 1992 από τις εταιρείες Philips και Matsushita ως διάδοχος της αναλογικής κασέτας. Ήταν επίσης ανταγωνιστικό μέσο του MiniDisc όμως παρά την τεχνική τους υπεροχή, καμία από τις δύο αυτές μορφές δεν κατάφερε να ανατρέψει την αναλογική κασέτα. Άλλη μία ανταγωνιστική μορφή, το Digital Audio Tape, αν και κατάφερε να καθιερωθεί στα στούντιο, απέτυχε να κάνει σημαντικές πωλήσεις. Το DCC αντιμετώπιστηκε ως η φθηνότερη εναλλακτική του DAT. Τα DCC είχαν κοινό μορφότυπο με τις αναλογικές κασέτες και έτσι τα DCC recorders μπορούσαν να αναπαράγουν και τους δύο τύπους κασέτας. Η συμβατότητα αυτή επέτρεπε στους χρήστες να υιοθετήσουν την ψηφιακή ηχογράφηση χωρίς να καθιστά παρωχημένες τις ήδη υπάρχουσες συλλογές κασετών τους.

Το DCC αναπτύχθηκε σε συνεργασία με την Matsushita, και τα πρώτα DCC recorders και τα οποία παρουσιάστηκαν το 1992, στο Άμστερνταμ. Τον ίδιο χρόνο ανακοίνωσαν τα DCC recorders και οι εταιρείες Panasonic (της Matsushita) καθώς και οι Grundig και Marantz (της Philips).

Τα επόμενα χρόνια, η Philips και άλλοι κατασκευαστές, κατασκεύαζαν περισσότερα players και recorders, συμπεριλαμβανομένων ορισμένων φορητών.

Το Νοέμβριο του 1995, στην Ολλανδία, η Philips παρουσίασε το φορητό recorder DCC-175 το οποίο μπορούσε να συνδεθεί σε έναν IBM-συμβατό Η/Υ χρησιμοποιώντας το "PC-link" καλώδιο. Αυτό ήταν το πρώτο (και μοναδικό) DCC recorder που μπορούσε να συνδεθεί και να ελέγχεται από Η/Υ και ήταν διαθέσιμο μόνο στην Ολλανδία.

Η Philips διέθεσε το DCC στην Ευρωπαϊκή, την Αμερικάνικη καθώς και την Ιαπωνική αγορά. Η Sony ισχυρίζονταν πως το MD ήταν περισσότερο δημοφιλές στην Ιαπωνική αγορά, αλλά δεν υπάρχουν αρκετές αποδείξεις για τους ισχυρισμούς αυτούς. Τον

Οκτώβριο του 1996 σταμάτησε η παραγωγή του DCC μετά την παραδοχή της Philips ότι η μορφή αυτή απέτυχε να διεισδύσει σημαντικά στην αγορά και έτσι έδωσε μία ανεπίσημη νίκη στη Sony.

3.4.2.2. Magneto-Resistive σταθερές κεφαλές

Σε αντίθεση με τις περιστροφικές κεφαλές που είχε το DAT, το DCC είχε μία Magneto-Resistive (MR) κεφαλή η οποία ήταν στερεωμένη στον μηχανισμό του player/recorder, ώστε να αυξάνεται η ταχύτητα head-to-tape (κεφαλής-προς-ταινία). Τα πλεονεκτήματα της σταθερής κεφαλής είναι εμφανή: τα DCC players δεν ήταν καθόλου ευαίσθητα στις δονήσεις και τους κραδασμούς και σε σύγκριση με τον μηχανισμό της περιστρεφόμενης κεφαλής, οι μηχανισμοί του DCC είχαν φθηνότερο κόστος παραγωγής. Στην πραγματικότητα οι ήδη υπάρχοντες μηχανισμοί των auto-reverse audio cassette recorder μπορούσαν εύκολα να προσαρμοστούν για χρήση σε συσκευές DCC, τοποθετώντας απλά μία κεφαλή DCC αντί για αναλογική stereo κεφαλή.

Οι MR κεφαλές δεν χρησιμοποιούν σίδηρο ώστε να μην δημιουργηθεί υπόλοιπο μαγνητισμού. Δεν χρειάζεται να απομαγνητιστούν και στην πραγματικότητα εάν χρησιμοποιηθεί απομαγνητιστής κασέτας ή κάποια παρόμοια συσκευή, το πιο πιθανό είναι να βλάψει ή να καταστρέψει τελείως τις MR κεφαλές.

Στα σταθερά DCC recorders (για χρήση σε στερεοφωνικά συστήματα), η διάταξη των κεφαλών ήταν συνήθως ένας συνδυασμός μιας 9-track DCC κεφαλής με μία 2-track αναλογικής στερεοφωνικής κεφαλής, τοποθετημένες σε έναν μηχανισμό που είχε και κεφαλή σβησίματος πάνω του και θα μπορούσε να αναστρέψει ολόκληρη τη διάταξη κεφαλών κατά 180 μοίρες όταν θα παιζόταν η B πλευρά.

Στα φορητά DCC recorders η διάταξη κεφαλών αποτελούνταν από δύο 9-track DCC κεφαλές (και δύο κεφαλές σβησίματος εάν η συσκευή έχει τη δυνατότητα εγγραφής) η οποίες βρίσκονταν σε συγκεκριμένη θέση και δεν αναστρέφονταν για την B πλευρά. Όταν τα φορητά DCC players έπαιζαν αναλογικές κασέτες απλώς ενίσχυαν το σήμα των δύο από τις εννέα κεφαλές της “άλλης πλευράς”: τα αναλογικά cassette players χρησιμοποιούσαν το “κάτω μισό” της ταινίας, ενώ τα ψηφιακά το “πάνω μισό”. Κατά συνέπεια η τυποποιημένη διάταξη των φορητών recorder ήταν πιο δύσκολο να φτιαχτεί και έδινε πολύ χαμηλότερη ποιότητα ήχου (ιδίως δυναμικό εύρος) όταν έπαιζε αναλογικές κασέτες, αλλά έπιανε λιγότερο χώρο και ήταν λιγότερο ευαίσθητη στα μηχανικά προβλήματα που ήταν πιο σημαντικά για τη φορητή εφαρμογή.

3.4.2.3. Προδιαγραφές ταινίας και συμπίεση ήχου

Η ταχύτητα της ταινίας του DCC ήταν ίδια με αυτή των αναλογικών κασετών: 1 7/8 ίντσες (4.8 cm) ανά δευτερόλεπτο, όπως επίσης είχαν και το ίδιο πλάτος με τις αναλογικές: 1/8 της ίντσας (3.175 mm). Η ταινία που χρησιμοποιούνταν στις κασέτες ήταν από διοξείδιο του χρωμίου ή οξειδίο του σιδήρου ενισχυμένο με κοβάλτιο, πάχους 3-4 μm, στο συνολικό πάχος ταινίας των 12μm, πανομοιότυπη με την ταινία που είχαν οι βιντεοκασέτες.

Εξαιτίας της χαμηλής ταχύτητας της ταινίας, το bit rate ήταν περιορισμένο. Οι εννέα κεφαλές έγραφαν το μισό πλάτος της ταινίας, το άλλο μισό χρησιμοποιούνταν για τη B πλευρά. Τα οκτώ από τα 9 tracks περιείχαν ηχητικά δεδομένα, το ένατο track χρησιμοποιούνταν για τον συγχρονισμό για τις πληροφορίες κειμένου και για τα markers (δείκτες) που σημείωναν την αρχή ενός τραγουδιού ή το τέλος μιας ηχογράφησης.

Η χωρητικότητα μιας DCC κασέτας είναι 120 λεπτά, σε σύγκριση με τις 3 ώρες του DAT, παρόλα αυτά δεν παράχθηκαν ποτέ κασέτες των 120 λεπτών. Επιπλέον, εξαιτίας της εναλλαγής στην B πλευρά, υπήρχε πάντα διακοπή του ήχου στο τέλος της πλευράς A, κι έτσι η μέγιστη συνεχής διάρκεια αναπαραγωγής δεν υπερέβαινε τα 60 λεπτά. Τα DCC recorders μπορούσαν να ηχογραφήσουν από ψηφιακές πηγές που χρησιμοποιούσαν το πρότυπο S/PDIF, στα 32 kHz, 44.1 kHz ή 48 kHz ή και από αναλογικές πηγές στα 44.1 kHz. Εξαιτίας της χαμηλής ταχύτητας ταινίας, το bit rate ήταν περιορισμένο. Για να το αντισταθμίσει, η Philips, χρησιμοποίησε ένα coded συμπίεσης ήχου βασισμένο στο MPEG-1 Audio Layer I (MP1) το οποίο ονόμασε PASC (Precision Adaptive Sub-band Coding). Το PASC μείωνε το τυπικό bitrate μιας ηχογράφησης CD των 1.4 megabits ανά δευτερόλεπτο στο χαμηλότερο bitrate των 384 kilobits ανά δευτερόλεπτο, ένας λόγος συμπίεσης περίπου 4:1.

Το σύστημα συμπίεσης PASC πιστεύεται ότι είχε καλύτερη ποιότητα ήχου από τη συμπίεση 5.1 που είχε το ATRAC στο αρχικό MiniDisc όμως δεν ήταν τόσο καλή όσο αυτή του μη συμπιεσμένου DAT, αν και οι Philips και Sony δήλωναν πως η διαφορά ήταν ανεπαίσθητη στα αυτιά των ακροατών. Το PASC, πέρα από την αποθήκευση των αρχείων σε συμπιεσμένη μορφή, προσέθετε CIRC bits (Cross-Interleaved Reed-Solomon Code) για εντοπισμό και διόρθωση λαθών.

3.4.2.4. Τύποι Κασέτας DCC

- **Premasterd:** Στις premastered κασέτες, οι πληροφορίες σχετικά με τον καλλιτέχνη και τον τίτλο του άλμπουμ καθώς και την διάρκεια και τους τίτλους των κομματιών καταγράφονταν συνεχώς στο track δεδομένων σε όλο το μήκος της ταινίας. Αυτό έδινε στα players τη δυνατότητα να αναγνωρίζουν άμεσα τη θέση της ταινίας και πώς να πάνε σε οποιοδήποτε άλλο κομμάτι από τη θέση αυτή (ακόμα και σε ποια πλευρά της κασέτας), αμέσως μετά την εισαγωγή της κασέτας και την έναρξη της αναπαραγωγής, ανεξάρτητα αν είχε γίνει πριν rewind στην κασέτα ή όχι.
- **User:** Στις κασέτες χρηστών, ήταν ηχογραφημένος ένας track marker στην αρχή κάθε κομματιού έτσι ώστε να είναι εφικτή η αυτόματη επανάληψη και η παράκαμψη (skip) των κομματιών. Οι markers αυτοί ηχογραφούνταν αυτόματα όταν εντοπιζόταν μία παύση κατά τη διάρκεια μιας αναλογικής ηχογράφησης ή όταν λαμβάνονταν ένας marker στο σήμα S/PDIF μιας πηγής ψηφιακής εισόδου (στα CD players ο marker αυτός έμπαινε αυτόματα). Δεν ήταν εφικτή η αφαίρεση των marker ή η προσθήκη νέων marker χωρίς την επανεγγραφή του ηχητικού υλικού. Όμως, ήταν δυνατή η μετέπειτα προσθήκη marker που θα σηματοδοτούσαν το τέλος της πλευράς της κασέτας, έτσι ώστε κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής, το player θα μπορούσε να σταματήσει τον μηχανισμό ή να κάνει fast forward στο τέλος της πλευράς Α ή να αλλάξει άμεσα από την Α πλευρά στη Β πλευρά.
- **Super User:** Στα μεταγενέστερα recorders υπήρχε η δυνατότητα δημιουργίας ενός τρίτου τύπου κασέτας, με την ονομασία “super user tapes” , με την προσθήκη πληροφοριών τίτλου για το κάθε κομμάτι. Σε αντίθεση με τις προηχογραφημένες κασέτες, οι πληροφορίες του τίτλου αποθηκεύονταν μία μόνο φορά, στην αρχή του κομματιού, αμέσως μετά τον track marker κι έτσι δεν υπήρχε η δυνατότητα να δει κάποιος τον τίτλο του κομματιού σε οποιαδήποτε θέση μέσα στο κομμάτι (ο χρήστης θα έπρεπε να κάνει rewind στην αρχή του κομματιού) και δεν υπήρχε κάποιος τρόπος να μπουν πληροφορίες σχετικά με το άλμπουμ. Η εισαγωγή πληροφοριών για κάθε κομμάτι ήταν μία πολύ αργή διαδικασία, υποστήριζε μόνο κεφαλαίους χαρακτήρες ενώ έλειπαν ορισμένα κοινά χρησιμοποιούμενα σύμβολα όπως η απόστροφος.

Οι τρεις αυτοί τύποι (premastered, user και super-user) ήταν συμβατοί με όλα τα recorders και ήταν αδύνατη (και περιττή) η αναγνώριση των διαφορών μεταξύ μιας κασέτας user και μιας super-user χωρίς να την αναπαραγωγή τους.

3.4.2.5. Εξωτερικό περίβλημα και θήκες

Οι DCC κασέτες ήταν σχεδόν πανομοιότυπες με τις αναλογικές, εκτός του ότι δεν υπήρχαν “εξογκώματα” στο σημείο που βρίσκονταν οι τρύπες. Η πάνω πλευρά της DCC κασέτας ήταν επίπεδη και δεν υπήρχε καμία τρύπα για τα hubs (δεν ήταν απαραίτητες γιατί το auto-reverse ήταν τυπικό χαρακτηριστικό σε όλες τις συσκευές DCC), έτσι η πλευρά αυτή μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την ετικέτα. Ένα μεταλλικό slider, όμοιο με αυτό στα floppy disks των 3.5 ιντσών και των MiniDisc, κάλυπτε τις τρύπες πρόσβασης της ταινίας και κλείδωνε τα hubs όταν η κασέτα δεν χρησιμοποιούνταν. Οι κασέτες είχαν αρκετές επιπλέον τρύπες και εγκοπές ώστε τα DCC recorders να μπορούν να ξεχωρίσουν την DCC κασέτα από μία αναλογική και να διαβάσουν τη διάρκεια της κασέτας. Ακόμα, υπήρχε ένα slider στο DCC το οποίο ενεργοποιούσε ή απενεργοποιούσε την εγγραφή. Σε αντίθεση με τις εγκοπές των αναλογικών κασετών, χάρη στο slider η κασέτα ήταν επανεγγράψιμη. Επίσης το slider μπορούσε να προστατέψει ολόκληρη την κασέτα και όχι μόνο τη μία πλευρά της.

Σε γενικές γραμμές, οι θήκες των DCC κασετών δεν είχαν το χαρακτηριστικό μηχανισμό αναδίπλωσης της παλαιότερης αναλογικής κασέτας. Αντίθετα, ήταν συνήθως απλά πλαστικά κουτιά που ήταν ανοιχτά σε μία από τις μικρές πλευρές τους. Η μπροστινή πλευρά είχε μία τρύπα που ήταν σχεδόν όσο το μέγεθος της κασέτας, έτσι ώστε οποιαδήποτε ετικέτα να ήταν ορατή ακόμα και όταν η κασέτα ήταν στη θήκη της. Αυτό επέτρεπε στο χρήστη να σύρει την κασέτα μέσα και έξω από τη θήκη με το ένα χέρι, και μείωνε και το κόστος παραγωγής, ιδίως για τις προηχογραφημένες κασέτες γιατί χρειάζονταν μία μόνο ετικέτα, για την κασέτα.

Επειδή οι DCC κασέτες δεν είχαν εξογκώματα κοντά στις τρύπες πρόσβασης της ταινίας, υπήρχε περισσότερος χώρος στη θήκη πίσω από την κασέτα ώστε να χωράει ένα βιβλιαράκι ηχογραφημένης κασέτας ή μία αναδιπλούμενη κάρτα στην οποία οι χρήστες μπορούσαν να γράψουν τα περιεχόμενα της κασέτας. Παρά τις διαφορές, οι εξωτερικές διαστάσεις των τυπικών θηκών DCC ήταν ακριβώς ίδιες με αυτές των αναλογικών κασετών, ώστε να μπορούν να αποθηκευτούν στα ήδη υπάρχοντα συστήματα αποθήκευσης.

3.5. MP3

3.5.1. Ιστορία

Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO/IEC), επιβλέποντας όλες τις προσπάθειες ψηφιοποίησης δεδομένων, παρήγαγε τις προδιαγραφές που έπρεπε να ακολουθήσουν όλοι οι κατασκευαστές. Μία υποεπιτροπή της ISO/IEC, με την ονομασία Motion Pictures Expert Group (MPEG), αφοσιώθηκε στη μετάδοση πληροφοριών βίντεο και ήχου. Στα τέλη της δεκαετίας του '80, η οργάνωση αυτή άρχισε να συγκεντρώνει τα πρότυπα που θα πλαισίωναν αποτελεσματικά την ανάπτυξη αυτού του τμήματος της βιομηχανίας ψυχαγωγίας. Το πρώτο πρότυπο ονομάστηκε MPEG1 και κάλυπτε το οπτικό/ακουστικό περιεχόμενο μιας μετάδοσης χαμηλού εύρους ζώνης. Το MPEG2 εμφανίστηκε τη δεκαετία του '90 και ήταν ένα πρότυπο υψηλού εύρους ζώνης, περισσότερο για εφαρμογές βίντεο. Το MPEG1 Layer III ήταν το υποσύνολο του ήχου του MPEG1 το οποίο κάλυπτε την συμπίεση του ήχου σε ψηφιακά αρχεία που θα μπορούσαν να μεταδοθούν σε ολόκληρο το Διαδίκτυο. Το λογισμικό που κωδικοποιεί το αρχικό αρχείο ήχου ονομάζεται κωδικοποιητής (codec) επειδή κωδικοποιεί και έπειτα αποκωδικοποιεί τα συμπιεσμένα αρχεία πάλι σε WAV αρχεία. Ως MP3 απέκτησε σημαντική επίδραση στη βιομηχανία του ήχου, όμως το 1988 δεν ήταν παρά ένα από τα εκατοντάδες πρότυπα που είχαν εκδοθεί.

3.5.2. Digital Audio Players

Η φορητή συσκευή αναπαραγωγής πολυμέσων (PMP: Portable Media Player) ή ψηφιακή συσκευή αναπαραγωγής ήχου (DAP: Digital Audio Player) είναι μια ηλεκτρονική συσκευή ευρείας κατανάλωσης που είναι σε θέση να αποθηκεύσει και να αναπαράγει ψηφιακά μέσα όπως ήχο, εικόνες, βίντεο, έγγραφα, κλπ. Τα δεδομένα αποθηκεύονται συνήθως σε ένα σκληρό δίσκο, Microdrive, ή μνήμη flash, σε αντίθεση με τις αναλογικές φορητές συσκευές αναπαραγωγής ήχου που παίζουν μουσική από κασέτες ή δίσκους. Συχνά οι συσκευές αναπαραγωγής ψηφιακού ήχου πωλούνται όπως MP3 players, ακόμα και αν στηρίζουν άλλες μορφές αρχείων. Άλλοι τύποι ηλεκτρονικών συσκευών, όπως κινητά τηλέφωνα, tablets, ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές μερικές φορές αναφέρονται ως PMPs λόγω των δυνατοτήτων αναπαραγωγής τους. Το πρώτο DAP, MPMan κατασκευάστηκε το 1998 από την Νοτιο-Κορεάτικη εταιρεία SaeHan Information Systems και ακολούθησε την ίδια χρονιά το Rio PMP300 της Diamond Multimedia.

3.5.3. Βασικοί Τύποι DAP



3.i. GoGear SA2840, hard drive-based DAP, χωρητικότητας 4GB.

Οι ψηφιακές συσκευές αναπαραγωγής ήχου γενικά κατηγοριοποιούνται βάση του μέσου αποθήκευσης:

- **Flash-based Players:** Πρόκειται για μη-μηχανικές συσκευές στερεάς κατάστασης (solid state) που έχουν ψηφιακά αρχεία ήχου στην εσωτερική μνήμη flash ή αφαιρούμενα που ονομάζονται flash κάρτες μνήμης. Λόγω της τεχνολογικής προόδου στη μνήμη flash, αυτές οι αρχικά μικρής χωρητικότητας συσκευές αποθήκευσης που είναι τώρα διαθέσιμες στο εμπόριο κυμαίνονται μέχρι και 64 GB. Επειδή είναι στερεά κατάσταση και δεν έχουν κινούμενα μέρη που απαιτούν λιγότερη ενέργεια της μπαταρίας, είναι λιγότερο πιθανό να κάνουν skip (μεταπήδηση κομματιού) κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής, και μπορούν να είναι πιο ανθεκτικά σε κινδύνους, όπως μία ενδεχόμενη ρίψη, απ' ό,τι τα hard disk-based players. Υπάρχουν μονάδες USB flash που περιλαμβάνουν τις βασικές δυνατότητες αναπαραγωγής MP3.
- **Hard drive based Players** ή ψηφιακά jukeboxes: Συσκευές που διαβάζουν ψηφιακά αρχεία ήχου από μια μονάδα σκληρού δίσκου (HDD). Από το 2010, τα players αυτά έχουν υψηλότερες χωρητικότητες που φτάνουν μέχρι και 500 GB. Στη συνήθη ποσοστά κωδικοποίησης, αυτό σημαίνει ότι δεκάδες χιλιάδες τραγούδια μπορούν να αποθηκευτούν σε ένα player. Τα μειονεκτήματα με αυτές τις μονάδες είναι ότι ένας σκληρός δίσκος καταναλώνει περισσότερη ενέργεια, είναι μεγαλύτερα και βαρύτερα και είναι πιο εύθραυστα από τα solid-state μέσα αποθήκευσης, έτσι απαιτείται μεγαλύτερη προσοχή ώστε να μην πέσει .

- **MP3 CD / DVD Players:** Φορητές συσκευές αναπαραγωγής CD που μπορεί να αποκωδικοποιήσουν και να αναπαράγουν αρχεία ήχου MP3 που είναι αποθηκευμένα σε CD. Τέτοια players είναι συνήθως πολύ λιγότερο δαπανηρά από ό, τι τα hard disk-based ή flash-based players. Τα κενά CD-R μέσα που χρησιμοποιούν είναι πολύ φθηνά, συνήθως κοστίζουν λιγότερο από US \$ 0,15 ανά δίσκο. Αυτές οι συσκευές έχουν επίσης τη δυνατότητα αναπαραγωγής και των τυπικών CD ήχου. Ένα μειονέκτημα είναι ότι λόγω της χαμηλής ταχύτητας περιστροφής δίσκου των συσκευών αυτών, είναι ακόμη πιο ευαίσθητα στο να κάνουν skip ή στο να μην αναγνωρίζουν σωστά το αρχείο εάν ανακινηθούν κατά την αναπαραγωγή. Ωστόσο μπορούν να είναι αρκετά ανθεκτικά, και γενικά δεν είναι τόσο επιρρεπή σε μόνιμη βλάβη. Ένα CD μπορεί να αποθηκεύσει μόνο περίπου 700 MB δεδομένων οπότε μια μεγάλη βιβλιοθήκη θα απαιτήσει πολλούς δίσκους. Ωστόσο, ορισμένες high-end μονάδες είναι επίσης σε θέση να διαβάζουν και να αναπαράγουν αρχεία που είναι αποθηκευμένα σε DVD μεγαλύτερης χωρητικότητας. Μερικά έχουν επίσης τη δυνατότητα να αναπαράγουν και να εμφανίσουν περιεχόμενο βίντεο, όπως ταινίες. Θα μπορούσε να θεωρηθεί ως μειονέκτημα σε σχέση με τα υπόλοιπα DAP το σχετικά μεγάλο πλάτος αυτών των συσκευών, δεδομένου ότι πρέπει να είναι σε θέση να χωρέσει ένα CD.
- **Networked Audio Players:** (Δικτυωμένες συσκευές αναπαραγωγής ήχου): Players που συνδέονται μέσω WiFi δικτύου και μπορούν να λαμβάνουν και να αναπαράγουν αρχεία ήχου. Αυτοί οι τύποι των μονάδων δεν έχουν δικά τους αποθηκευτικά μέσα και βασίζονται σε έναν διακομιστή, συνήθως έναν προσωπικό Η/Υ συνδεδεμένο στο ίδιο δίκτυο που θα τους παρέχει τα αρχεία ήχου προς αναπαραγωγή.
- **USB host/memory card audio players:** Τα players που βασίζονται σε μονάδες USB flash ή άλλες κάρτες μνήμης για να διαβάσουν δεδομένα.



3.j. Mp3-Cd player, Philips Expanium.

3.5.4. Τυπικά Χαρακτηριστικά

Τα PMP έχουν τη δυνατότητα να αναπαράγουν ψηφιακό ήχο, εικόνα και βίντεο. Συνήθως έχουν είτε έγχρωμη οθόνη υγρών κρυστάλλων LCD (Liquid Crystal Display) είτε οθόνη OLED (Organic Light Emitting Diode). Ορισμένα players έχουν τη δυνατότητα εγγραφής βίντεο με τη χρήση επιπρόσθετων αξεσουάρ και καλωδίων, καθώς και εγγραφής ήχου με ενσωματωμένο μικρόφωνο ή με line out καλώδιο ή με FM tuner. Τα περισσότερα players έχουν ενσωματωμένους ραδιοφωνικούς δέκτες.

Η πλειοψηφία αυτών των players είναι συμβατή με τη μορφή MP3, ενώ αρκετά υποστηρίζουν και τις μορφές Windows Media Audio (WMA), Advanced Audio Coding (AAC) και WAV. Ορισμένα PMP υποστηρίζουν και τις μορφές ανοιχτού κώδικα (open source) όπως η Ogg Vorbis και η Free Lossless Audio Codec (FLAC).

Όσον αφορά την προβολή εικόνων, η μορφή JPEG χρησιμοποιείται ευρέως από τα players. Ορισμένα PMP, όπως η σειρά iPod που κυκλοφόρησε το 2001 (πρώτη γενιά), έχουν συμβατότητα και με άλλες μορφές όπως οι GIF, PNG και TIFF ενώ άλλα είναι εξοπλισμένα με λογισμικό μετατροπής.

Για την αναπαραγωγή βίντεο, τα περισσότερα players υποστηρίζουν τη μορφή MPEG4, αρκετά είναι συμβατά με τις μορφές WMV (Windows Media Video) και AVI, ενώ ολόένα και περισσότερα DAP υποστηρίζουν τη συμβατότητα με τη μορφή βίντεο DivX και την open source αντίστοιχή της, Xvid.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1. Ψηφιακά πλεονεκτήματα

Τα βασικά πλεονεκτήματα των ψηφιακών συστημάτων είναι η ομοιόμορφη πιστότητα της πηγής, το χαμηλό κόστος παραγωγής αντιγράφων (και αναπαραγωγής) και η απευθείας χρήση του ψηφιακού “σήματος” στις δημοφιλείς συσκευές αναπαραγωγής του σήμερα. Συγκριτικά οι αναλογικές ηχογραφήσεις απαιτούν ογκώδεις και υψηλής ποιότητας συσκευές αναπαραγωγής για να αποτυπώσουν το σήμα από το μέσο με την ίδια ακρίβεια των ψηφιακών συσκευών. Ακόμα, σε αντίθεση με τα αναλογικά αντίγραφα, τα ψηφιακά συνήθως είναι ακριβή αντίγραφα, τα οποία μπορούν να παράγονται επ’ αόριστον χωρίς υποβάθμιση του αρχικού υλικού. Υπάρχουν επίσης και ορισμένα πρακτικά πλεονεκτήματα των ψηφιακών συσκευών που δεν σχετίζονται με τον ήχο, όπως το να επιτρέπουν την αποθήκευση μη ηχητικών δεδομένων (πληροφορίες για τον καλλιτέχνη, τίτλο κομματιού κλπ.)

4.2. Αναλογικά πλεονεκτήματα

Μπορεί να υποστηριχθεί ότι οι αναλογικές μορφές διατηρούν ορισμένα εγγενή πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τις ψηφιακές. Η σχετικότητα των πλεονεκτημάτων αυτών εξαρτάται από την ποιότητα του συγκεκριμένου αναλογικού ή ψηφιακού εξοπλισμού. Τα πλεονεκτήματα των αναλογικών συστημάτων παραθέτονται παρακάτω:

- Απουσία aliasing παραμόρφωσης
- Απουσία θορύβου κβαντισμού
- Συμπεριφορά σε συνθήκες υπερφόρτωσης

4.3. Διαφορές στη διάρκεια

Πίνακας 4.Α. Διάρκεια αναλογικών και ψηφιακών μέσων.

Format	Μέσο	Τυπική Διάρκεια
Κύλινδρος	Αναλογικό	Περίπου 2 - 4 λεπτά
Δίσκος 78 στροφών	Αναλογικό	Περίπου 3 - 5 λεπτά ανά πλευρά
Δίσκος 45 στροφών	Αναλογικό	Συχνά γύρω στα 4 λεπτά (EP: 7 λεπτά) ανά πλευρά, έως και 6 ανά πλευρά, σε ορισμένες περιπτώσεις και λίγα λεπτά παραπάνω.
Δίσκος LP	Αναλογικό	Συνήθως 15-25 λεπτά ανά πλευρά (30 λεπτά ανά πλευρά για κλασσική μουσική και προφορικό λόγο), είναι εφικτό έως και 45 λεπτά με πολύ μικρό κενό ανάμεσα στα αυλάκια και καθόλου κενό ανάμεσα στα tracks.
Κασέτα ήχου	Αναλογικό	Συνήθως 30 (C-60) ή 45 (C-90) λεπτά ανά πλευρά, υπάρχει και των 60 (C-120) λεπτών ανά πλευρά παρόλο που είναι επιρρεπής στο τέντωμα και το σπάσιμο.
8-track	Αναλογικό	Έως και 100 λεπτά, πιο συχνά 45 με 80.
CD	Ψηφιακό	Πρώτοι δίσκοι: έως 74 λεπτά (ή έως 650 MB αρχείων δεδομένων) Νέοι δίσκοι: έως 80 λεπτά (ή έως 700 MB αρχείων δεδομένων)
CD-R	Ψηφιακό	Μέχρι και 99 λεπτά, αν και απίθανο να είναι αξιόπιστο μετά τα 90 λεπτά λόγω mistracking
Reel-to-reel	Αναλογικό	1.5 ώρες (και οι δύο πλευρές) εάν ηχογραφηθούν στις 7.5 ίντσες ανά δευτερόλεπτο (ips) σε ένα στάνταρντ reel 1800 ft. Επαγγελματική ηχογράφηση στα 30 ips σε 3600 ft reels τα οποία θα χωράνε 22.5 λεπτά (μία πλευρά μόνο). Ένα 3600 ft reel μπορεί να χωρέσει μέχρι και 48 ώρες εάν ηχογραφηθεί σε mono (4 πλευρές) στα 15/16 ips.
Minidisk	Ψηφιακό	Πρώτοι δίσκοι: 74 λεπτά έως και 296 λεπτά, ανάλογα με τη συμπίεση που χρησιμοποιείται. Νέοι δίσκοι: 80 λεπτά έως και 320 λεπτά, ανάλογα με τη συμπίεση που χρησιμοποιείται.
Hi-MD	Ψηφιακό	Έως και 13 ώρες σε ένα standard 80-minute MiniDisc. Έως και 45 ώρες σε ένα 1Gb Hi-MD (MiniDisc)
Digital Audio Player	Ψηφιακό	Αισίως 186 ώρες αναπαραγωγής ανά 10 GiB υποθέτοντας ένα μέσο bitrate των 28 kbit/s. Αισίως 372 ώρες με 64 kbit/s και 74 ώρες με 320 kbit/s.
DVD	Ψηφιακό	Περίπου 8.5 ώρες ανά layer (4.7 Gb), με μέγιστο δύο layers ανά πλευρά, ισοδύναμο με περίπου 35 ώρες σε dual layered δίσκο δύο πλευρών (μπορεί να αλλάξει λόγω συμπίεσης).
SACD	Ψηφιακό	Single-layer: 4.7 GB HD layer χωρίς CD layer. Dual-layer: 2 HD layers των συνολικά 8.5 GB, χωρίς CD layer.

DAT-tape	Ψηφιακό	120 λεπτά
DCC-tape	Ψηφιακό	105 λεπτά

Η τυπική διάρκεια ενός άλμπουμ βινυλίου είναι περίπου 15 με 25 λεπτά ανά πλευρά, εκτός από την κλασική μουσική και τον γραπτό λόγο που μπορούν να διαρκέσουν και 30 λεπτά ανά πλευρά. Εάν μία πλευρά υπερβεί τον μέσο χρόνο, το μέγιστο πλάτος του αυλακιού μειώνεται ώστε να κάνει χώρο για το πρόσθετο υλικό προγράμματος. Αυτό μπορεί να προκαλέσει “σφύριγμα” στον ήχο από τους χαμηλότερης ποιότητας ενισχυτές, όταν ανεβαίνει η ένταση για να αντισταθμίσει τα χαμηλότερα επίπεδα ηχογράφησης. Ένα ακραίο παράδειγμα, το LP Initiation του Todd Rundgren με 36 λεπτά μουσικής στη μία πλευρά, έχει μια “τεχνική σημείωση” στο κάτω μέρος της εσωτερικής του θήκης “Εάν ο ήχος δεν ακούγεται αρκετά δυνατά στο σύστημά σας, προσπαθήστε να επαναηχογραφήσετε τη μουσική σε κασέτα ήχου”. Το σύνολο των 40-45 λεπτών συχνά επηρεάζει τη διάταξη των track, με προτιμώμενες θέσεις τα track ανοίγματος και κλεισίματος της κάθε πλευράς.

Παρόλο που ο όρος EP χρησιμοποιείται συνήθως για να περιγράψει ένα single των 7" με περισσότερα από δύο tracks, τεχνικά δεν διαφέρει από ένα συνηθισμένο single 7". Το EP χρησιμοποιεί μειωμένο δυναμικό εύρος και μικρότερη run-off περιοχή αυλακιού για να επεκτείνει το χρόνο παίξιματος. Υπάρχουν όμως παραδείγματα single όπως το “Hey Jude” των The Beatles και το “Bohemian Rhapsody” των Queen, τα οποία είναι 6 λεπτά ή και παραπάνω. Αυτές οι μεγαλύτερης διάρκειας ηχογραφήσεις απαιτούσαν την ίδια τεχνική προσέγγιση όπως ένα EP. Ο όρος EP έχει χρησιμοποιηθεί και για τους 10" 45 rpm δίσκους, που συνήθως περιέχουν ένα μειωμένο αριθμό track.

4.4. Noise performance

Στα ηλεκτρικά σήματα ήχου, οι πηγές θορύβου συμπεριλαμβάνουν αναπόφευκτα μηχανικό, ηλεκτρικό και θερμικό θόρυβο σε έναν κύκλο αναπαραγωγής ή ηχογράφησης (από μικρόφωνα, ηχεία, ενισχυτές, εξοπλισμό αναπαραγωγής-ηχογράφησης κ.λ.π.). Εάν ένα ηχητικό σήμα, σε κάποιο στάδιο, μετατραπεί σε ψηφιακή μορφή θα επηρεάσει το πόσος θόρυβος θα προστεθεί. Η διαδικασία ψηφιακής μετατροπής θα προσθέτει πάντα κάποιο θόρυβο, ακόμα και μικρό σε ένταση. Το μεγαλύτερο μέρος αυτού σε ένα σύστημα υψηλής ποιότητας είναι ο θόρυβος κβαντισμού που θεωρητικά δεν μπορεί να αποφευχθεί αλλά θα υπάρχει και ένα μέρος θερμικού, ηλεκτρικού (κ.ο.κ.) θορύβου από την συσκευή μετατροπής από αναλογικό σε ψηφιακό ήχο.

Η ποσότητα θορύβου που προσθέτει ένα κομμάτι του εξοπλισμού στο αρχικό σήμα μπορεί να ποσοτικοποιηθεί. Μαθηματικά αυτό μπορεί να εκφραστεί μέσω του λόγου σήματος-προς-θόρυβο (SNR). Ορισμένες φορές αντί του SNR παρατίθεται το μέγιστο δυνατό δυναμικό εύρος του συστήματος. Σε ένα ψηφιακό σύστημα, ο αριθμός των στάθμεων κβαντισμού, θα έχει σχέση με τη στάθμη του θορύβου και της παραμόρφωσης που προστίθεται στο σήμα. Το ψηφιακό σύστημα των 16-bit του Red Book Audio CD έχει $2^{16} = 65,536$ πιθανά πλάτη σήματος, δίνοντας θεωρητικά ένα SNR στα 98 dB και ένα δυναμικό εύρος των 96 dB.

Προκειμένου να ανταποκριθεί ένας PCM quantizer στη μέγιστη θεωρητική απόδοση του συστήματος, για ένα σήμα εισόδου 0.5 V peak to peak, θα απαιτούσε μία ισοδύναμη ελάχιστη ευαισθησία εισόδου, μόλις 7.629 microvolts. Για μια αναλογική συσκευή, η ισοδύναμη ευαισθησία είναι 15.3 rpm για όλο το σύστημα ηχογράφησης/αναπαραγωγής και το μέσο. Στα ψηφιακά συστήματα η ποιότητα αναπαραγωγής εξαρτάται από τα βήματα μετατροπής από αναλογικό σε ψηφιακό και το αντίστροφο, και δεν εξαρτάται από την ποιότητα του μέσου, υπό την προϋπόθεση ότι μπορεί να διατηρήσει τις ψηφιακές τιμές χωρίς υπερβολικό ποσοστό σφάλματος (υπερβαίνοντας τη χωρητικότητα οποιουδήποτε μηχανισμού διόρθωσης λάθους που χρησιμοποιείται στο σύστημα).

Συνήθως, οτιδήποτε κάτω από 14 bits μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα αισθητά μειωμένη ποιότητα ήχου, τα 80 dB SNR θεωρούνται το άτυπο “ελάχιστο” για ήχο υψηλής πιστότητας. Ωστόσο είναι ασύνηθες να βρεθεί ψηφιακό μέσο να ορίζεται για λιγότερο από 14 bits, πέρα από το παλαιότερο 12-bit PCM Camcorder και τις παλαιότερου τύπου χαμηλού κόστους εξόδους λογισμικού Η/Υ και καρτών ήχου. Θεωρητικά, κάθε επιπρόσθετο bit κβαντισμού προσθέτει 6 dB σε δυναμικό εύρος (π.χ. $24 \times 6 = 144$ dB για 24 bit κβαντισμού, 126 dB για 21-bit, και 120 dB για 20-bit).

4.5. Rumble

Το Rumble είναι μία μορφή του χαρακτηριστικού θορύβου των φθηνών ή φθαρμένων πικάπ. Εξαιτίας των ατελειών στα ρουλεμάν των πικάπ, η πιατέλα τείνει να έχει μια μικρή ποσότητα κίνησης πέρα από την επιθυμητή περιστροφή – η επιφάνεια του πικάπ μετακινείται ελαφρώς πάνω-κάτω και από πλευρά σε πλευρά. Η επιπρόσθετη κίνηση προστίθεται στο επιθυμητό σήμα ως θόρυβος, συνήθως πολύ χαμηλής συχνότητας, δημιουργώντας έναν ήχο σαν βουητό κατά τη διάρκεια των παύσεων (περασμάτων). Τα πολύ φθηνά πικάπ ορισμένες φορές χρησιμοποιούσαν ρουλεμάν ball που ήταν πολύ πιθανό να δημιουργήσουν ηχητικά αισθητές ποσότητες rumble. Τα πιο ακριβά πικάπ

τείνουν να χρησιμοποιούν ρουλεμάν massive sleeve τα οποία ήταν λιγότερο πιθανό να δημιουργήσουν ενοχλητικές ποσότητες rumble. Επίσης, η αυξημένη μάζα ενός πικάπ τείνει να μειώσει το rumble. Ένα καλό πικάπ θα πρέπει να έχει rumble το λιγότερο 60 dB κάτω από την καθορισμένη στάθμη εξόδου του πικάπ.

4.6. Wow και flutter

Το wow και flutter είναι το αποτέλεσμα των ατελειών στη μηχανική απόδοση των αναλογικών συσκευών και γίνονται περισσότερο αντιληπτά σε σήματα που περιέχουν καθαρούς τόνους. Για παράδειγμα, 0.22% (rms) wow μπορεί να ανιχνευτεί από τους ακροατές στη μουσική πιάνο, όμως αυξάνει στο 0.56% στη τζαζ μουσική. Στους δίσκους LP, η ποιότητα του πικάπ έχει σημαντική επίδραση στα επίπεδα του wow και flutter. Ένα καλό πικάπ θα έχει τιμές wow και flutter κάτω από 0.05% που είναι η διακύμανση της ταχύτητας σε σύγκριση με τη μέση τιμή. Το wow και flutter μπορεί να είναι παρόν και κατά την ηχογράφιση ως αποτέλεσμα της ελαττωματικής λειτουργίας του recorder, όμως στις εμπορικές ηχογραφήσεις που έχουν εκδοθεί, το ενσωματωμένο wow και flutter είναι συνήθως πολύ μικρό, και αρκετά μικρότερο από το wow και flutter που δημιουργείται από τον εξοπλισμό αναπαραγωγής.

4.7. Συχνοτική Απόκριση

Η συχνοτική απόκριση του audio CD είναι επαρκώς ευρεία ώστε να καλύπτει ολόκληρο το ακουστικό φάσμα, το οποίο εκτείνεται από 20 Hz έως 20kHz. Οι εμπορικές και βιομηχανικές συσκευές ψηφιακής εγγραφής, ηχογραφούν υψηλότερες συχνότητες, ενώ καταναλωτικά συστήματα κατώτερα του CD ηχογραφούν ένα πιο περιορισμένο εύρος συχνοτήτων.

Στα ψηφιακά συστήματα, η μέγιστη απόκριση συχνότητας “ενσωματώνεται” από την συχνότητα δειγματοληψίας. Η επιλογή του sample rate που χρησιμοποιείται σε ένα ψηφιακό σύστημα βασίζεται στο θεώρημα δειγματοληψίας Nyquist-Shannon. Σύμφωνα με το θεώρημα, ένα δειγματοληψιμένο σήμα μπορεί να αναπαραχθεί επακριβώς αρκεί να έχει δειγματοληψιστεί σε συχνότητα μεγαλύτερη από το διπλάσιο του εύρους ζώνης του σήματος. Ως εκ τούτου, ένας ρυθμός δειγματοληψίας των 40kHz αρκεί για να συλλάβει όλες τις πληροφορίες που εμπεριέχονται σε ένα σήμα με εύρος ζώνης μέχρι 20kHz. Η δυσκολία έγκειται στην αφαίρεση όλου του περιεχομένου του σήματος που υπερβαίνει τα 20kHz και αν δεν γίνει αυτό τότε μπορεί να γίνει aliasing σε αυτές τις υψηλότερες συχνότητες.

Οι υψηλής ποιότητας open-reel συσκευές εκτείνονται από τα 10 Hz έως ελάχιστα πάνω από τα 20 kHz. Η γραμμικότητα της απόκρισης υποδεικνύεται από την παροχή πληροφοριών σχετικά με το επίπεδο της απόκρισης σε σχέση με μία συχνότητα αναφοράς. Για παράδειγμα, ένα σύστημα μπορεί να έχει δεδομένη απόκριση 20 Hz – 20 kHz +/- 3 dB στο 1kHz. Ορισμένοι κατασκευαστές αναλογικής ταινίας καθορίζουν την συχνοτική απόκριση έως τα 20 kHz, όμως οι μετρήσεις αυτές ενδέχεται να έχουν γίνει σε σήματα χαμηλότερης στάθμης. Η απόκριση των compact cassettes εκτείνεται έως και τα 15 kHz στα 0 dB.

Η συχνοτική απόκριση ενός συμβατικού LP player είναι στα 20 Hz – 20 kHz +/- 3 dB. Σε αντίθεση με το CD ήχου, οι δίσκοι βινυλίου (και οι κασέτες) δεν απαιτούν αποκοπή στις συχνότητες που ξεπερνούν τα 20 kHz. Η απόκριση των χαμηλών συχνοτήτων των δίσκων βινυλίου περιορίζεται από το rumble ενώ η απόκριση στις υψηλές συχνότητες εξαρτάται από την κεφαλή του πικάπ. Μιας καλής ποιότητας γραφίδα σε συνδυασμό με έναν σωστά ρυθμισμένο βραχίονα πικάπ, προκαλούν την ελάχιστη δυνατή φθορά στην επιφάνεια του δίσκου.

Η μαγνητικές ταινίες, ψηφιακές και αναλογικές, φθείρονται από την τριβή που προκαλείται από την τριβή της ταινίας και των κεφαλών, των οδηγών, καθώς και άλλων μερών της μεταφοράς της ταινίας, καθώς η ταινία ολισθαίνει πάνω τους.

Κατά την αναπαραγωγή ενός CD δεν εμπλέκεται καμία φυσική επαφή και τα δεδομένα διαβάζονται οπτικά με τη χρήση μίας ακτίνας λέιζερ. Ως εκ τούτου, το μέσο δεν υφίσταται καμία φθορά και το CD με την κατάλληλη φροντίδα ακούγεται το ίδιο κάθε φορά που παίζεται. Τα CD-R ωστόσο, φθείρονται με την πάροδο του χρόνου ακόμα και αν αποθηκεύονται σωστά και δεν χρησιμοποιούνται (disc rot).

4.8. Aliasing

Σε αντίθεση με τα ψηφιακά ηχητικά συστήματα, τα αναλογικά συστήματα δεν χρειάζονται φίλτρα για bandlimiting (περιορισμό ζωνικού εύρους ??). Τέτοια φίλτρα χρησιμοποιούνται στον ψηφιακό εξοπλισμό ώστε να αποτρέψουν την aliasing παραμόρφωση. Στα πρώτα ψηφιακά συστήματα, τα anti-aliasing φίλτρα ήταν υπεύθυνα για αλλοιώσεις του σήματος όπως η χρονική διασπορά, η μη γραμμική παραμόρφωση και η εξάρτηση των φίλτρων από τη θερμοκρασία. Ακόμα και με εξελιγμένα anti-aliasing φίλτρα στα ψηφιακά recorders, το ίδιο το player θα πρέπει να μην εισάγει περισσότερη παραμόρφωση.

4.9. Jitter

Ένας ακόμα παράγοντας που θα μπορούσε να αποτρέψει την βέλτιστη λειτουργία των ψηφιακών συστημάτων είναι το jitter. Το όνομα αυτό δόθηκε στο φαινόμενο των διακυμάνσεων στις αποστάσεις των διακριτών δειγμάτων στο χρόνο μέσα σε μια ροή δειγμάτων που απαρτίζουν ένα (αποκωδικοποιημένο) ψηφιακό σήμα. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε χρονικές ανακρίβειες του ψηφιακού ρολογιού. Ιδανικά ένα ψηφιακό ρολόι πρέπει να παράγει έναν χρονικό παλμό σε ακριβή τακτά διαστήματα. Άλλες μορφές jitter μέσα στα κυκλώματα των ψηφιακών συστημάτων είναι το data-induced (προκαλούμενο από τα δεδομένα) jitter όπου ένα μέρος της ψηφιακής ροής επηρεάζει ένα επόμενο μέρος καθώς ρέει μέσα στο σύστημα, και το jitter που προκαλείται από την πηγή τροφοδοσίας (power supply jitter) όπου ο DC κυματισμός στις ράγες εξόδου της τροφοδοσίας προκαλεί ανωμαλίες στον χρονισμό των σημάτων στα κυκλώματα που τροφοδοτούνται από τις ράγες αυτές.

4.10. Θόρυβος κβαντισμού

Τα αναλογικά συστήματα δεν έχουν διακριτές ψηφιακές στάθμες στις οποίες κωδικοποιείται το σήμα. Κατά συνέπεια το αρχικό σήμα μπορεί να διατηρηθεί με ακρίβεια η οποία περιορίζεται μόνο από τον εσωτερικό θόρυβο δαπέδου (intrinsic noise-floor) και τη μέγιστη στάθμη σήματος του μέσου και του εξοπλισμού αναπαραγωγής, δηλαδή το δυναμικό εύρος του συστήματος. Στα ψηφιακά συστήματα, ο θόρυβος που προστίθεται εξαιτίας του κβαντισμού σε διακριτές στάθμες είναι πιο ενοχλητικός από τον θόρυβο δαπέδου στα αναλογικά συστήματα. Αυτή η μορφή παραμόρφωσης, που ονομάζεται και granular (κοκκώδης) ή παραμόρφωση κβαντοποίησης, επισημαίνεται ως σφάλμα σε ορισμένα ψηφιακά συστήματα και ηχογραφήσεις. Ωστόσο, τα ελαττώματα κάποιων πρώιμων ψηφιακών ηχογραφήσεων κατέστησαν την ψηφιακή τους έκδοση κατώτερη της αναλογικής. Η στάθμη του θορύβου κβαντισμού καθορίζεται απευθείας από τον αριθμό των bits της ανάλυσης κβαντοποίησης, με το να μειώνεται εκθετικά σε σχέση με αυτόν (ή γραμμικά σε μονάδες dB), και με έναν επαρκή αριθμό πραγματικών (true) bits κβαντοποίησης, τυχαίος θόρυβος προερχόμενος από άλλες πηγές θα κυριαρχήσει και θα καλύψει τελείως τον θόρυβο κβαντισμού.

4.11. Συνθήκες υπερφόρτωσης και Δυναμικό Εύρος

Υπάρχουν ορισμένες διαφορές στη συμπεριφορά των αναλογικών και ψηφιακών συστημάτων όταν υπάρχουν υψηλές στάθμες σήματος, όπου υπάρχει η πιθανότητα τα σήματα αυτά να οδηγήσουν το σύστημα σε υπερφόρτωση. Με υψηλές στάθμες σήματος, η αναλογική μαγνητική ταινία προσεγγίζει τον κορεσμό (saturation), και η απόκριση υψηλών συχνοτήτων μειώνεται σε σχέση με την απόκριση χαμηλών συχνοτήτων. Στα ψηφιακά PCM recorders, τα δείγματα που υπερβαίνουν τη μέγιστη στάθμη κβαντοποίησης απλά κόβονται, ψαλιδίζοντας τετραγωνικά την κυματομορφή και έτσι εισάγουν παραμόρφωση με την μορφή μεγάλων ποσοτήτων αρμονικών υψηλών συχνοτήτων. Η “απαλότητα” του ψαλιδίσματος της αναλογικής ταινίας επιτρέπει ένα χρησιμοποιήσιμο δυναμικό εύρος το οποίο μπορεί να υπερβεί αυτό ορισμένων PCM digital recorders.

4.12. Υποκειμενική Αξιολόγηση

Η υποκειμενική αξιολόγηση επιχειρεί να μετρήσει το πόσο καλά εκτελείται ένα ακουστικό στοιχείο σύμφωνα με το ανθρώπινο αυτί. Η πιο συνηθισμένη μορφή υποκειμενικού τεστ, είναι ένα ακουστικό τεστ στο οποίο το ακουστικό στοιχείο χρησιμοποιείται απλά στο πλαίσιο για το οποίο σχεδιάστηκε. Το τεστ αυτό είναι δημοφιλές στους κριτικούς των hi-fi. Το στοιχείο παίζεται για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και ο κριτικός περιγράφει την εκτέλεση με υποκειμενικούς όρους. Οι συνηθέστερες περιγραφές είναι το κατά πόσον το ακουστικό στοιχείο έχει “φωτεινό” ή “θαμπό” ήχο, και αν το στοιχείο καταφέρνει να αποδώσει μια “χωροταξική εικόνα”.

Ένας άλλος τύπος υποκειμενικού τεστ γίνεται υπό περισσότερο ελεγχόμενες συνθήκες και επιχειρεί να επιχειρεί να αφαιρέσει πιθανές προκαταλήψεις από τα ακουστικά τεστ. Τα τεστ αυτού του είδους ονομάζονται “τυφλά τεστ” και το στοιχείο δεν είναι ορατό στον ακροατή. Για να αποτραπεί τυχόν προκατάληψη από το άτομο που κάνει το τεστ, το τυφλό τεστ μπορεί να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να μη γνωρίζει το άτομο αυτό το υπό εξέταση στοιχείο. Το τεστ αυτό ονομάζεται “διπλά-τυφλό τεστ” και συνήθως χρησιμοποιείται για να αξιολογεί την απόδοση ψηφιακών audio codecs.

4.13. Συγκριτικοί Πίνακες και Διαγράμματα.

Πίνακας 4.B. Σύγκριση παραμέτρων DVD-Audio και Audio CD.

Μορφή	DVD-Audio	Audio CD
Χωρητικότητα	4.7 GB	640 MB
Μέγεθος(cm)	8/12	8/12
Κανάλια	6 max.	2
Συχνοτική Απόκριση (kHz)	DC~ 96	5-20
Δυναμικό Εύρος (dB)	144	96
Χρόνος εγγραφής (λεπτά)	74 (ή και περισσότερα)	74
Μορφή ηχητικού σήματος	PCM	PCM
Κβαντισμός	12-, 20-, 24-bit	16-bit

Πίνακας 4.C. Σύγκριση παραμέτρων CD και LP.

Μορφή	CD	LP
Διάμετρος Δίσκου	120 mm	305mm
Μέγιστη Διάρκεια Αναπαραγωγής (λεπτά)	74	32 (η μία πλευρά)
Αριθμός tracks	20,625	1.060 max.
Διάμετρος lead-in (mm)	46	302
Διάμετρος lead-out (mm)	116	121
Συνολικό μήκος των tracks (mm)	5300	705 max.
Γραμμική Ταχύτητα	1.2 ή 1.4 m s ⁻¹	528-211 mm s ⁻¹

Πίνακας 4.D. Σύγκριση συστημάτων CD και LP.

Σύστημα	CD	LP
Συχνοτική Απόκριση	20 Hz–20 kHz } 0.5 dB	30 Hz–20 kHz } 3 dB
Δυναμικό Εύρος	Πάνω από 90 dB	70 dB (στο 1 kHz)
S/N	90 dB (με MSB)	60 db
Αρμονική Παραμόρφωση	Λιγότερη από 0.01%	1-2%
Wow and Flutter	Ακρίβεια quartz	0.03%
Διάμετρος Δίσκου (cm)	12	30
Διάρκεια Αναπαραγωγής (λεπτά)	60	20–25
Ανθεκτικότητα Δίσκου	Ημι-μόνιμος	Η απόκριση των υψηλών συχνοτήτων φθίνει σε κάποιες δεκάδες παιχνίματα.
Ανθεκτικότητα Γραφίδας (ώρες) Λειτουργία	Πάνω από 5000	500-600

Πίνακας 4.E. Σύγκριση συστημάτων CD και MD.

Compact Disc	MiniDisc
Αναλογική είσοδος	Αναλογική είσοδος
A/D μετατροπή	A/D μετατροπή ATRAC κωδικοποίηση Data buffering
CIRC κωδικοποίηση	ACIRC κωδικοποίηση
Εγγραφή δίσκου	Εγγραφή δίσκου
Αναπαραγωγή δίσκου	Αναπαραγωγή δίσκου
D/A μετατροπή	D/A μετατροπή
Αναλογική έξοδος	Αναλογική έξοδος

Πίνακας 4.F. Σύγκριση παραμέτρων SACD και CD.

Μορφή	SACD	CD
Διάμετρος Δίσκου (cm)	12	12
Πάχος Δίσκου (mm)	1.2	1.2
Πλευρές Αναπαραγωγής	1	1
Τύποι Δίσκου	3 (single, dual, hybrid)	1
Κωδικοποίηση	1-bit DSD	16-bit PCM
Συχνότητα δειγματοληψίας	2.8224 MHz	44.1 KHz
Χωρητικότητα Δεδομένων (MB)	4700 (single layer) 8540 (dual layer_	780
Συχνοτικό Εύρος Αναπαραγωγής	DC- πάνω από 100 kHz	20Hz-20kHz
Δυναμικό Εύρος	Πάνω από 120 dB	96 dB
Μέγιστη διάρκεια ηχογράφησης (λεπτά)	Περίπου 110 (2 κανάλια/dual layer)	74
Μέγιστος αριθμός tracks	255	99

Η συχνοτική απόκριση της κασέτας, ως αναλογικό μέσο, δεν είναι συγκεκριμένη. Ποικίλει ανάλογα με τον τύπο της κασέτας και την ποιότητα του cassette deck. Στα αναλογικά μέσα δεν υπάρχει συχνότητα δειγματοληψίας. Δεν υπάρχει περιοδική συχνότητα όπου ένας analog-to-digital converter μετράει το πλάτος της αναλογικής κυματομορφής σε μία δεδομένη στιγμή και αποθηκεύει έναν αριθμό που την αντιπροσωπεύει. Αντιθέτως η αναλογική τεχνολογία καταγράφει και αναπαράγει το σύνολο της πραγματικής συνεχούς κυματομορφής και όχι δείγματα αυτής.

Ένα καλό stereo cassette deck μπορεί να φτάσει έως και τα 20kHz, όχι όμως και ένα boombox ή ένα Walkman.

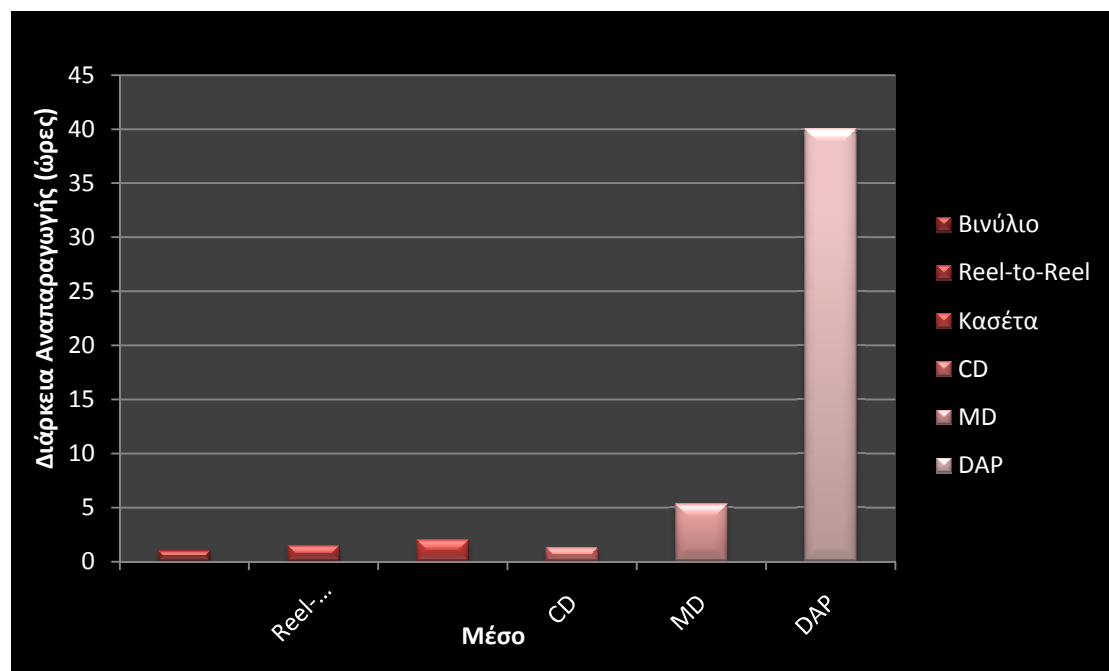
Πίνακας 4.G. Σύγκριση Παραμέτρων των Βασικότερων Συστημάτων Αναπαραγωγής Ήχου

	Βινύλιο	Reel-to-Reel	Κασέτα	CD	MD	DAP
Διάρκεια Αναπαραγωγής	1 ώρα	1.5 ώρες	2 ώρες	80 λεπτά	320 λεπτά(LP4 mode)	372 ώρες
Συχνοτική Απόκριση	20 Hz – 20 kHz }+/- 3 dB	40 Hz – 16 kHz }+/- 3 dB (7 1/2 ips)	30Hz – 16kHz}+/- 3dB	30 Hz– 20 kHz } 3 dB	5Hz- 20kHz} +/- 3 dB	20Hz- 20kHz
S/N ratio (dB)	60	60	70-76 (dolby C)	90	>100	98
Δυναμικό Εύρος (dB)	65-70	70	70**	96	105	>96*
Αρμονική Παραμόρφωση %	<0.01	<1		1-2	<0.003	<0.03

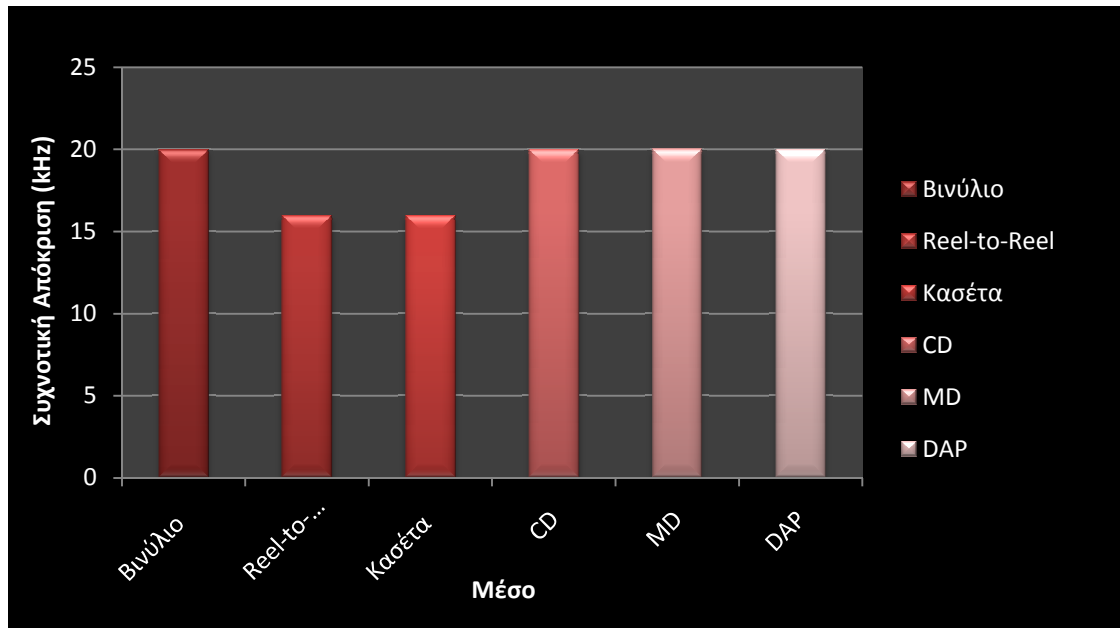
*έως και 117 dB για software based συστήματα (NI PXI 4464 data acquisition cards)

** Οι εμπορικές αναλογικές κασέτες ήχου έχουν δυναμική περιοχή από 60 έως 70 dB. Το δυναμικό εύρος των direct-cut δίσκων βινυλίου μπορεί να υπερβεί τα 70 dB. Οι αναλογικές studio master κασέτες που χρησιμοποιούν Dolby-A μείωση θορύβου μπορεί να έχουν ένα δυναμικό εύρος περίπου στα 80 dB.

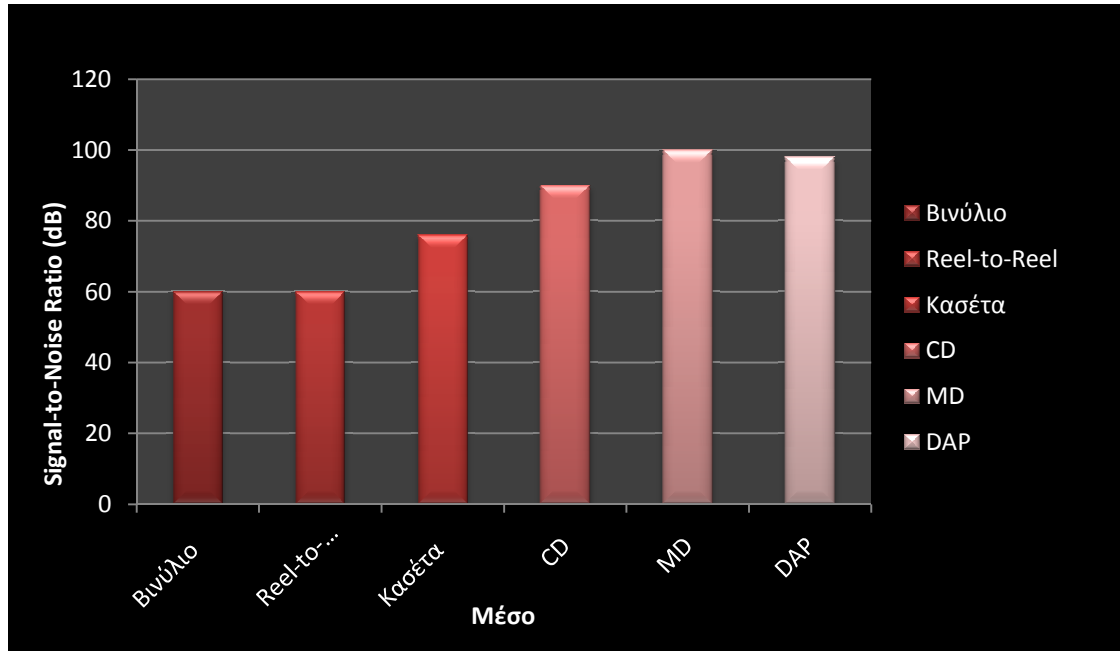
Διάγραμμα 1. Διάρκεια Αναπαραγωγής



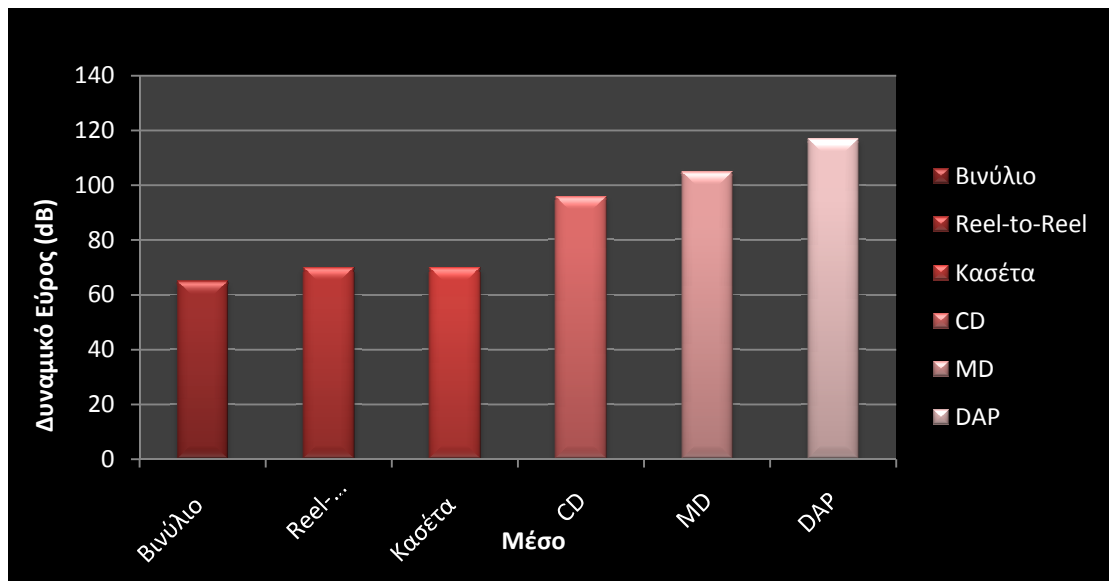
Διάγραμμα 2. Συχνοτική Απόκριση



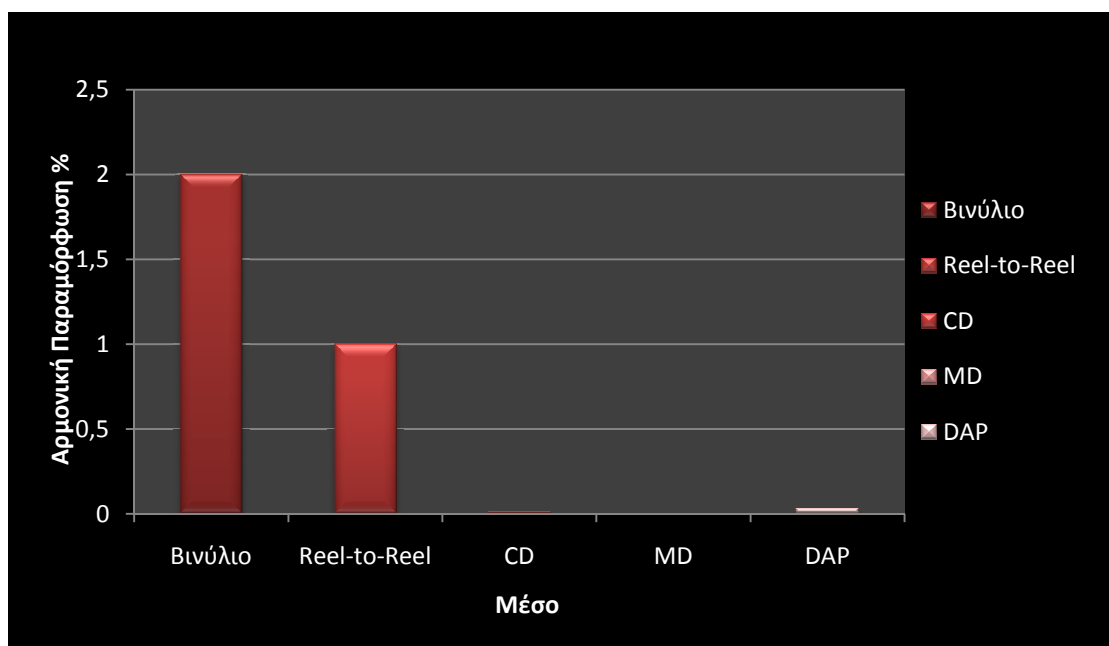
Διάγραμμα 3. Signal-to-Noise Ratio



Διάγραμμα 4. Δυναμικό Εύρος



Διάγραμμα 5. Αρμονική Παραμόρφωση



4.14. Συμπεράσματα

Και τα δύο συστήματα, αναλογικά και ψηφιακά, έχουν περιορισμούς. Το εύρος ζώνης του ψηφιακού συστήματος, σύμφωνα με τη συχνότητα Nyquist, περιορίζεται από τη συχνότητα δειγματοληψίας που χρησιμοποιείται. Το εύρος ζώνης ενός αναλογικού συστήματος περιορίζεται από τις φυσικές δυνατότητες των αναλογικών κυκλωμάτων και του μέσου αναπαραγωγής. Ο λόγος σήματος-προς θόρυβο ενός ψηφιακού συστήματος περιορίζεται από το bit depth της διαδικασίας ψηφιοποίησης. Ένα αναλογικό σύστημα περιορίζεται από άλλες φυσικές αναλογικές πηγές θορύβου όπως το flicker noise και ατέλειες πάνω στο μέσο αναπαραγωγής.

Αποτελεί μείζων θέμα συζήτησης το αν ο αναλογικός ήχος είναι ανώτερος από τον ψηφιακό ή το αντίστροφο. Το ερώτημα εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την ποιότητα των υπό εξέταση συστημάτων (αναλογικών ή ψηφιακών), καθώς και άλλους παράγοντες που δεν συνδέονται απαραίτητα με την ποιότητα ήχου. Στα επιχειρήματα για τα αναλογικά συστήματα συμπεριλαμβάνεται η απουσία μηχανισμών λάθους, οι οποίοι υπάρχουν στα ψηφιακά συστήματα. Οι υπέρμαχοι των ψηφιακών συστημάτων τονίζουν την υψηλού επιπέδου απόδοση, την εξαιρετική γραμμικότητα των ακουστών ζωνών και τα χαμηλά επίπεδα θορύβου και παραμόρφωσης (Sony Europe 2001).

Η ακριβής και υψηλής ποιότητας αναπαραγωγή ήχου είναι εφικτή και με τα δύο συστήματα. Εξαιρετικά και ακριβή αναλογικά συστήματα μπορούν να ξεπεράσουν σε απόδοση τα ψηφιακά συστήματα και το αντίστροφο. Θεωρητικά, οποιοδήποτε σύστημα, οποιουδήποτε τύπου μπορεί να ξεπεραστεί από ένα καλύτερο, πιο περίτεχνο και ακριβό σύστημα του άλλου τύπου, όμως σε γενικές γραμμές τείνει να κοστίζει λιγότερο το να επιτευχθεί ένα δεδομένο επίπεδο ποιότητας τεχνικού ηχητικού σήματος με ένα ψηφιακό σύστημα, εκτός εάν το επίπεδο είναι πολύ χαμηλό. Μία από τις πλέον περιοριστικές πτυχές ενός της αναλογικής τεχνολογίας είναι η ευαισθησία των αναλογικών μέσων στην ελάχιστη φυσική φθορά. Ωστόσο, όταν η φθορά είναι πιο εμφανής, τα αναλογικά συστήματα έχουν συνήθως καλύτερες επιδόσεις, συχνά αναπαράγοντας αναγνωρίσιμο ήχο εκεί που τα ψηφιακά αποτυγχάνουν τελείως, αδυνατώντας να αναπαράγουν οτιδήποτε από το μέσο. Η ποιότητα του αναπαραγόμενου ήχου αν και αποτελεί τον βασικότερο παράγοντα σύγκρισης μεταξύ των εμπορικών ηχητικών συστημάτων δεν παύει να είναι μόνο μία παράμετρος για την επιλογή συσκευής από το αγοραστικό κοινό. Η Ιστορία μας δείχνει πως η εμπορική επιτυχία ενός συστήματος και κατ'επέκταση η καθιέρωσή του στην αγορά εξαρτάται και από 5 άλλους βασικούς παράγοντες: χωρητικότητα, συμβατότητα, ευκολία στη χρήση, φορητότητα και τιμή. Η βαρύτητα που δίνεται στον κάθε παράγοντα διαφέρει από καταναλωτή σε καταναλωτή.

Κεφάλαιο 5^ο : ΠΟΛΥΜΕΣΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

5.1. Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε

Hardware:

- HP G62 Notebook PC (Επεξεργαστής Intel® Core™ i3 CPU M350 @ 2,27 GHz, RAM 4,00 GB)
- **Ενισχυτής:** Yamaha CR800
- **Κασετόφωνο:** Yamaha K850
- **Pick up:** Pioneer PL255

Software:

- Windows 7 Home Premium
- Adobe Photoshop CS5 (64bit)
- Adobe Dreamweaver CS5
- Adobe Fireworks CS5
- Nuendo

Λεπτομέρειες του κομματιού που χρησιμοποιήθηκε:

Track: Stairway to heaven (7:55)

Album: Led zeppelin IV

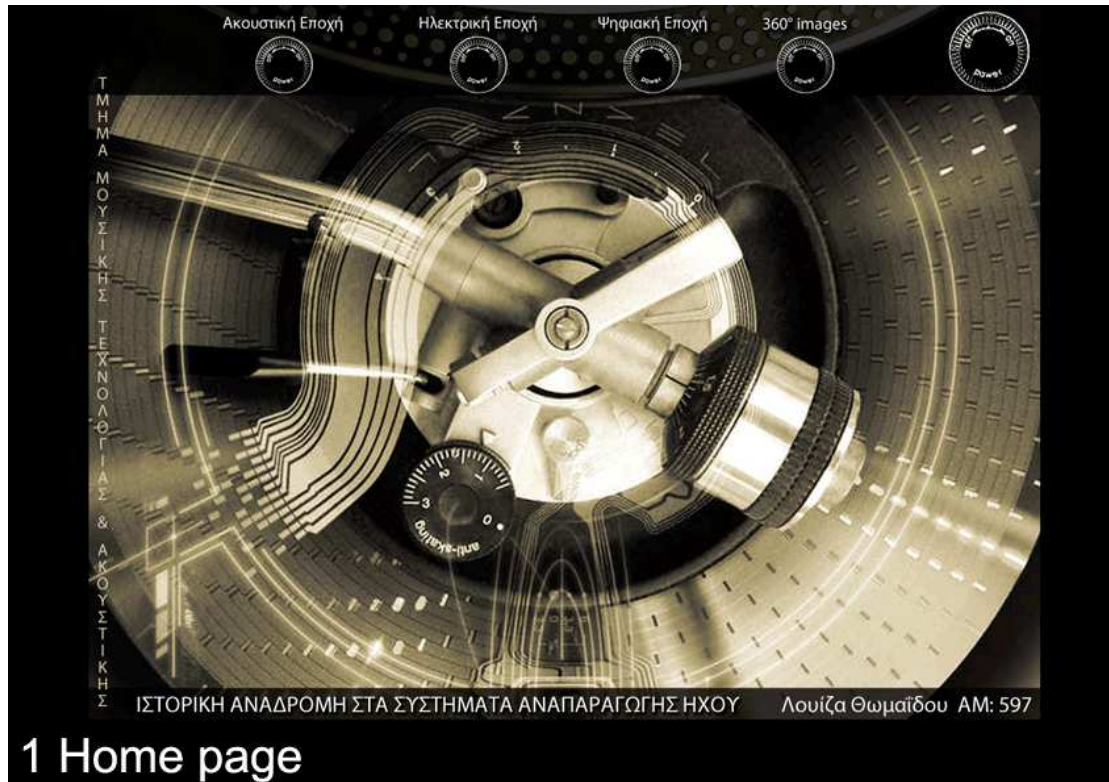
Artist: Jimmy Page & Robert plan

Label: Atlantic

Released: 1977

5.2. Επεξήγηση Λειτουργίας της Πολυμεσικής Εφαρμογής

5.2.1. Αρχική Σελίδα



1_home page: Είναι η αρχική σελίδα της εφαρμογής, τα ποψ στο πάνω μέρος της εικόνας είναι κουμπιά (buttons) μέσω των οποίων ο χρήστης μπορεί να μεταβεί στις σελίδες της εφαρμογής.

Η αρχική σελίδα της εφαρμογής (εικόνα 1Home page) περιλαμβάνει 5 κουμπιά στο άνω μέρος της εφαρμογής (Ακουστική Εποχή, Ηλεκτρική Εποχή, Ψηφιακή Εποχή, 360 images και το κουμπί ηχητικών παραδειγμάτων) τα οποία εάν πατηθούν γίνονται πράσινα ώστε να γνωρίζει ο χρήστης τη σελίδα στην οποία βρίσκεται τη δεδομένη στιγμή.

5.2.2. Σελίδες: Ακουστική/Ηλεκτρική/Ψηφιακή Εποχή

Κάθε μία από τις τρεις εποχές, όπως αναφέρονται στα προηγούμενα κεφάλαια της παρούσας εργασίας, έχει διαχωριστεί σε ξεχωριστή σελίδα (εικόνα 2 page). Η κάθε σελίδα περιέχει 2 sliders, ένα για την προβολή των εικόνων και ένα για την προβολή του επεξηγηματικού κειμένου παρουσίασης. Η μετάβαση σε αυτές τις σελίδες γίνεται πατώντας τα κουμπιά "Ακουστική/Ηλεκτρική/Ψηφιακή εποχή" αντίστοιχα. Στις κενές αριστερές θέσεις αντιστοιχούν οι εικόνες και στη δεξιά πλευρά το κείμενο της παρουσίασης που τις συνοδεύει.

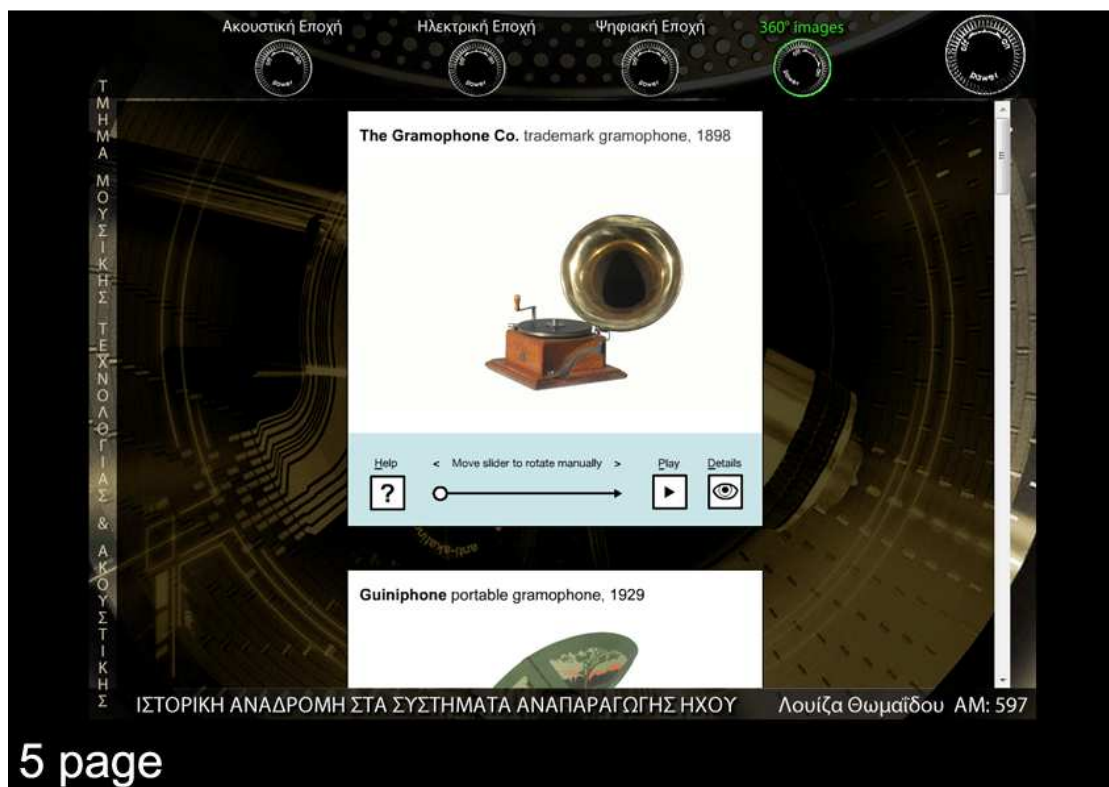


2_Page: Η σελίδα «Ακουστική Εποχή». Η πράσινη ένδειξη στο κουμπί υποδηλώνει τη σελίδα που βρίσκεται ο χρήστης. Αντίστοιχη δομή έχουν και οι σελίδες «Ηλεκτρική Εποχή» και «Ψηφιακή Εποχή».

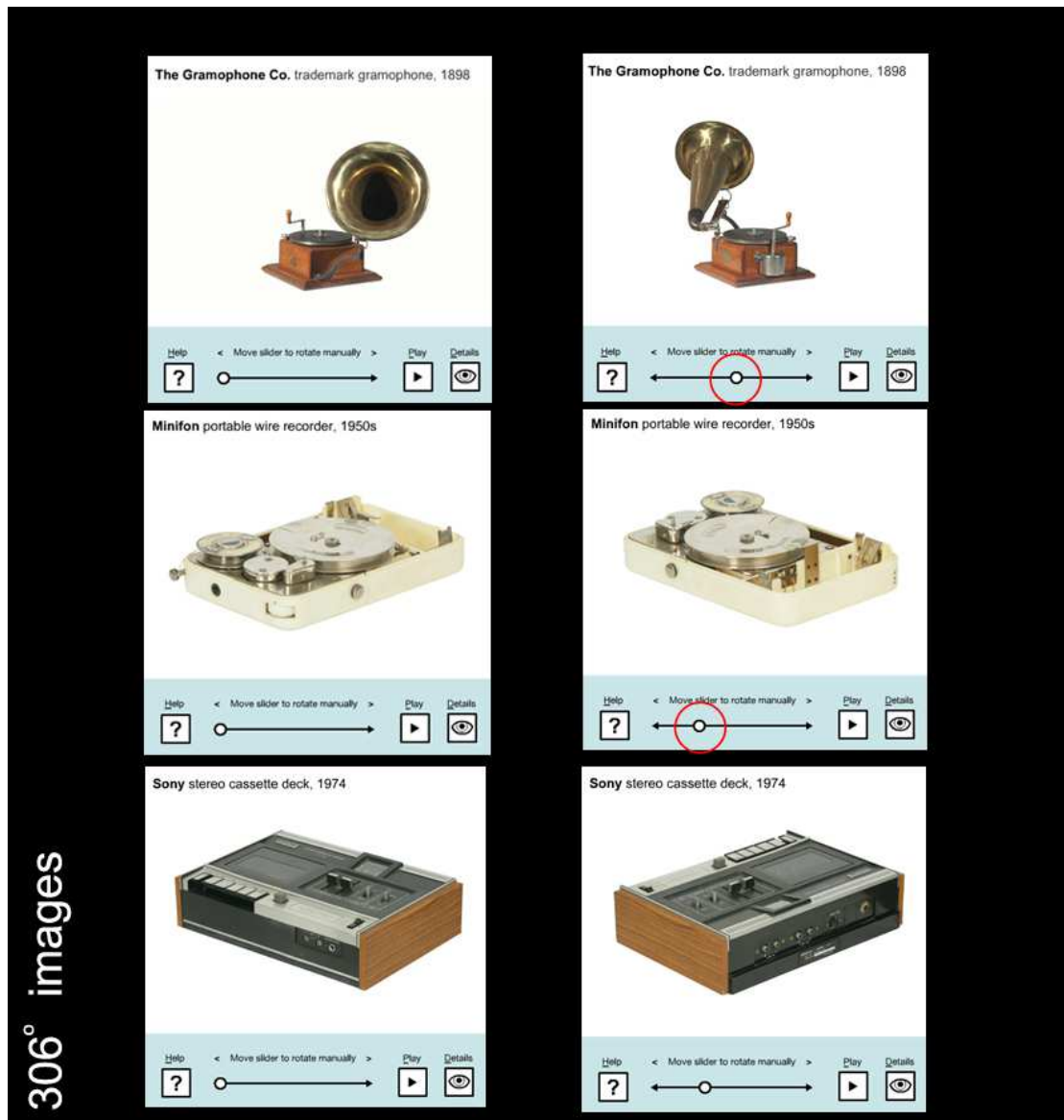
5.2.3. Σελίδα Διαδραστικών Παραδειγμάτων

Η μετάβαση στη σελίδα των διαδραστικών παραδειγμάτων (εικόνα 5 page) γίνεται πατώντας το κουμπί 360 images. Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει εικόνες από ιδιαίτερες συσκευές αναπαραγωγής ήχου τις οποίες ο χρήστης μπορεί να μετακινήσει κατά 360 μοίρες (εικόνα 360° images) καθώς και να προβάλει περαιτέρω λεπτομέρειες της συσκευής πατώντας το κουμπί Details. Με το κουμπί Play πραγματοποιείται αυτόματη περιστροφή του υπό εξέταση αντικειμένου αντί για χειροκίνητη.

Η σελίδα αυτή περιέχει συνολικά 9 παραδείγματα, κάθε ένα εκ των οποίων έχει επιλογές play/pause και slider περιστροφής, και κουμπί Details που δίνει μενού επιπλέον πληροφοριών και στατικών μεγενθυμένων εικόνων της εκάστοτε συσκευής.



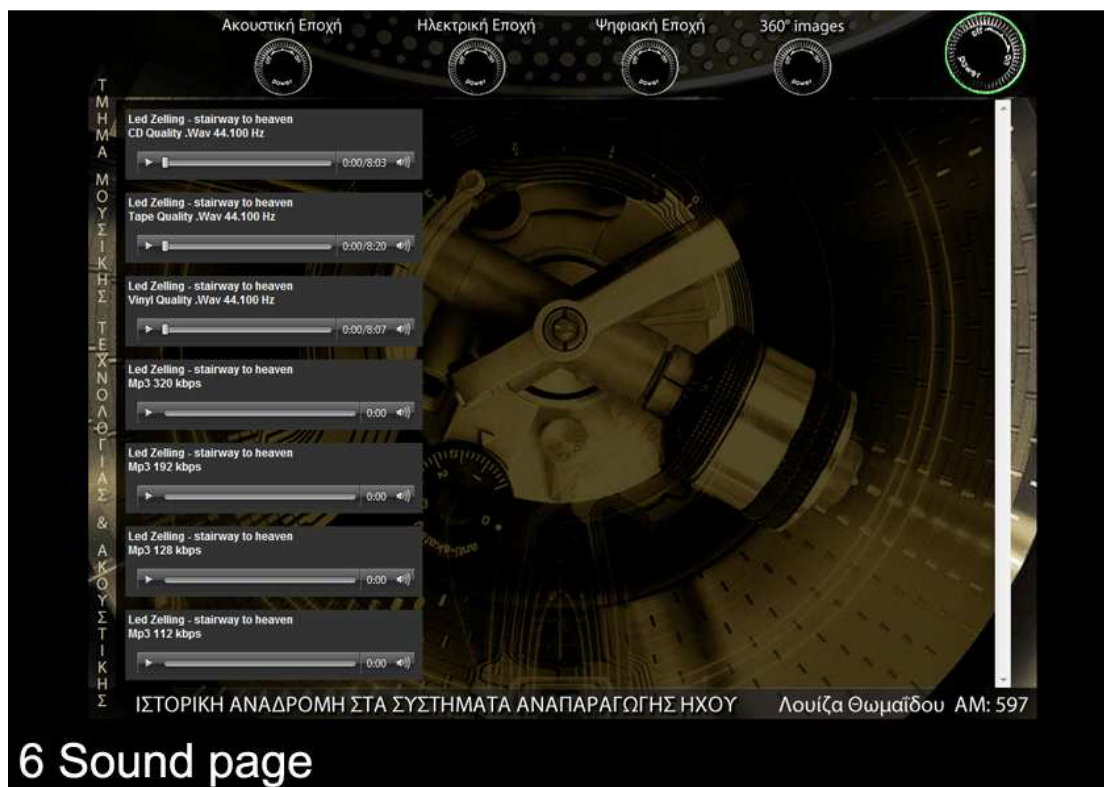
5_page: Η σελίδα των διαδραστικών παραδειγμάτων.



360° images: Διαδραστικά παραδείγματα όπως φαίνονται κατά την περιστροφή τους. Η κόκκινη ένδειξη σημειώνει τη μετακίνηση του slider.

5.2.4. Σελίδα Ηχητικών Παραδειγμάτων

Η μετάβαση στη σελίδα ηχητικών παραδειγμάτων (εικόνα sound page) γίνεται πατώντας το τελευταίο δεξιά button της εφαρμογής (είναι οπτικά μεγαλύτερο από τα υπόλοιπα). Η σελίδα αυτή περιέχει τα ηχητικά παραδείγματα που θα ακουστούν κατά την παρουσίαση. Είναι ένα σύνολο 7 ηχητικών παραδειγμάτων του κομματιού “Stairway to Heaven” : από Cd, βινύλιο, 4 διαφορετικές συμπίεσεις mp3 και κασέτα καθώς και ένα ηχητικό παράδειγμα του Hungarian Dance No2 του Brahms, ηχογραφημένο από το Grafonola. Κάθε track έχει το δικό του player με κουμπί play/pause, slider για δυνατότητα αυξομείωσης της έντασης του ήχου και slider για επιλογή συγκεκριμένης χρονικής στιγμής.



6_sound page: Η σελίδα ηχητικών παραδειγμάτων.

****Υποσημείωση:** Το κείμενο "ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΧΟΥ" στις σελίδες 2, 3, 4, 5 και 6 είναι button με το οποίο ο χρήστης πατώντας το, μπορεί να μεταβεί απευθείας στην αρχική σελίδα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Συγγράμματα

Millard Andre, "America on Record: A History of Recorded Sound", Cambridge University Press 2005 2nd Edition. (ISBN 0-521-54281-2)

Watkinson John, "The Art of Digital Audio". Focal Press 2001 3rd Edition. (ISBN 0-240-51587-0)

Maes Jan and Vercammen Mark, Sony Service Center (Europe), "Digital Audio Technology: A guide to CD, MiniDisc, SACD, DVD(A), MP3 and DAT". Focal Press 2001 4th Edition. (ISBN 0-240-51654-0)

Utz Peter, "Introduction to Audio". A-R Editions 2003. (ISBN 0-895-79512-4)

Morton David L.Jr, "Sound Recording: The Life Story of a Technology". Greenwood Press 2004 1st Edition. (ISBN 0-313-33090-5)

Pohlmann Ken, "Principles of Digital Audio". McGraw-Hill 2000 4th Edition. (ISBN 0-07-134819-0)

Milner Greg, "Perfecting Sound Forever: An Aural History of Recorded Music". Faber and Faber Inc. 2009 1st Edition. (ISBN 0-571-21165-8)

Katz Mark, "Capturing Sound: How Technology has Changed Music". University of California Press 2010 Revised Edition. (ISBN 978-0-520-26105-1)

Kenney William Howland, "Recorded Music in American Life: The Phonograph and Popular Memory 1890-1945". Oxford University Press 1999. (ISBN 0-19-510046-8)

Knopper Steve, "Appetite for Self-Destruction: The Spectacular Crash of the Record Industry in the Digital Age". Free Press 2009 1st Edition. (ISBN 1-4165-5215-4)

Taylor, Timothy D., Katz Mark and Grajeda Tony, "Music, Sound and Technology in America: A Documentary History of Early Phonograph, Cinema and Radio". Duke University Press 2012 1st Edition. (ISBN 978-0-8223-9391-7)

Chanan Michael, "Repeated Takes: A Short History of Recording and It's Effects on Music". Verso 1997. (ISBN 185-984-0-124)

Koeningsberg Allen, "The Patent History of the Phonograph". APM Press 1990. (ISBN 0-937-61210-3)

Eargle John, «Μουσική Ακουστική Τεχνολογία». Εκδόσεις ΙΩΝ 1999 2^η Έκδοση (ISBN 960-405-939-4)

Κοντάκος Δημήτριος, «Μέθοδος Εκμάθησης Αγγλικής Τεχνικής Ορολογίας: Ηλεκτροτεχνίας – Ηλεκτρονικών – Ραδιοτεχνίας – Επικοινωνιών». Εκδόσεις Α.Σταμούλης 1996

Ιστοσελίδες

Προκειμένου να επαληθευτεί η ορθότητα των πληροφοριών που παραθέτονται στις παρακάτω ιστοσελίδες, πραγματοποιήθηκε επίσκεψη σε αυτές την ημερομηνία 24/4/2013, προκειμένου να γίνει έλεγχος για το κατά πόσον οι περιεχόμενες πληροφορίες συνάδουν με αυτές που είχαν αποθηκευτεί σε προγενέστερες επισκέψεις.

Sound Recording History <http://www.soundrecordinghistory.net/history-of-sound-recording/>

The History of Recording Technology http://www.recording-history.org/HTML/phono_technology1.php

Recording Industry Association of America www.riaa.com

Analog Audio Tape Cassette Nostalgia <http://www.tapedeck.org/index.php>

HiFi Engine <http://www.hifiengine.com/library.shtml>

TriggerTone <http://www.triggertone.com/term/ADAT>

The British Library <http://sounds.bl.uk/Sound-recording-history/Equipment>

Wikipedia en.wikipedia.org

Classic Audio Equipment www.stereonomono.blogspot.gr

History of Recording <http://www.historyofrecording.com/Magnetic-Tape-Recorders.html>

Vintage Cassettes www.vintagecassettes.com/_history/history.htm

Philips Historical Products www.philipsmuseumindhoven.nl/phe/products/e_cc.htm

Sony www.sony.net/SonyInfo/CorporateInfo/History/SonyHistory/2-05.html

Soundcheck Magazine <http://www.churchsoundcheck.com/pcfcd.html>

CNET http://reviews.cnet.com/4520-11297_7-6510133-2.html

Vintage Audio History http://www.videointerchange.com/audio_history.htm

<http://www.d.umn.edu/~mharvey/th1551reeltoreelcassetteda.html>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

[1] **lead screw**: Είναι μία διάταξη κοχλία σχεδιασμένη για να μετατρέπει την περιστροφική κίνηση σε γραμμική κίνηση.

[2] **soundbox**: Είναι ένας ανοιχτός θάλαμος στο σώμα ενός μουσικού οργάνου/συσκευής που τροποποιεί τον ήχο και βοηθά στη μεταφορά του στον περιβάλλοντα αέρα.

[3] **cps**: (Cycles per Second) Κύκλοι ανά δευτερόλεπτο.

[4] **moving-coil**: Μία ηλεκτρομηχανική συσκευή στην οποία ένα πηνίο είναι ελεύθερο να κινείται σε ένα μαγνητικό πεδίο. Ένα ρεύμα που διέρχεται μέσα από το πηνίο το προκαλεί να κινηθεί (όπως στα ηχεία και τα ηλεκτρικά όργανα μέτρησης) ή η κίνηση του πηνίου προκαλεί επαγωγικά ρεύματα (όπως στα μικρόφωνα και σε ορισμένα πικάπ).

[5] **bias**: Μία τάση υψηλής συχνότητας σε συνδυασμό με ένα ακουστικό σήμα για μείωση της παραμόρφωσης στην εγγραφή της κασέτας.

[6] **equalization**: (Ισοστάθμιση) Είναι η διαδικασία που χρησιμοποιείται για να μεταβάλει την συχνотική απόκριση ενός συστήματος ήχου, χρησιμοποιώντας γραμμικά φίλτρα.

[7] **print-through**: Η ανεπιθύμητη μεταφορά του ηχογραφημένου σήματος από μία στροφή της μαγνητικής ταινίας στην προηγούμενη ή την επόμενη στροφή σε ένα reel, προκαλώντας παραμόρφωση.

[8] **swab**: Ένα μικρό κομμάτι απορροφητικού υλικού προσαρτημένο στο άκρο μίας ράβδου ή σύρματος το οποίο χρησιμοποιείται για καθαρισμό.

[9] **A-weighting**: Είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη από μια οικογένεια καμπυλών που ορίζονται στο Διεθνές Πρότυπο IEC 61672:2003 και τα διάφορα εθνικά πρότυπα, σχετικά με τη μέτρηση της στάθμης της ηχητικής πίεσης. Εφαρμόζεται σε ηχητικές στάθμες μετρημένες με όργανα σε μια προσπάθεια να αντιπροσωπεύσει τη σχετική ένταση που γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο αυτί, αφού το αυτί είναι λιγότερο ευαίσθητο στις χαμηλές συχνότητες ήχου.

[10] **Cross-Interleaved Reed-Solomon Coding**: (CIRC) Παρέχει ανίχνευση σφάλματος και διόρθωση σφαλμάτων. Το CIRC σε κάθε τρία bytes δεδομένων προσθέτει ένα επιπλέον byte ισότητας.

[11] **guard bandless**: Μη εγγεγραμμένα διαστήματα μεταξύ των κομματιών πάνω στην μαγνητική ταινία για την αποτροπή της παρεμβολής δύο παρακείμενων κομματιών το ένα μέσα στο άλλο.

