

**ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝΤ.Ε.**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Προγραμματισμός αυτοματοποιημένου κλείστρου laser για την
κατασκευή ολογραμμάτων**

**Νικόλαος Α. Τσουκαλάς
Ευάγγελος Χ. Καρράς**

**Εισηγητής: Δρ Αρχιτέκτων Μηχανικός ΕΜΠ Νικόλαος Κουρνιατής,
Καθηγητής**

**ΑΘΗΝΑ
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2016**

Προγραμματισμός αυτοματοποιημένου κλείστρου laser για την κατασκευή ολογραμμάτων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Προγραμματισμός αυτοματοποιημένου κλείστρου laser για την κατασκευή ολογραμμάτων

**Νικόλαος Α. Τσουκαλάς
Α.Μ. 40447**

**Ευάγγελος Χ. Καρράς
Α.Μ. 40350**

Εισηγητής:

Δρ Αρχιτέκτων Μηχανικός ΕΜΠ Νικόλαος Κουρνιατής, Καθηγητής

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι **Τσουκαλάς Νικόλαος** , του **Αντωνίου**, με αριθμό μητρώου **40447** και **Καρράς Ευάγγελος** του **Χρήστου** με αριθμό μητρώου **40350** φοιτητές του Τμήματος Μηχανικών Η/Υ Συστημάτων Τ.Ε. του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. πριν αναλάβουμε την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνουμε ότι ενημερωθήκαμε για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονεμίσει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφαση της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού 6μήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ολοκληρώθηκε μετά από επίμονες προσπάθειες, σε ένα ενδιαφέρον γνωστικό αντικείμενο, όπως αυτά της ολογραφίας και του Arduino . Την προσπάθειά μας αυτή υποστήριξε ο επιβλέπων καθηγητής μας, Νικόλαος Κουρνιατής , τον οποίο θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε.

Ακόμα θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις φοιτήτριες της αρχιτεκτονικής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου , Δήμητρα Τσουμπρή και Νικολέττα Χρηστίδη, καθώς και την αρχιτέκτων φοιτήτρια μεταπτυχιακών σπουδών, Ιωάννα Φακίρη, για τις πολύτιμες συμβουλές τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι ο προγραμματισμός ενός αυτοματοποιημένου κλείστρου με την βοήθεια του Arduino που υλοποιήθηκε στο εργαστήριο ολογραφίας του ΕΜΠ. Αρχικά γίνεται μια εισαγωγή στην ιστορία και τις βασικές αρχές της ολογραφίας. Ακολουθεί ανάλυση πάνω στη διαδικασία παραγωγής ολογραμμάτων, αναφορά στις κατηγορίες ολογραμμάτων, στα μέσα καταγραφή τους και στις εφαρμογές της στην καθημερινότητα και την αρχιτεκτονική. Στην συνέχεια, αναλύεται η συσκευή του Arduino, ειδικότερα οι αρχές και οι τρόποι λειτουργίας της. Τέλος παρουσιάζεται το πείραμα με κάθε λεπτομέρεια, με σχετικές εικόνες, τόσο στο τεχνικό κομμάτι του, όσο και στο πειραματικό.

ABSTRACT

The subject of this project is programming an automated shutter with the help of Arduino implemented in holography laboratory of NTUA. Firstly is an introduction to the history and the fundamentals of holography. Furthermore there is an analysis on the hologram production process, reference to holograms categories, the means of recording and its everyday applications and in architecture. Then, the Arduino device is analyzed, in particular the principles and modes of operation. Finally the experiment presented in detail, with relevant images, both in the technical part of it, and in the experimental.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ολογραφία, Arduino, αρχιτεκτονική, ολογράμματα, συσκευή Arduino

KEY WORDS : Holography, Arduino, architecture, hologram, Arduino device

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
1.1	Περιγραφή του αντικειμένου της πτυχιακής εργασίας.....	14
1.2	Εισαγωγή στην ολογραφία.....	14
1.3	Ιστορική Αναδρομή.....	15
1.4	Ιδιότητες Ολογραμμάτων.....	16
1.5	Στοιχεία μεθόδων.....	17
2.	ΟΛΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ.....	17
2.1	Διαδικασία Ολογραφίας.....	17
2.2	Σύγκριση Ολογραφίας και Φωτογραφίας.....	19
3.	ΦΥΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΟΛΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	21
3.1	Συμβολόμετρο Michelson (Χρόνος Ηρεμίας)	21
3.2	Φράγμα Περίθλασης	22
3.3	Ολογραφική διαδικασία.....	24
4.	ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΟΛΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	27
4.1	Ολογράμματα διαμόρφωσης πλάτους και φάσης.....	27
4.2	Λεπτά Ολογράμματα και Ολογράμματα Όγκου.....	27
4.3	Ολογράμματα Μετάδοσης και Ανάκλασης.....	29
5.	ΜΕΣΑ ΟΛΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	30
5.1	Ολογραφικά Μέσα Καταγραφής.....	30
5.2	Ανακατασκευή και Παρατήρηση της Ολογραφικής Εικόνας.....	32
6.	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	33
6.1	Ατέλειες στα ολογράμματα.....	33
7.	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΟΛΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	33
7.1	Εφαρμογή στην αρχιτεκτονική.....	33

8.	ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΣΤΟ ARDUINO.....	41
8.1	Ιστορικό πλαίσιο.....	41
8.2	Τι είναι το Arduino.....	43
8.3	Arduino software.....	44
8.4	Ρεύμα λειτουργίας.....	49
8.5	Θύρες εισόδου/εξόδου.....	49
9.	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	51
10.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α'.....	54
11.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	58
12.	ΠΗΓΕΣ.....	59

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1.1 : Ολογραφική διαδικασία.....	18
Σχήμα 2.1.2 : Φωτογραφική διαδικασία.....	19
Σχήμα 1.3 : Διαδικασία συμβολομέτρησης.....	21
Σχήμα 3.3.1 : Ολογραφική Καταγραφή (Φυσική Young,2000).....	24
Σχήμα 3.3.2 : Είδωλο Ολογράμματος.....	25
Σχήμα 3.3.3 : Είδωλο Ολογράμματος.....	26
Σχήμα 4.3 : Ολόγραμμα μετάδοσης.....	29
Σχήμα 9.1 : Διάταξη αναλογικής ολογραφίας.....	51

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 5.1 : Ιδιότητες μέσω καταγραφής ολογραφίας.....	31
Πίνακας 8.3.1 : Βασικές λειτουργίες του IDE.....	45
Πίνακας 8.3.2 : Εντολές Arduino.....	49

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 3.2.1 : Παράδειγμα περιθλάσης.....	23
Εικόνα 3.2.2 : Πρότυπο φωτός.....	23
Εικόνα 3.3.1 : Είδωλο Ολογράμματος.....	25
Εικόνα 3.3.2 : Κροσσοί συμβολής.....	26
Εικόνα 4.2.1 : Λεπτό ολόγραμμα.....	27
Εικόνα 4.2.2 : Ολόγραμμα όγκου.....	28
Εικόνα 7.1.1 : Ολόγραμμα αρχιτεκτονικής.....	34
Εικόνα 7.1.2 : Ολόγραμμα 2x1 μέτρων στο Λονδίνο.....	34
Εικόνα 7.1.3 : Ολόγραμμα ως γλυπτό.....	35
Εικόνα 7.1.4 : Ολόγραμμα σε επένδυση τοίχου.....	35
Εικόνα 7.1.5 : Ολογράμματα σε επιφάνειες επίπλων.....	36
Εικόνα 7.1.6 : Διακοσμητικά ολογράμματα.....	36
Εικόνα 7.1.7 : Ολογράμματα τοίχου.....	37
Εικόνα 7.1.8 : Ολόγραμμα 2x2,7 μέτρων σε τράπεζα της Γερμανίας.....	38
Εικόνα 7.1.9 : Ολόγραμμα επισήμανσης κενού	39
Εικόνα 7.1.10 : Ολογράμματα σε δημόσιο χώρο.....	39
Εικόνα 7.1.11 : Ολόγραμμα εδάφους.....	40
Εικόνα 7.1.12 : Σύνθετο ολόγραμμα.....	40
Εικόνα 8.3.1 : Βασικές συναρτήσεις Arduino.....	46
Εικόνα 8.5 : Πλακέτα ArduinoUno.....	50
Εικόνα 9.1.1 : Η διάταξη του κλείστρου με το laser.....	51
Εικόνα 9.1.2 : Step motor.....	52
Εικόνα 9.1.3 : Κύκλωμα πειράματος.....	53

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

IDE Integrated development environment

CPU Central processing unit

USB Universal Serial Bus

FTDI Future Technology Devices International

DC Direct current

ΛΣ Λειτουργικό σύστημα

INT Integer

GND Ground

PWM Pulse Width Modulation

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται το αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας και γίνεται μια ιστορική αναδρομή γύρω από τις μεθόδους και τις διαδικασίες που έχουν αναπτυχθεί στην ολογραφία.

1.1 Περιγραφή του αντικειμένου της πτυχιακής εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι ο προγραμματισμός ενός αυτοματοποιημένου κλείστρου με την βοήθεια του Arduino. Με την χρήση αυτού του κλείστρου κατά την διαδικασία της ολογραφίας θα αποφύγουμε την δημιουργία κάποιου θορύβου (δόνησης) της επιφάνειας της ολογραφίας (τράπεζα).

1.2 Εισαγωγή στην ολογραφία

«Η ολογραφία είναι τεχνική πλήρους καταγραφής ,κατά φάση και πλάτος απεικόνισης των αντικειμένων σε μια δεδομένη χρονική στιγμή και η δυνατότητα αναπαραγωγής τους με μεγάλη πιστότητα . Η ονομασία της προέρχεται από την σύνθεση των λέξεων «Όλος» και «Γραφή». Ουσιαστικά η τεχνική αυτή επιτρέπει στο ανακλώμενο , από το αντικείμενο φως , να καταγράφεται καταλλήλως ,ώστε αργότερα να αναδομείται όλη η τρισδιάστατη πληροφορία του αντικειμένου.

Όταν τοποθετηθεί έμπροσθεν της αναδομούμενης δέσμης ένα σύστημα απεικόνισης (είτε μια κάμερα ή το ανθρώπινο μάτι), δημιουργείται μια απεικόνιση του αντικειμένου χωρίς το αντικείμενο να είναι παρόν. Η εικόνα του αντικειμένου αλλάζει καθώς το μάτι του παρατηρητή αλλάζει θέση και προσανατολισμό, με ακριβώς τον ίδιο τρόπο σαν να ήταν το αντικείμενο παρόν, έτσι το αντικείμενο παρουσιάζεται. Οι αρχές στις οποίες βασίζεται δεν είναι τίποτε άλλο από τις ιδιότητες του φωτός όπως είναι η διάδοση του σαν κύμα , η ανάκλαση του καθώς και η συμβολή του.

Ανακεφαλαιώνοντας ολόγραμμα είναι το αποτύπωμα που προκύπτει σε θερμό πλαστικό, σε φωτογραφικό φιλμ ή σε οποιοδήποτε άλλο κατάλληλο υλικό ,χωρίς την χρήση φωτογραφικού φακού, από αντικείμενο που φωτίζεται από μονοχρωματική και σύμφωνη ακτινοβολία, όπως π.χ. οι ακτίνες laser.» ¹

1.3 Ιστορική Αναδρομή

«Ο εμπνευστής της θεωρίας της ολογραφίας είναι ο Ούγγρος φυσικός Dennis Gabor (1900 – 1979). Το 1947 ο ίδιος και η ερευνητική ομάδα του στην προσπάθειά τους να βελτιώσουν την ποιότητα της αναπαραγόμενης εικόνας από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, το οποίο μέσω δεσμών ηλεκτρονίων εξετάζει δομές πολύ λεπτών αντικειμένων όπως μόρια κρυστάλλων. Τα αποτελέσματα των ερευνών τους είχαν σαν συνέπεια την αναπάντεχη ανακάλυψη της ολογραφίας και περεταίρω την βράβευση με το βραβείο Νόμπελ το 1971.

Η ανακάλυψη του laser το 1960 έδωσε την απαραίτητη ώθηση για την πρόοδο της ολογραφίας που είχε μείνει στάσιμη για μερικά χρόνια. Τα πρώτα ολογράμματα που απεικόνιζαν τρισδιάστατα αντικείμενα κατασκευάστηκαν από τους Emmet Leith και Juris Upatnieks στο Michigan το 1963 και από τον Yuri Denisjuk στη Σοβιετική Ένωση.

Η νέα μέθοδος αποθήκευσης και μεγέθυνσης των παραγόμενων εικόνων χαμηλής ποιότητας του Gabor στηρίζεται στις ομοιότητες μεταξύ των δεσμών ηλεκτρονίων και του ορατού φωτός. Τα παρόμοια κυματοειδή χαρακτηριστικά των δύο αυτών τύπων δεσμών ήταν η αρχή της ιδέας της. Οι τρεις στόχοι της διαδικασίας αποθήκευσης εικόνων είναι οι εξής : το αντικείμενο προς μελέτη , η πηγή ακτινών που χρησιμοποιείται για το φωτισμό του και το υλικό αποθήκευσης.

Κατά το πρώτο πείραμα το αντικείμενο υπήρξε ένα λεπτό κομμάτι καθαρού φιλμ , ενώ για την πηγή ακτινών χρησιμοποιήθηκε μια λάμπα υδραργύρου και σαν μέσο αποθήκευσης χρησιμοποιήθηκε ένα γυάλινο πιάτο με επίστρωση από φωτοευαίσθητο υλικό. Το όλο πείραμα έμοιαζε με τη διαδικασία φωτογράφησης καθώς ο Gabor χρησιμοποίησε την ακτίνα της λάμπας για τον φωτισμό του αντικειμένου. Κατά τη διάρκεια αναπαραγωγής των φωτεινών κυμάτων αυτά αντανακλώνται από το αντικείμενο στο μέσο αποθήκευσης. Σε αντίθεση με την φωτογραφία το μέσο αποθήκευσης εκτίθεται με μια δεύτερη ακτίνα φωτός ταυτόχρονα με την πρώτη χωρίς όμως το αντικείμενο να φωτίζεται και αποτελεί την ακτίνα αναφοράς.

Εξαιτίας της αλληλεπίδρασης των δύο αυτών ακτινών κατά την διάρκεια της έκθεσης τους στο φωτοευαίσθητο υλικό δημιουργήθηκε σε αυτό το πρότυπο αντικείμενο. Το πρότυπο αλληλεπίδρασης όπως ονομάστηκε προέκυψε από το συσχετισμό των οπτικών κυμάτων της ακτίνας αναφοράς και του αντικειμένου. Ο Gabor ήταν ο πρώτος που κατάφερε να καταγράψει τα πρότυπα αυτά και να αναπαράγει τις οπτικές εικόνες. Με αυτό τον τρόπο δημιουργήθηκε ένας ακόμα τρόπος αναπαραγωγής εικόνων διαφορετικός της τηλεόρασης του σινεμά και της φωτογραφίας. Η κάθε πηγή ενέργειας που στέλνει κύματα , είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ολογραμμάτων είτε είναι ηλεκτρόνιο, μικροκύματα ακτίνες x, ήχος είτε είναι οπτικό φως.»²

Τα ακόλουθα γεγονότα αποτέλεσαν σταθμούς για την εξέλιξη της ολογραφίας και είναι δόκιμο να αναφερθούν .

1971: Ανοίγει η σχολή ολογραφίας στο Σαν Φρανσίσκο.

1972: Ο Lloyd Cross ήταν ο πρώτος που συνδύασε την ολογραφία με την κινηματογραφία για να παράγει 3D κινούμενες εικόνες (holographicstereogram)

1974: Αναπτύσσεται η αποτύπωση ολογραμμάτων σε ανάγλυφο

1976: Ο Victor Victor και οι συνάδελφοί του από το AllUnionCinema και το Photographic Research Institute (NIFKI) USSR ανέπτυξαν έναν πρωτότυπο

προβολέα ολογραφικών ταινιών όπου 2-3 άτομα μπορούσαν να παρακολουθήσουν μια ταινία 47sec χωρίς την χρήση γυαλιών.

1983: Η Mastercard International ήταν η πρώτη που χρησιμοποίησε την ολογραφία για λόγους ασφαλείας στις πιστωτικές κάρτες της.

1988: Η ταινία Photopolymer αναπτύσσεται από Polaroid. Δίνει τη δυνατότητα στα πολύ φωτεινά ολογράμματα αντανάκλασης να είναι μαζικά παραγόμενα.

2010: Η εξέλιξη των υπολογιστικών συστημάτων και η ανάπτυξη της ψηφιακής φωτογραφίας και του βίντεο σε υψηλή ανάλυση επιτρέπει την κατασκευή ψηφιακών συνθετικών ολογραμμάτων που αποτυπώνουν βάθος, λεπτομέρεια και παράλλαξη. Ταυτόχρονα, η ανάπτυξη ειδικών φωτο-ευαίσθητων υλικών δίνει την δυνατότητα πολύχρωμων ολογραμμάτων με πλήρη χρωματική απόδοση του φάσματος της ίριδος.

1.4 Ιδιότητες Ολογραμμάτων

«Ενδιαφέρον παρουσιάζει το ότι όταν ένα ολόγραμμα κοπεί, στο κάθε κομμάτι φαίνεται ολόκληρη η εικόνα. Αυτό συμβαίνει, επειδή κάθε μέρος του ολογράμματος έχει δεχτεί και έχει καταγράψει φως από ολόκληρο το αντικείμενο. Επειδή πολύ μεγάλα ποσά πληροφοριών καταγράφονται σε μικροσκοπική περιοχή, το φιλμ που χρησιμοποιείται στα ολογράμματα πρέπει να έχει διακριτική ικανότητα πολύ μεγαλύτερη από τα συνηθισμένα λεπτόκοκκα φωτογραφικά φιλμ.

Ακόμη πιο ενδιαφέρουσα είναι η ολογραφική μεγέθυνση. Αν τα ολογράμματα έχουν γίνει με φως μικρού μήκους κύματος και παρατηρηθούν με φως μεγαλύτερου μήκους, το είδωλο είναι μεγεθυμένο στην ίδια αναλογία που έχουν τα δυο μήκη κύματος. Ολογράμματα που δημιουργήθηκαν με ακτίνες X μπορούν να μεγεθυνθούν χιλιάδες φορές, όταν τα δούμε με ορατό φως και με ειδική γεωμετρική διάταξη.

Πριν γίνει προσπάθεια να κατασκευαστεί ένα ολόγραμμα πρέπει να υπερκαλυφθούν αρκετές πρακτικές δυσχέρειες. Αρχικά το χρησιμοποιούμενο φως πρέπει να είναι σύμφωνο (μιας μόνο συχνότητας και όλα τα μέρη του να έχουν την ίδια φάση). Οι συνήθεις φωτεινές πηγές δεν ικανοποιούν την απαίτηση αυτή, επομένως είναι απαραίτητη η χρήση φωτός λείζερ. Επιπροσθέτως απαιτείται η μέγιστη δυνατή σταθερότητα. Αν δεν αποτραπεί οποιαδήποτε κίνηση της πηγής, του αντικειμένου ή του φιλμ κατά τη διάρκεια της έκθεσης, - ακόμη και πολύ μικρή - το διαμόρφωνα περίθλασης στο φιλμ καθίσταται συγκεχυμένο με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση του σχηματισμού ικανοποιητικού ειδώλου. »³

1.5 Στοιχεία μεθόδων

«Οι τύποι ολογραμμάτων παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία. Εν τούτοις διατηρείται σε όλους η αρχή απεικόνισης των φωτεινών και σκιερών σημείων του αντικειμένου και η αποτύπωση τους πάνω στη πλάκα. Τα transmissionholograms (ολογράμματα μετάδοσης) γίνονται ορατά μόνο όταν φωτιστούν με ακτίνα laser ενώ rainbowtransmissionholograms (ουράνιο τόξο)τα οποία είναι εξέλιξη των transmissionholograms γίνονται ορατά και στο λευκό φως. Στη πραγματικότητα το εξωτερικό ανάγλυφο του αντικειμένου αποτυπώνεται σε μια λευκή πλαστική επιφάνεια μαζί με μια ιριδίζουσα επικάλυψη που προέρχεται από το φως που κατευθύνεται από πίσω απ το αντικείμενο και προς την πλάκα.

Η Desisyuk hologram είναι μια άλλη μέθοδος με λευκό φως το οποίο κατευθύνεται από την ίδια την πλευρά του ολογράμματος όπως το βλέπει και ο θεατής. Βασικό εργαλείο για τη δημιουργία ολογράμματος είναι η συσκευή εκπομπής ακτινών laser η οποία μέχρι πρότινος ήταν πολύ ακριβή. Η έκθεση στην αγορά φθηνών και σταθερής βάσης laser έκανε την ολογραφία περισσότερο προσιτή για μικρού προϋπολογισμού ερευνητές και ανθρώπους που ασχολούνται με την ολογραφία ως χόμπι.

Πρόσφατα έχει δημιουργηθεί ένα πρωτότυπο μεταφερόμενο σύστημα ολογραφίας το ZZZyclops που δίνει την δυνατότητα να καταγράφονται έγχρωμα ολογράμματα εκεί που βρίσκονται τα οποία λόγω της υψηλής τους πιστότητας τους ονομάζονται οπτικοί κλώνοι. »⁴

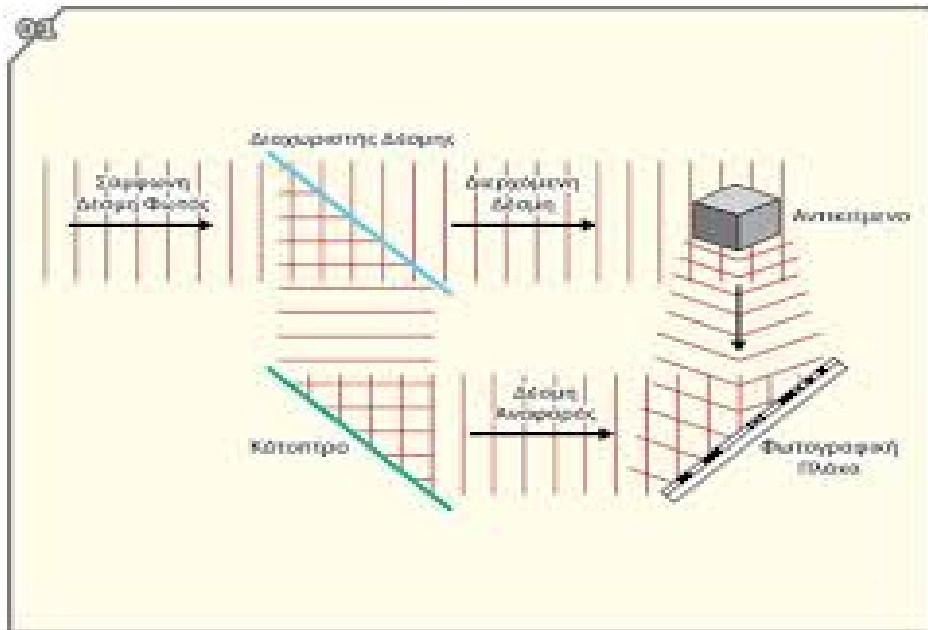
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΟΛΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ

2.1 Διαδικασία Ολογραφίας

«Τα ολογράμματα καταγράφονται χρησιμοποιώντας μια δέσμη φωτός που φωτίζει μια σκηνή και στη συνέχεια, αποτυπώνονται σε ένα μέσο καταγραφής, με τρόπο όμοιο με τον οποίο καταγράφεται μια συνηθισμένη φωτογραφία. Αντίθετα όμως με την φωτογραφία, μέρος της φωτεινής δέσμης πρέπει να εκπέμπεται κατευθείαν στο μέσο εγγραφής.

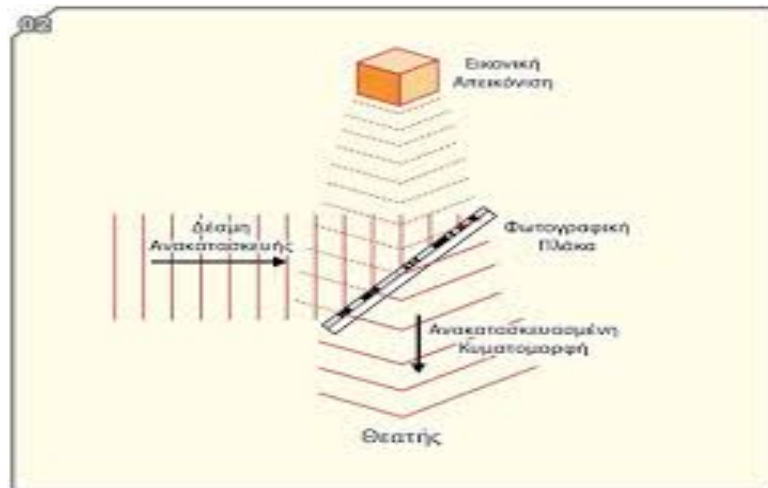
Ένα ολόγραμμα απαιτεί το λέιζερ ως μοναδική πηγή φωτός. Το λέιζερ μπορεί να ελεγχθεί με ακρίβεια (με εργαστηριακές μεθόδους) και να έχει ένα σταθερό μήκος κύματος, σε αντίθεση με το φως του ήλιου ή το φως από τις συμβατικές πηγές, που περιέχουν πολλά διαφορετικά μήκη κύματος. Για να μην υπάρξει η παρέμβαση του εξωτερικού φωτός, τα ολογράμματα συνήθως λαμβάνονται στο σκοτάδι, ή σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού διαφορετικού χρώματος από το φως του λέιζερ που χρησιμοποιείται στην κατασκευή του ολογράμματος. Ακόμα η ολογραφία απαιτεί συγκεκριμένο χρόνο έκθεσης, όπως άλλωστε και η κοινή φωτογραφία, ο οποίος μπορεί να ελεγχθεί χρησιμοποιώντας ένα διάφραγμα, ή χρονομετρώντας ηλεκτρονικά το λέιζερ. Η βασική μέθοδος για την εγγραφή ενός ολογράμματος (Φυσική Young, 2000) υπαγορεύει η ακτίνα λέιζερ να στοχεύει μέσα από μια σειρά συστημάτων διάταξης που θα επιφέρουν μεταβολές στην αρχική δέσμη. Το πρώτο στοιχείο είναι ένας διαχωριστής δέσμης (beam splitter), που χωρίζει τη δέσμη σε δύο πανομοιότυπες ακτίνες, και κάθε τμήμα δέσμης κατευθύνεται σε διαφορετικές διευθύνσεις:



Σχήμα 2.1.1 : Ολογραφική διαδικασία

(Πηγή : <http://docplayer.gr/3741628-Geometria-kai-olografia.html>)

η πρώτη δέσμη η οποία ονομάζεται και αντικειμενική δέσμη έχει διαχωριστεί. Με τη χρησιμοποίηση φακών και κατευθύνεται επάνω στη σκηνή χρησιμοποιώντας κάτοπτρα. Μέρος του φωτός ανακλάται από το αντικείμενο και πέφτει στη συνέχεια επάνω στο μέσο εγγραφής. (Φυσική Young,2000)Η δεύτερη δέσμη η οποία είναι γνωστή και ως δέσμη αναφοράς μεταδίδεται επίσης με την χρήση οπτικών συστημάτων και κατευθύνεται έτσι ώστε να μην έρχεται σε επαφή με το αντικείμενο, και να προσπίπτει απευθείας επάνω στο μέσο εγγραφής. Στο χρονικό σημείο όπου οι δύο δέσμες λείζουν στο μέσο εγγραφής, τα κύματα φωτός συμβάλλουν μεταξύ τους. Αυτό το διαμόρφωμα συμβολής, αποτυπώνεται στο μέσο εγγραφής. Το πρότυπο είναι φαινομενικά τυχαίο, καθώς αποτελείται από τον τρόπο με τον οποίο το φως της σκηνής συνέβαλε με την αρχική πηγή φωτός. Το διαμόρφωμα συμβολής μπορεί να ειπωθεί ότι είναι μια κωδικοποιημένη αποτύπωση του αντικειμένου, που απαιτεί ένα συγκεκριμένο «κλειδί», την αρχική πηγή φωτός, για να προβληθεί το περιεχόμενό του.



Σχήμα 2.1.2 : Φωτογραφική διαδικασία
(Πηγή : <http://docplayer.gr/3741628-Geometria-kai-olografia.html>)

Αυτή η προβολή πραγματοποιείται αργότερα με την επίδραση μιας ακτίνας λέιζερ, με ίδιες ιδιότητες με εκείνη που χρησιμοποιήθηκε για να καταγραφεί το ολόγραμμα. Όταν αυτή η δέσμη φωτίζει το ολόγραμμα, διαθλάται από την επιφάνεια του ολογραφικού μοτίβου. Αυτό παράγει ένα πεδίο φωτός το οποίο είναι πανομοιότυπο με εκείνο που παράχθηκε από την αρχική σκηνή. Η εικόνα αυτή παράγει αποτελέσματα στο ανθρώπινο μάτι και είναι γνωστή ως φανταστική εικόνα. (Φυσική Young, 2000).

Ως μέσο καταγραφής μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλά διαφορετικά υλικά. Ένα από τα πιο συνηθισμένα είναι μια ταινία που μοιάζει πολύ με φωτογραφικό φιλμ (από φωτογραφικό γαλάκτωμα αλογονούχου αργύρου), αλλά με πολύ μεγαλύτερη συγκέντρωση φωτοευαίσθητων κόκκων, γεγονός που καθιστά εφικτή την εκτύπωση με πολύ υψηλότερη ανάλυση, που απαιτούν τα ολογράμματα. Ένα στρώμα από αυτό το μέσο καταγραφής (φιλμ, κλπ.) είναι συνδεδεμένο με ένα διαφανές υπόστρωμα, το οποίο είναι συνήθως κατασκευασμένο από γυαλί, ή και από πλαστικό. » 5

2.2 Σύγκριση Ολογραφίας και Φωτογραφίας

«Η βασική διαφορά μεταξύ ολογραφίας και φωτογραφίας είναι ότι η ολογραφία χρησιμοποιεί την συμβολή κυμάτων προκειμένου να αποτυπωθεί το ολόγραμμα πάνω στην ολογραφική πλάκα, ενώ η φωτογραφία εκμεταλλεύεται την ένταση του φωτός για να αποτυπώσει το είδωλο πάνω στο φωτογραφικό φιλμ.

Η ολογραφία είναι δυνατό να γίνει καλύτερα κατανοητή μέσω της εξέτασης των επιμέρους διαφορών της με την φωτογραφία:

1. Ένα ολόγραμμα αποτελεί μια καταγραφή των πληροφοριών σχετικά με το φως που προέρχονται από την αρχική σκηνή ως ανάκλαση σε μια σειρά από κατευθύνσεις και όχι μόνο από μία κατεύθυνση, όπως σε μια φωτογραφία. Η σκηνή έτσι μπορεί να είναι ορατή από μια σειρά από διαφορετικές γωνίες, σαν να ήταν ακόμη παρόν το τρισδιάστατο αντικείμενο.

2. Για να καταγραφεί η εικόνα στη φωτογραφία είναι η απαραίτητη η χρήση φακού, ενώ στην ολογραφία, το φως από το αντικείμενο ανακλάται και προσπίπτει απευθείας στο μέσο εγγραφής.
3. Η ολογραφική καταγραφή καθιστά απαραίτητη μια δεύτερη δέσμη φωτός η οποία είναι η δέσμη αναφοράς, που πρέπει να κατευθύνεται και αυτή στο μέσο εγγραφής.
4. Όταν μια φωτογραφία χωρίζεται σε δύο μέρη, κάθε κομμάτι προβάλλει αντίστοιχο μέρος του αντικειμένου. Αντίθετα, όταν ένα ολόγραμμα κοπεί στη μέση, ολόκληρο το αντικείμενο φαίνεται σε κάθε κομμάτι. Αυτό οφείλεται απ το γεγονός ότι, ενώ κάθε σημείο σε μια φωτογραφία αντιπροσωπεύει μόνο το φως που ανακλάται από ένα σημείο στη σκηνή, σε μια ολογραφική καταγραφή δίνει πληροφορίες για το φως που διαχέεται από κάθε σημείο της σκηνής. Για να γίνει περισσότερο κατανοητό, πραγματοποιείται το παρακάτω πείραμα σκέψης. Ένας άνθρωπος κοιτάζει μέσα από ένα παράθυρο δύο επί δύο μια σκηνή, αν αυτό το παράθυρο μειωθεί και γίνει διαστάσεων ένα επί ένα ο άνθρωπος θα βλέπει την ίδια σκηνή σε μικρότερη ανάλυση. Η παραπάνω αναλογία περιγράφει την ιδιότητα της ολογραφικής μεθόδου.
5. Η φωτογραφία είναι μια δισδιάστατη απεικόνιση που μπορεί να αναπαράγει μόνο ένα υποτυπώδες τρισδιάστατο αποτέλεσμα. Αντίθετα, τμη αναπαραγόμενο εύρος θέασης ενός ολογράμματος προσθέτονται πολλές δυνατότητες αντίληψης του βάθους, που ήταν παρόν στην αρχική σκηνή. Αυτή η αντίληψη αναγνωρίζεται από τον ανθρώπινο ως να ήταν το αρχικό αντικείμενο παρόν.
6. Το σύνολο των φωτεινών ακτινών που απεικονίζονται στην φωτογραφία, προήρθαν από την αρχική σκηνή. Αντίθετα η επιφάνεια στην οποία δημιουργήθηκε το ολόγραμμα αποτελείται από ένα φαινομενικά τυχαίο σχέδιο, το οποίο φαίνεται να μην έχει καμία σχέση με τη σκηνή που έχει καταγραφεί και γενικότερα με το σύνολο της πληροφορίας που έχει καταγραφεί.
7. Μια φωτογραφία μπορεί να προβληθεί σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών φωτισμού, ενώ τα ολογράμματα μπορούν να γίνουν αντιληπτά μόνο με πολύ συγκεκριμένες συνθήκες του φωτισμού.» ⁶

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

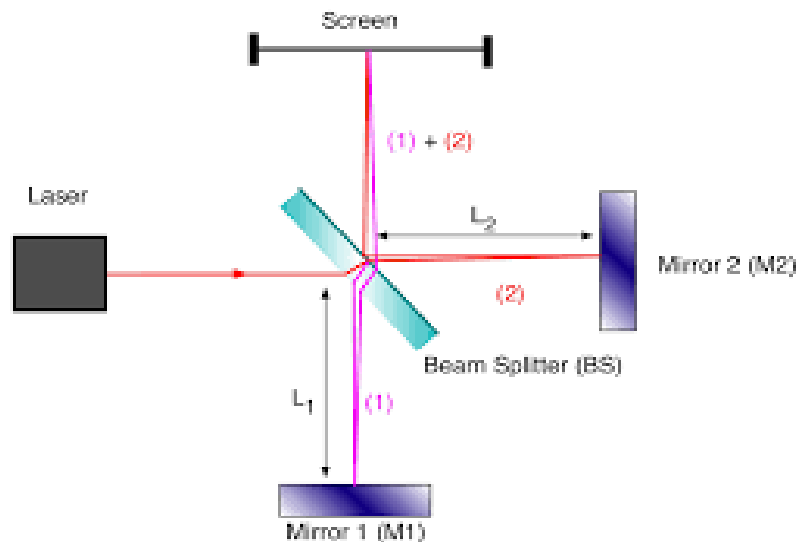
ΦΥΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΟΛΟΓΡΑΦΙΑΣ

3.1 Συμβολόμετρο Michelson (Χρόνος Ηρεμίας)

«Το πρώτο βήμα πριν τη κατασκευή ολογράμματος είναι η διαπίστωση κατά πόσο το σύστημα είναι σταθερό και ο προσδιορισμός του χρόνου ηρεμίας(Relaxationtime).

Με το συμβολόμετρο Michelson (MichelsonInterferometer) γίνεται η ανίχνευση όλων των δονήσεων που εμφανίζονται σε μια εργαστηριακή τράπεζα ολογραφίας(επίπεδο στήριξης των επιμέρους συστημάτων της ολογραφικής διάταξης).

Το λέιζερ πρέπει να τοποθετηθεί κεντρικά στην μία πλευρά της οπτικής τράπεζας, σε τέτοιο ύψος που να επιτρέπει στην ακτίνα να είναι περίπου 20 έως 25 εκατοστά επάνω από την επιφάνεια της τράπεζας. Η ακτίνα θα οδηγηθεί σε ένα διαχωριστή δέσμης (beam splitter) όπου θα διαχωριστεί σε δύο ακτίνες. Μια ακτίνα διαβιβάζεται μέσω του διαχωριστή δέσμης για να ανακλαστεί στο κάτοπτρο και η άλλη ακτίνα αλλάζει πορεία κατά 90 μοίρες για να ανακλαστεί και στο άλλο κάτοπτρο. Η απόσταση, ή όπως αλλιώς μπορεί να ονομαστεί το μήκος των πορειών, μεταξύ κάθε κατόπτρου και του beam splitter πρέπει να είναι ίση (με διαφορά 2-3 εκατοστών). Αυτές οι αποστάσεις μπορούν να καθοριστούν με μια μετροταινία και πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερες, πράγμα που εξαρτάται από το μέγεθος της οπτικής τράπεζας.



Σχήμα 3.1 : Διαδικασία συμβολομέτρησης

(Πηγή :

<http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-C108/141/1025,3692/>)

Η συμβολή επιτυγχάνεται με την βοήθεια μικρομετρικών κινήσεων του ενός από τα δύο κάτοπτρα.

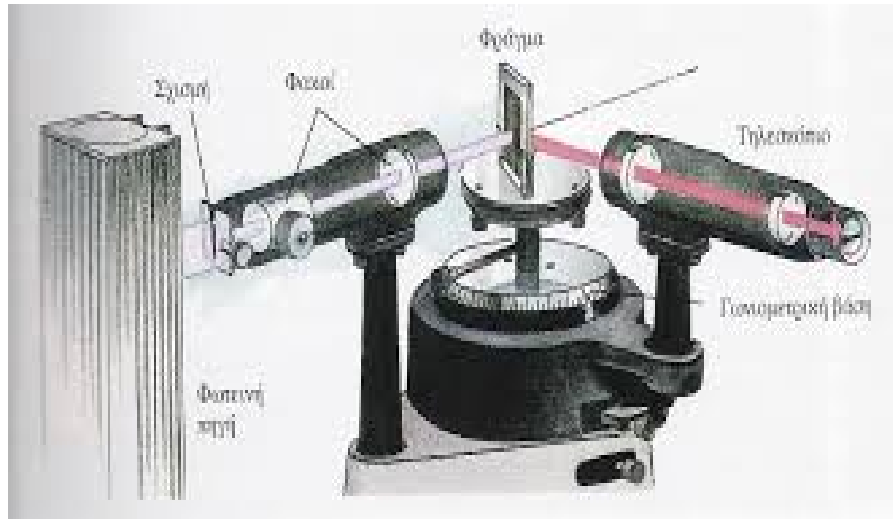
Η ακρίβεια του πειράματος αυξάνει ανάλογα με την απόσταση των δύο κατόπτρων από το διαχωριστή δέσμης. Οι δύο ακτίνες που έχουν κατευθυνθεί στα αντίστοιχα κάτοπτρα θα ανακλαστούν με την σειρά τους πίσω στον διαχωριστή δέσμης και θα οδηγηθούν στο πέτασμα s (screen), όπου θα φανούν δύο φωτεινές κηλίδες. Ο επόμενος στόχος είναι να ταυτιστούν αυτές οι δύο κηλίδες. Κατά την σύμπτωση θα φανούν στο πέτασμα κροσσοί συμβολής. Εάν υπάρξει η παραμικρή δόνηση στο σύστημα, αυτή καταγράφεται με διατάραξη των κροσσών συμβολής. Ο χρόνος που απαιτείται για να ηρεμήσει το σύστημα είναι ο χρόνος ηρεμίας (Relaxation time), ο οποίος λαμβάνεται υπόψη πριν αρχίσει η διαδικασία φωτισμού του αντικειμένου .

Για να κατανοηθεί η διαδικασία, είναι απαραίτητο να κατανοηθούν οι έννοιες της συμβολής και της περίθλασης καθώς και οι ομοιότητες και διαφορές που παρουσιάζουν αυτές. Όταν δύο ή περισσότερα κύματα αλληλοεπιδρούν, η προκύπτουσα μετατόπιση σε οποιοδήποτε σημείο και οποιαδήποτε χρονική στιγμή μπορεί να βρεθεί αν προστεθούν οι στιγμιαίες μετατοπίσεις που θα παράγονταν στο σημείο αυτό από τα κύματα, αν το καθένα από αυτά υφίστατο από μόνο του. Το παραπάνω φαινόμενο αποκαλείται με τον όρο συμβολή. Ειδικές καταστάσεις του φαινομένου αυτού αποτελούν η ενισχυτική και η αναιρετική συμβολή. Στην μεν πρώτη τα δύο κύματα, που συμβάλλουν βρίσκονται σε φάση, με αποτέλεσμα την πρόσθεση των πλάτων των κυμάτων, στη δε δεύτερη τα κύματα βρίσκονται μισό κύκλο εκτός φάσης, με αποτέλεσμα το συνολικό πλάτος να προκύπτει από την απόλυτη διαφορά των πλάτων.

Αντίθετα περίθλαση ονομάζεται το φαινόμενο που εκδηλώνεται όταν το φως διέρχεται από ένα άνοιγμα ή γύρω από μια ακμή. Συμβαίνει όταν ένα μέτωπο κύματος συναντά ένα αντικείμενο, με αποτέλεσμα την δημιουργία των φαινομένων της ενισχυτικής και της αναιρετικής συμβολής. Η διαδικασία παραγωγής μιας ολογραφικής ανακατασκευής θα εξηγηθεί παρακάτω με όρους συμβολής και περίθλασης και συγκεκριμένα με βάση την αρχή λειτουργίας του φράγματος περίθλασης. » 7

3.2 Φράγμα Περίθλασης

«Ένα φράγμα περίθλασης είναι μια δομή με ένα επαναλαμβανόμενο μοτίβο. Ένα απλό παράδειγμα είναι μια μεταλλική πλάκα με σχισμές που κόβονται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Ένα σύμφωνο κύμα φωτός προσπίπτει και χωρίζεται σε διάφορα κύματα. Η κατεύθυνση αυτών των διαθλώμενων κυμάτων καθορίζεται από την απόσταση των σχισμών και το μήκος κύματος του φωτός.

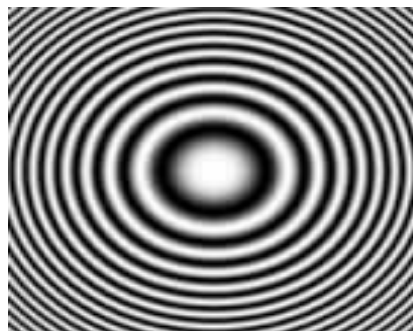


Εικόνα 3.2.1 : Παράδειγμα περίθλασης

(Πηγή : Διπλωματική εργασία, Δημήτριος Γ. Γούλας ΕΜΠ)

Ένα απλό ολόγραμμα μπορεί να γίνει με υπέρθεση δύο επίπεδων κυμάτων από την ίδια πηγή φωτός σε ένα ολογραφικό μέσο καταγραφής. Τα δύο κύματα συμβάλλουν δίνοντας ένα πρότυπο (μοτίβο) κροσσών συμβολής σε μια ευθεία γραμμή του οποίου η ένταση μεταβάλλεται ημιτονοειδώς στο μέσο. Η απόσταση των κροσσών συμβολής καθορίζεται από την γωνία μεταξύ των δύο κυμάτων και από το μήκος κύματος του φωτός.

Το καταγεγραμμένο πρότυπο (μοτίβο) φωτός είναι ένα φράγμα περίθλασης. Όταν φωτίζεται από ένα μόνο από τα κύματα που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία του, μπορεί να αποδειχθεί ότι ένα από τα κύματα περίθλασης εμφανίζεται με την ίδια γωνία με εκείνη στην οποία το δεύτερο κύμα ήταν αρχικά παρόν, έτσι ώστε το δεύτερο κύμα να μπορεί να "ανακατασκευαστεί". Μάλιστα το καταγεγραμμένο πρότυπο (μοτίβο) φωτός αποκαλείται και ως ολογραφική αποτύπωση, σύμφωνα με τα παραπάνω.



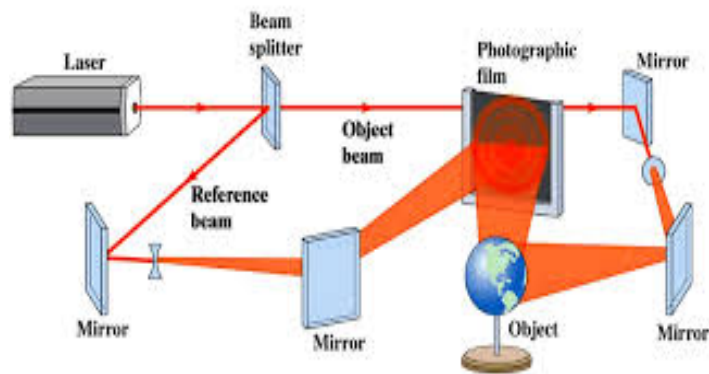
Εικόνα 3.2.2 : Κροσσοί συμβολής

(Πηγή : Διπλωματική εργασία, Δημήτριος Γ. Γούλας ΕΜΠ)

Αν το μέσο εγγραφής φωτίζεται με μια σημειακή πηγή και ένα κανονικό σύμφωνο επίπεδο κύμα, το νέο μοτίβο είναι μια ημιτονοειδής ζώνη που λειτουργεί ως αρνητικός (συγκλίνων) φακός Fresnel με εστιακή απόσταση που είναι ίση με το διαχωρισμό της σημειακής πηγής και του επιπέδου καταγραφής. Όταν ένα

μέτωπο κύματος φωτίζει ένα αρνητικό φακό, επεκτείνεται σε ένα κύμα που φαίνεται να αποκλίνει από το σημείο εστίασης του φακού. Έτσι, όταν το μοτίβο, που έχει καταγραφεί, φωτίζεται με το αρχικό επίπεδο κύμα, μέρος του φωτός ανακλάται σε αποκλίνουσα δέσμη ισοδύναμη με το αρχικό επίπεδο κύμα. Όταν το επίπεδο κύμα προσπίπτει σε μια μη-κανονική γωνία, το μοτίβο που σχηματίζεται είναι πιο περίπλοκο, αλλά εξακολουθεί να λειτουργεί ως αρνητικός φακός με την προϋπόθεση ότι φωτίζεται στην αρχική γωνία. » 8

3.3 Ολογραφική διαδικασία



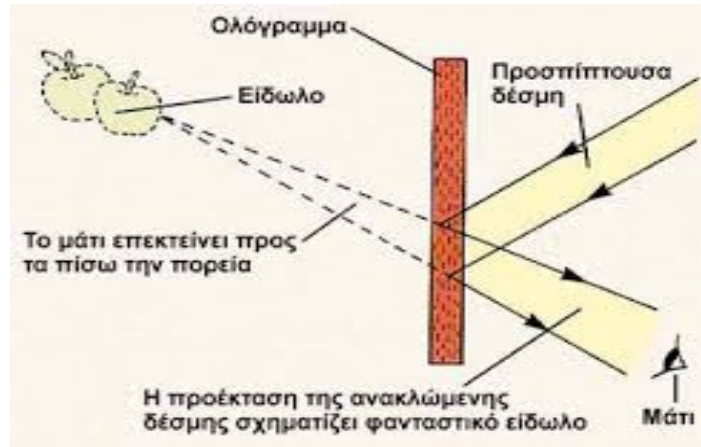
Σχήμα 3.3.1 : Ολογραφική Καταγραφή (Φυσική Young,2000)

(Πηγη :

http://www.securitymanager.gr/sub_site/arxeio/arthra/articles_holography.php)

«Για να καταγραφεί ένα ολόγραμμα ενός σύνθετου αντικειμένου, μια δέσμη λέιζερ χωρίζεται αρχικά σε δύο ξεχωριστές δέσμες φωτός. Μια δέσμη φωτίζει το αντικείμενο, το οποίο στη συνέχεια ανακλά το φως πάνω στο μέσο εγγραφής. Σύμφωνα με τη θεωρία περίθλασης, κάθε σημείο του αντικειμένου λειτουργεί ως σημειακή πηγή του φωτός, έτσι ώστε το μέσο εγγραφής μπορεί να θεωρηθεί ότι φωτίζεται από μια σειρά από σημειακές πηγές που βρίσκονται σε διάφορες αποστάσεις από το μέσο.

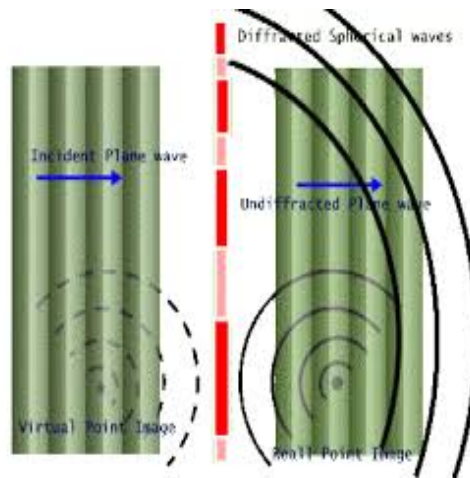
Η δεύτερη δέσμη (αναφοράς) φωτίζει το μέσο εγγραφής άμεσα. Κάθε κύμα από την σημειακή πηγή συμβάλλει με την ακτίνα αναφοράς, δημιουργώντας την δική του ημιτονοειδή περιοχή στο μέσο εγγραφής. Το νέο πρότυπο (μοτίβο) είναι το άθροισμα όλων αυτών των «ζωνών», που συνδυάζονται για να παράγουν το τυχαίο πρότυπο (μοτίβο)..



Σχήμα 3.3.2 : Είδωλο Ολογράμματος

(Πηγή : Διπλωματική εργασία, Δημήτριος Γ. Γούλας ΕΜΠ)

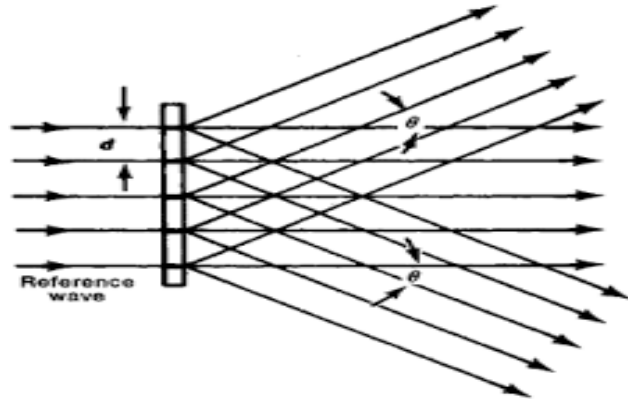
Όταν το ολόγραμμα φωτίζεται από την αρχική δέσμη αναφοράς, κάθε μια από τις ξεχωριστές ζώνες ανασυνθέτει το κύμα του αντικειμένου που την παρήγαγε, και τα επιμέρους μέτωπα κύματος αθροίζονται και ανακατασκευάζουν το σύνολο της δέσμης του αντικειμένου.



Εικόνα 3.3.1 : Είδωλο Ολογράμματος

(Πηγή : Διπλωματική εργασία, Δημήτριος Γ. Γούλας ΕΜΠ)

Ο θεατής αντιλαμβάνεται ένα μέτωπο κύματος που είναι πανομοιότυπο με το μέτωπο κύματος που διαχέεται από το αντικείμενο πάνω στο μέσο εγγραφής, έτσι ώστε να φαίνεται ότι το αντικείμενο είναι ακόμα στη θέση του, ακόμη και αν έχει αφαιρεθεί. Αυτή η εικόνα είναι γνωστή ως "φανταστική", δεδομένου ότι παράγεται ακόμη και αν το αντικείμενο δεν είναι πλέον εκεί. (Φυσική Young, 2000)

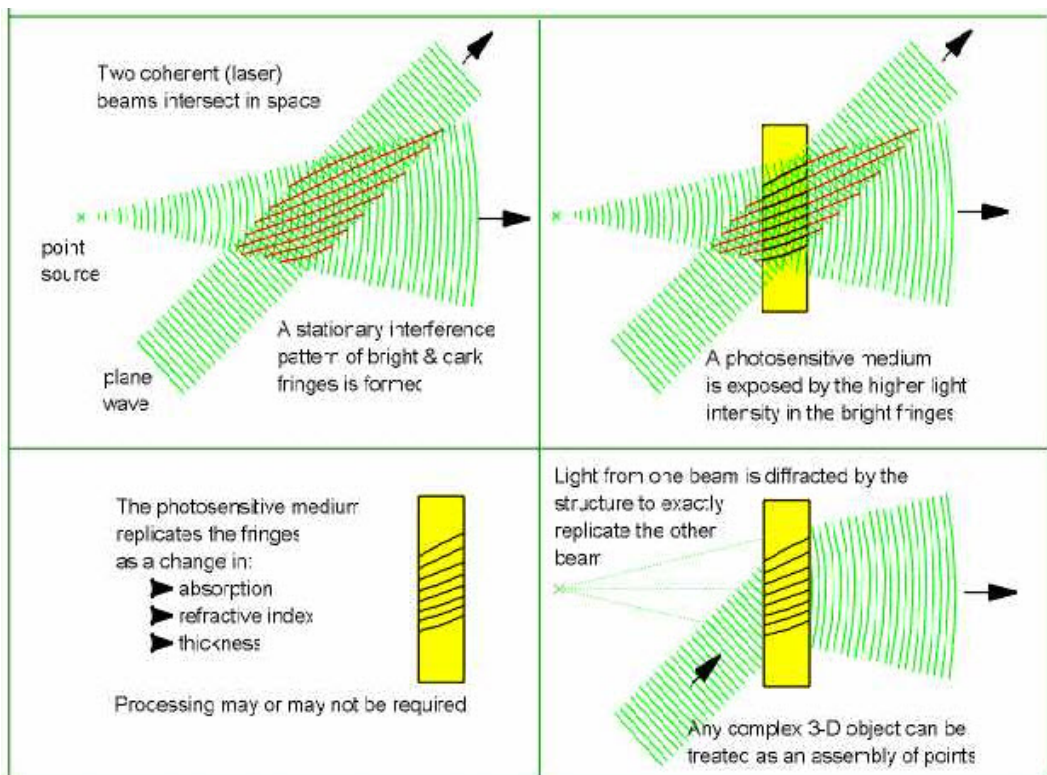


Σχήμα 3.3.3 : Είδωλο Ολογράμματος

(Πηγή : Διπλωματική εργασία, Δημήτριος Γ. Γούλας ΕΜΠ)

Ανακεφαλαιώνοντας με την βοήθεια οπτικής αναπαράστασης η διαδικασία της ολογραφίας μπορεί να συνοψιστεί στις παρακάτω ενέργειες:

1. Δημιουργία κροσσών συμβολής
2. Τοποθέτηση ολογραφικής πλάκας και καταγραφή του ολογράμματος
3. Αναπαραγωγή του ολογράμματος » 9



Εικόνα 3.3.2 : Κροσσοί συμβολής

(Πηγή : http://www.physics.ntua.gr/ergasthria/askhseis_ergasthriou/optikh/Optikh_Askhsh_5.pdf)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

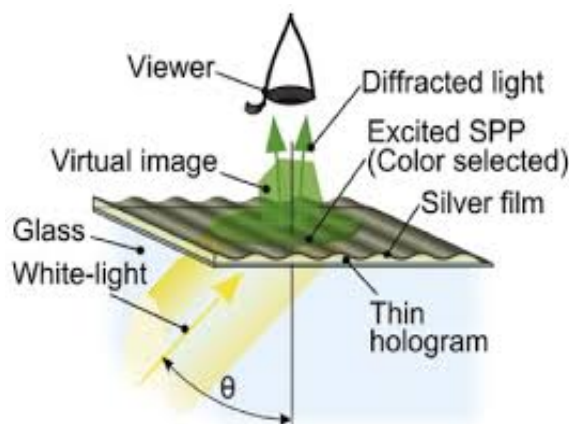
ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΟΛΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

4.1 Ολογράμματα διαμόρφωσης πλάτους και φάσης

«Ένα ολόγραμμα διαμόρφωσης πλάτους είναι εκείνο όπου το πλάτος του διαθλώμενου φωτός από το ολόγραμμα είναι ανάλογο με την ένταση του καταγεγραμμένου φωτός. Ένα απλό παράδειγμα είναι αυτό του φωτογραφικού γαλακτώματος σε ένα διαφανές υπόστρωμα. Το γαλάκτωμα εκτίθεται στο μοτίβο συμβολής, και στη συνέχεια εμφανίζεται δίνοντας διαπερατότητα η οποία ποικίλλει ανάλογα με την ένταση του μοτίβου συμβολής, όσο περισσότερο φως, προσέπεσε πάνω στην πλάκα σε ένα δεδομένο σημείο, τόσο πιο σκούρο είναι το ολογραφικό φιλμ σε αυτό το σημείο. Ένα ολόγραμμα φάσης γίνεται με την αλλαγή είτε του πάχους ή του δείκτη διάθλασης του υλικού ανάλογα με την ένταση του ολογραφικού μοτίβου συμβολής. Ουσιαστικά αποτελεί ένα φράγμα περίθλασης και μπορεί να αποδειχθεί ότι όταν οι εν λόγω πλάκες φωτίζονται από την αρχική δέσμη αναφοράς, ανασυγκροτείται το αρχικό μέτωπο κύματος του αντικείμενου. Η απόδοση (δηλαδή το τμήμα της φωτεινής δέσμης το οποίο μετατρέπεται σε ανασχηματισμένη ακτίνα του αντικειμένου) είναι μεγαλύτερη για τα ολογράμματα φάσης απ' ό,τι για τα ολογράμματα διαμόρφωσης κατά πλάτος.

4.2 Λεπτά Ολογράμματα και Ολογράμματα Όγκου

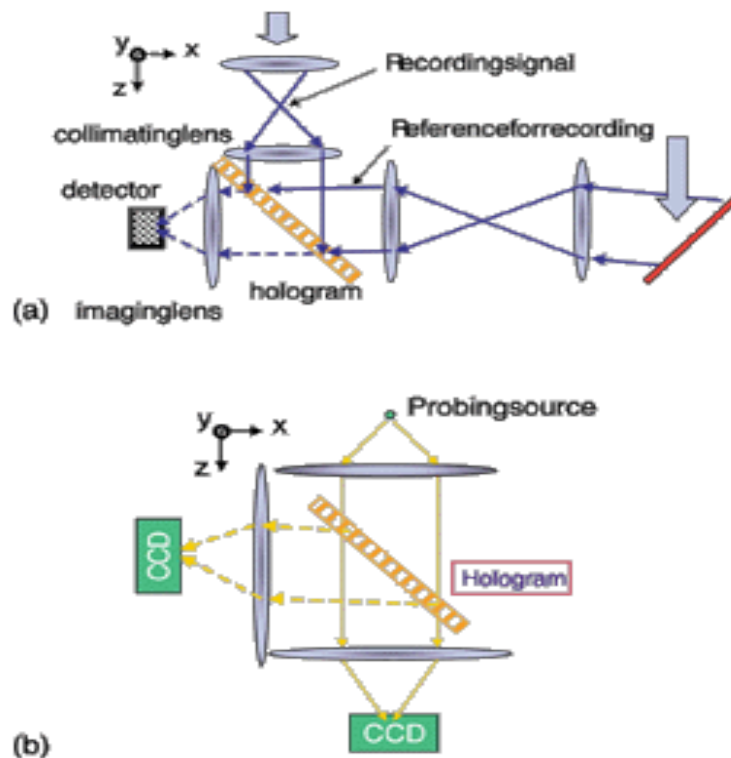
Λεπτό ολόγραμμα είναι αυτό, όπου το πάχος του μέσου καταγραφής είναι πολύ μικρότερο από την απόσταση των κροσσών συμβολής που συνθέτουν την ολογραφική καταγραφή.



Εικόνα 4.2.1 : Λεπτό ολόγραμμα

(Πηγή : Διπλωματική εργασία, Δημήτριος Γ. Γούλας ΕΜΠ)

Ολόγραμμα όγκου είναι αυτό, όπου το πάχος του μέσου καταγραφής είναι μεγαλύτερο από την απόσταση των κροσσών συμβολής. Το ολόγραμμα που καταγράφεται τώρα είναι μια τρισδιάστατη δομή, και μπορεί να αποδειχθεί ότι το φως περιθλάται από ένα φράγμα μόνο σε μια συγκεκριμένη γωνία, γνωστή ως γωνία Bragg. (Young Πανεπ. Φυσική, 2000). Εάν το ολόγραμμα δεν φωτίζεται με μια σύμφωνη πηγή φωτός κατά την αρχική γωνία της δέσμης αναφοράς, αλλά με ένα ευρύ φάσμα μηκών κύματος, η αναπαράσταση συμβαίνει μόνο στο μήκος κύματος του λέιζερ που χρησιμοποιήθηκε αρχικά. Εάν η γωνία του φωτισμού έχει αλλάξει, η αναπαράσταση θα συμβεί σε διαφορετικό μήκος κύματος και το χρώμα της αναπαριστάμενης σκηνής αλλάζει. Έτσι ένα ολόγραμμα όγκου λειτουργεί αποτελεσματικά ως φίλτρο χρώματος, αφού αλλάζοντας την γωνία φωτισμού είναι δυνατόν να επιτευχθεί διαφορετική χρωματική απόδοση στο τελικό αποτέλεσμα.



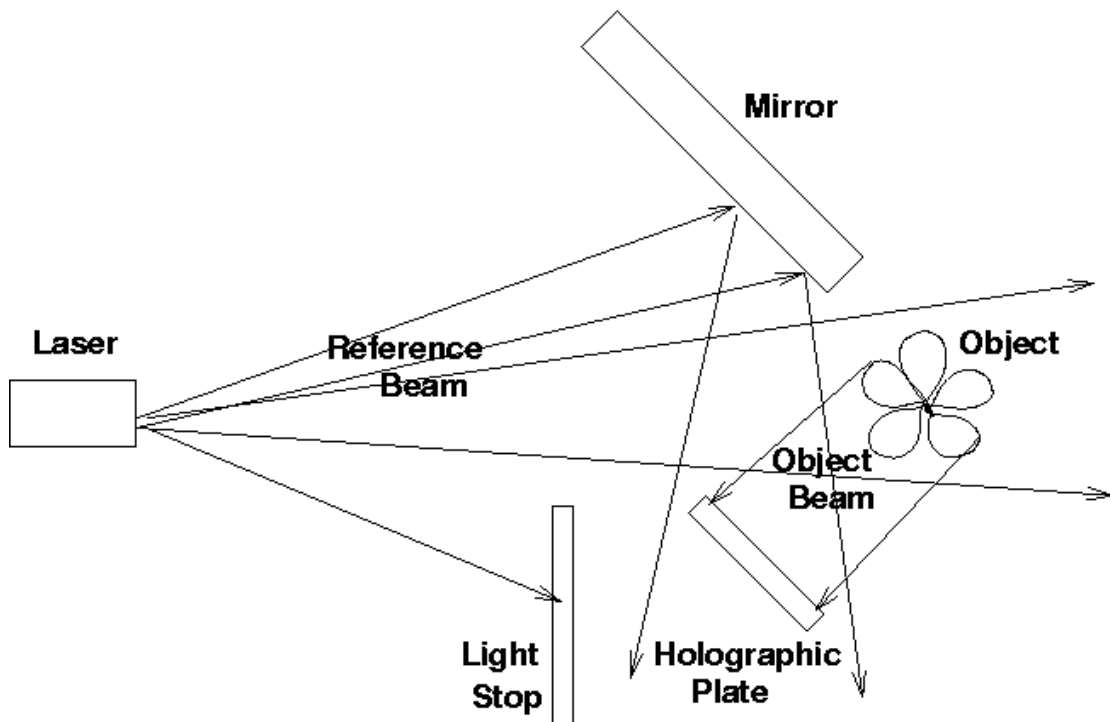
Εικόνα 4.2.2 : Ολόγραμμα όγκου

(Πηγή : Διπλωματική εργασία, Δημήτριος Γ. Γούλας ΕΜΠ)

4.3 Ολογράμματα Μετάδοσης και Ανάκλασης

Ένα ολόγραμμα μετάδοσης είναι εκείνο όπου η δέσμη του αντικειμένου και η δέσμη αναφοράς συμπίπτουν στο μέσο εγγραφής από την ίδια πλευρά. Στην πράξη μπορεί να χρησιμοποιηθούν πολλά περισσότερα κάτοπτρα, για να κατευθυνθούν οι δέσμες στις απαιτούμενες κατευθύνσεις. Τα κύρια χαρακτηριστικά των ολογραμμάτων μετάδοσης είναι τα παρακάτω: α) Στο φυσικό φως παρουσιάζουν τα χρώματα της ίριδας και έχουν συγκεχυμένα περιγράμματα β) Το αντικείμενο φαίνεται να βρίσκεται μπροστά από το επίπεδο καταγραφής του ολογράμματος. γ) Το ολόγραμμα εμφανίζεται μόνο όταν εκτεθεί σε ακτινοβολία laser .

Transmission Hologram



Σχήμα 4.3 : Ολόγραμμα μετάδοσης

(Πηγή : <http://laser.physics.sunysb.edu/~karl/webreport/>)

Σε ένα ολόγραμμα ανάκλασης, οι δέσμες αντικειμένου και αναφοράς συμβάλλουν πάνω στο ολογραφικό φιλμ από αντίθετες πλευρές. Το ανακατασκευασμένο αντικείμενο στη συνέχεια παρουσιάζεται από την ίδια πλευρά της ολογραφικής πλάκας (ή φιλμ) στην οποία προσπίπτει η εκ νέου ανακατασκευασμένη δέσμη. Για να γίνουν ολογράμματα ανάκλασης μπορεί να χρησιμοποιηθούν μόνο ολογράμματα όγκου, δεδομένου ότι μόνο μια πολύ χαμηλής έντασης περιθλώμενη δέσμη, ανακλάται από ένα λεπτό ολόγραμμα.»¹⁰

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΣΑ ΟΛΟΓΡΑΦΙΑΣ

5.1 Ολογραφικά Μέσα Καταγραφής

«Στα πρώτα ολογράμματα χρησιμοποιήθηκαν φωτογραφικά γαλακτώματα από αλογονίδια του αργύρου ως μέσο καταγραφής, τα οποία δεν ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματικά. Αυτό συνέβαινε επειδή λόγω της τραχύτητας της επιφάνειας απορροφούνταν το περισσότερο από το σύμφωνο φως. Το μέσο εγγραφής θα πρέπει να μετατρέψει το αρχικό μοτίβο συμβολής σε ένα οπτικό στοιχείο που τροποποιεί είτε το πλάτος είτε τη φάση της δέσμης φωτός που προσπίπτει σε αναλογία με την ένταση του αρχικού πεδίου φωτός. Επίσης το ολογραφικό μέσο εγγραφής θα πρέπει να είναι σε θέση να αναλύσει πλήρως όλους τους κροσσούς συμβολής που προκύπτουν από την συμβολή μεταξύ της δέσμης του αντικειμένου και της δέσμης αναφοράς. Αυτές οι αποστάσεις των κροσσών μπορεί να κυμαίνονται από μερικές δεκάδες μικρά έως και λιγότερο από ένα μικρό, δηλαδή χωρικές συχνότητες που κυμαίνονται από μερικές εκατοντάδες έως μερικές χιλιάδες κύκλους ανά χιλιοστό. Ιδανικά, το μέσο εγγραφής θα πρέπει να έχει μια απόκριση η οποία είναι όμοια πάνω από το συγκεκριμένο εύρος. Εάν η απόκριση του μέσου σε αυτές τις χωρικές συχνότητες είναι χαμηλή, η αποδοτικότητα περιθλάσης του ολογράμματος θα είναι κακή, και έτσι θα λαμβάνεται μια αμυδρή εικόνα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το κοινό φωτογραφικό φιλμ έχει πολύ χαμηλή ή και μηδενική, απόκριση στις αναφερόμενες συχνότητες και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να γίνει ένα ολόγραμμα (Kozma A & Zelenka JS, 1970). Εάν η καταγραφή δεν είναι ομοιόμορφη σε όλο το εύρος των χωρικών συχνοτήτων στο μοτίβο συμβολής, τότε η ανάλυση της ανακατασκευασμένης εικόνας μπορεί επίσης να είναι υποβαθμισμένη. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τα κύρια υλικά που χρησιμοποιούνται για την ολογραφική καταγραφή. Το όριο ανάλυσης δίνεται στον

πίνακα 2 που δείχνει τον μέγιστο αριθμό των γραμμών συμβολής / mm από τους κόκκους. Οι σύντομοι χρόνοι έκθεσης (λιγότερο από 1/1000 του δευτερολέπτου, όπως με παλμικό λέιζερ) απαιτούν υψηλότερη έκθεση (Kodak Technical Data, 2004).

Υλικό	Επαν/ση	Επεξεργασία	Τύπος Ολογράμματος	Απαιτούμενη Έκθεση (Mj/cm ²)	Όριο Ανάλυσης (mm ⁻¹)
Φωτογραφικά γαλακτώματα	Όχι	Υγρή	Πλάτους Φάσης	1.5	5000
Διχρωματικές Ζελατίνες	Όχι	Υγρή	Φάσης	100	10000
Φωτοανθεκτικά	Όχι	Υγρή	Φάσης	100	3000
Φωτοθερμοπλαστικά	Ναι	Υγρή Πίεση και θέρμανση	Φάσης	0.1	500-1,200
Φωτοπολυμερή	Όχι	Μετεπεξεργασία	Φάσης	10000	5000
Φωτοδιαθλαστικά	Ναι	Καμία	Φάσης	10	10000

Πίνακας 5.1 : Ιδιότητες μέσων καταγραφής ολογραφίας

Ένα υπάρχον ολόγραμμα μπορεί να αναπαραχθεί, είτε οπτικά, όπως γίνεται με την ολογραφική εγγραφή ή με ανάγλυφη εκτύπωση. Τα ολογράμματα ανάγλυφου επιφάνειας καταγράφονται σε φωτοευαίσθητα υλικά ή φωτοθερμοπλαστικά και επιτρέπουν την φθνή μαζική αναπαραγωγή. Τέτοια ανάγλυφα ολογράμματα σήμερα χρησιμοποιούνται ευρέως, για παράδειγμα, ως χαρακτηριστικά ασφαλείας για τις πιστωτικές κάρτες ή για τον έλεγχο ποιότητας των εμπορευμάτων.» 11

5.2 Ανακατασκευή και Παρατήρηση της Ολογραφικής Εικόνας

«Όταν η ολογραφική πλάκα ή φιλμ φωτίζεται από μια ακτίνα λέιζερ ταυτόσημη με την δέσμη αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε για να καταγραφεί το ολόγραμμα, επιτυγχάνεται μια ακριβής αναπαράσταση της αρχικής κυματομορφής του αντικειμένου. Ένα σύστημα απεικόνισης (ανθρώπινο μάτι ή ακόμα και φωτογραφική μηχανή) που βρίσκεται στην πορεία της ανασυγκροτημένης δέσμης «βλέπει» την ίδια ακριβώς σκηνή, όπως θα έκανε κατά την προβολή της αρχικής σκηνής. Όταν ο φακός κινείται, η εικόνα αλλάζει με τον ίδιο τρόπο που θα γινόταν αν το αντικείμενο ήταν στη θέση του. Εάν διάφορα αντικείμενα ήταν παρόντα όταν καταγραφόταν το ολόγραμμα, τα ανακατασκευασμένα αντικείμενα κινούνται το ένα σε σχέση με ένα άλλο, όπως θα κινούνταν και τα πρωτότυπα αντικείμενα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί μια σκακιέρα στην οποία με το πέρας της ολογραφικής καταγραφής διαφαίνονταν ότι τα διάφορα πιόνια μετακινούνταν σε σχετική θέση για τις διαφορετικές γωνίες θέασης.

Η ολογραφική εικόνα μπορεί επίσης να επιτευχθεί με μια διαφορετική ακτίνα λέιζερ σε σχέση με την αρχική δέσμη του αντικειμένου καταγραφής, αλλά η ανακατασκευασμένη εικόνα δεν θα ταιριάζει ακριβώς με την αρχική. Το λευκό φως αποτελείται από ένα ευρύ φάσμα μηκών κύματος. Κανονικά, αν ένα ολόγραμμα φωτίζεται από μια λευκή πηγή φωτός, κάθε μήκος κύματος μπορεί να θεωρηθεί ότι παράγει τη δική του ολογραφική απεικόνιση, η οποία θα διαφέρει σε μέγεθος, γωνία και απόσταση. Όταν αυτές οι δέσμες αλληλεπιδράσουν, τότε η συνολική εικόνα θα εξαλείψει κάθε πληροφορία σχετικά με την αρχική σκηνή, ακριβώς σαν να επικαλύπτονται μια σειρά από φωτογραφίες του ίδιου αντικειμένου σε διάφορα μεγέθη και προσανατολισμούς. Ωστόσο, μπορεί να επιτευχθεί μια ολογραφική εικόνα χρησιμοποιώντας το λευκό φως σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, π.χ. ολογράμματα όγκου και ολογράμματα τύπου ουράνιου τόξου. Η πηγή λευκού φωτός που χρησιμοποιείται για να παρατηρηθούν αυτά τα ολογράμματα θα πρέπει να είναι πάντα κατά προσέγγιση σαν μια σημειακή πηγή, δηλαδή ένα σημειακό φως ή ο ήλιος. Μια εκτεταμένη πηγή (π.χ. ένας λαμπτήρας φθορισμού) δεν θα ανακατασκευάσει ένα ολόγραμμα, δεδομένου ότι το φως προσπίπτει σε κάθε σημείο σε ένα ευρύ φάσμα των γωνιών, δίνει πολλαπλές αναπαραστάσεις που θα αλληλοαναιρούνται.» ¹²

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

6.1 Ατέλειες στα ολογράμματα

Κατά την κατασκευή ενός ολογράμματος παρατηρούνται δυσκολίες ως προς την ομαλή λειτουργία του. Μία απ αυτές είναι να μην εμφανίζεται η εικόνα του ολογράμματος που μπορεί να οφείλεται σε 1)πιθανό προβληματικό φως ασφαλείας 2) να υπάρχει υποέκθεση ή υπερέκθεση 3)να συντελούν πολλοί παράγοντες σε αυτό οπότε πρέπει να απομονωθούν και να ελεγχτούν ξεχωριστά

Η ασθενής εικόνα είναι επίσης ένα πιθανό πρόβλημα .Αυτό μπορεί να οφείλεται στην υποέκθεση ή υπερέκθεση ή στην περιεκτικότητα χλωρίου στο νερό. Επίσης κάποιες φορές τα ολογράμματα είναι ελλιπή. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε μια ελάχιστη κίνηση του αντικειμένου είτε στην θερμική ανισορροπία είτε ακόμα στην μετακίνηση ενός αντικειμένου όταν περιλαμβάνονται πολλά στην έκθεση οπότε τότε θα λείπουν μέρη. Μια άλλη ατέλεια είναι τα σκοτεινά στίγματα που οφείλονται σε θερμική ανισορροπία και τέλος υπάρχουν φωτεινές και σκοτεινές λωρίδες που οφείλονται στην κίνηση της πλάκας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΟΛΟΓΡΑΦΙΑΣ

7.1 Εφαρμογή στην αρχιτεκτονική

«Επειδή η ολογραφία και η αρχιτεκτονική συνδέονται στενά , πολλοί σχεδιαστές , επιστήμονες , αρχιτέκτονες επιθυμούσαν πολλά χρόνια πριν την πρακτική εφαρμογή και την βοήθεια της ολογραφίας στην υπηρεσία της αρχιτεκτονικής .

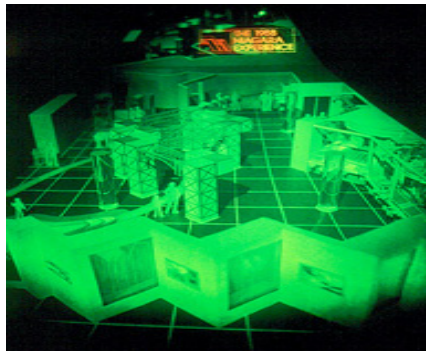
Ίσως μία από τις πιο προφανείς εφαρμογές της ολογραφίας στην αρχιτεκτονική είναι η καταγραφή των προτύπων που χρησιμοποιούνται για να προ απεικονίσουν τα νέα κτίρια .Εδώ η ολογραφία χρησιμοποιείται ως η πλέον αξιόπιστη μέθοδος καθορισμού της τρισδιάστατης καταγραφής .



Εικόνα 7.1.1 : Ολόγραμμα αρχιτεκτονικής

(Πηγή : Ολογραφία και εφαρμογές , εργασία αρχιτεκτόνων φοιτητών του ΕΜΠ)

Ένα ολόγραμμα 2 επί 1 μέτρων του χρησιμοποιήθηκε σε μια επιτυχή έκθεση στο Λονδίνο.



Εικόνα 7.1.2 : Ολόγραμμα 2x1 μέτρων στο Λονδίνο

(Πηγή : Ολογραφία και εφαρμογές , εργασία αρχιτεκτόνων φοιτητών του ΕΜΠ)

Το 1987 η John Perry HolographicsNorth με σκοπό να παρουσιάσει στους επισκέπτες ένα πιο φουτουριστικό μουσείο κατασκεύασε ένα καινοτόμο ολόγραμμα αποδεικνύοντας την καταλυτική επίδραση της ολογραφίας στην αρχιτεκτονική πέρα από το παραδοσιακό πρότυπο.

Πλαστικό φως

Η ολογραφία αποτυπωμένη σε ανάγλυφο έχει προσφέρει στους καλλιτέχνες και σχεδιαστές ένα νέο υλικό για τη δημιουργία ενός ολογραφικού σχεδίου που χρησιμοποιείται στα κτίρια ως γλυπτό. Ο Sally Weber χρησιμοποίησε αυτό το υλικό σε διάφορες επιφάνειες μεγάλης κλίμακας. Η καλλιτέχνη Melissa Crenshaw χρησιμοποιεί αποτυπωμένο ανάγλυφο ολογραφικό υλικό για το канаδικό περίπτερο της εκρο 92 στην Ισπανία σε συνεργασία με τον αρχιτέκτονα Thom Vancouver . Στην κατασκευή αυτή τα αποτυπωμένα σε ένα ανάγλυφο φύλλα ολογραφίας τοποθετήθηκαν μεταξύ του γυαλιού έτσι ώστε το νερό να πέφτει απότομα στην ολογραφική επιφάνεια και να προκαλεί περίθλαση. Αξιοσημείωτο είναι εδώ το πώς η εξαιρετικά μεγάλες περιοχές του ολογραφικού υλικού μπορούν να ενσωματωθούν σε μια εσωτερική δομή και έτσι να αποδειχτεί

στους καλλιτέχνες ο τρόπος που μπορεί να το ενσωματώσουν σε ειδικά κατασκευαστικά υλικά .



Εικόνα 7.1.3 : Το ολόγραμμα ως γλυπτό

(Πηγή : Ολογραφία και εφαρμογές , εργασία αρχιτεκτόνων φοιτητών του ΕΜΠ)

Επικεράμωση

Πολλές φορές τα πλαστικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποτυπωμένη σε ανάγλυφο ολογραφία δεν είναι κατάλληλα για το εσωτερικό σχέδιο λόγω της λεπτής διατομής και την ανάγκη της μετά – παραγωγής να τοποθετηθεί σε μια πιο γερή επιφάνεια . Τα ολογραφικά στοιχεία ενσωματώνονται στα τελειωτικά υλικά που παράγουν διάφορες επιχειρήσεις όπως φαίνεται στην εικόνα .

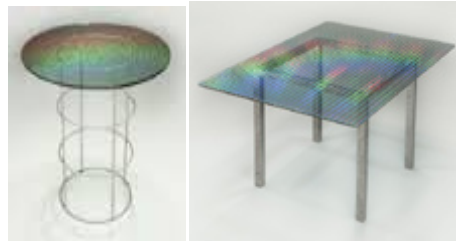


Εικόνα 7.1.4 : Ολόγραμμα ως επένδυση τοίχου

(Πηγή : Διπλωματική εργασία, Δημήτριος Γ. Γούλας ΕΜΠ)

Τα συγκεκριμένα υλικά έχουν χρησιμοποιηθεί για την επένδυση τοίχων γυαλιού στις εμπορικές εκθέσεις πχ σε μια έκθεση κατασκευή για την εταιρεία της Intel. Εδώ πρέπει να τονιστεί πως με τα υλικά αυτά ο συγκεκριμένος κατευθυνόμενος φωτισμός δεν είναι απαραίτητος.

Με το υλικό αυτό κατασκευάζονται και επιφάνειες επίπλων .



Εικόνα 7.1.5 : Ολογράμματα σε επιφάνειες επίπλων

(Πηγή : Διπλωματική εργασία, Δημήτριος Γ. Γούλας ΕΜΠ)

Οι κάτωθι εικόνες απεικονίζουν τα οπτικά αποτελέσματα των προϊόντων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διακοσμητική χρήση. Επίσης σαν τρόπος εγκατάστασης της κίνησης χρησιμοποιείται η ίδια ιδέα της διάθλασης απ τους καλλιτέχνες .



Εικόνα 7.1.6 : Διακοσμητικά ολογράμματα

(Πηγή : Διπλωματική εργασία, Δημήτριος Γ. Γούλας ΕΜΠ)

Τοίχοι

Η χρήση της ολογραφίας για την ενσωμάτωση των διαφορετικών διαστημάτων στα γλυπτά και ενσωματωμένα αντικείμενα έχει προσελκύσει τους καλλιτέχνες. Ο ζωγράφος WardBosκαι ο ολόγραφος RudieBerkhout αποδεικνύουν πως μπορούν να συνεργαστούν σε μια μόνιμη εγκατάσταση που χρησιμοποιείται για να ενισχύσει το διάστημα ανάμεσα στο κτίριο. Παρουσίασαν το 2001 στην τράπεζα του κέντρου τεχνολογίας της Αμερικής ,το Charlotte , ένα τρίπτυχο χρωματικών στρώσεων και 12 ολογραμμάτων αντανάκλασης. Η οπτική παραίσθηση (η μορφή και η τοποθέτηση των ολογραμμάτων και των έργων ζωγραφικής) χρησιμοποιείται για να ενισχύσει την εντύπωση του βάθους σε αυτή την εργασία, με το πραγματικό τρισδιάστατο διάστημα στα τμήματα ολογραμμάτων και τα πολλαπλάσια λεπτά στρώματα του χρώματος, τα οποία βοηθούν να δώσουν μια εντύπωση του «άπειρου βάθους».



Εικόνα 7.1.7 : Ολογράμματα σε τοίχο

(Πηγή : Ολογραφία και εφαρμογές , εργασία αρχιτεκτόνων φοιτητών του ΕΜΠ)

Ο καλλιτέχνης SetsukoIshii έχει εργαστεί σε πολλές δημόσιες και ιδιωτικές εγκαταστάσεις τέχνης όπου η ενσωμάτωση των ολογραμμάτων στην αρχιτεκτονική είναι κυρίαρχη. Σε αυτή το παράδειγμα έχουν τοποθετηθεί διάφορα ορθογώνια ολογράμματα μαζί για την αίθουσα εισόδων μιας εσωτερικής κατοικίας. Εδώ, το φως και το χρώμα υπάρχουν όχι μόνο μέσα στα ολογραφικά ορθογώνια αλλά και στο διάστημα μεταξύ του θεατή και της επιφάνειας των ολογραμμάτων. Έχει εργαστεί στις πολύ μεγαλύτερες δημόσιες εγκαταστάσεις, χρησιμοποιώντας τα ολογράμματα μετάδοσης που κρεμιούνται μέσα σε ένα κενό κτίριο.

Ο KarstenHabighorst , Γερμανία, έχει ολοκληρώσει διάφορες εγκαταστάσεις για τους αρχιτεκτονικούς χώρους. Εδώ, παραδείγματος χάριν, έχει χρησιμοποιήσει την ολογραφία μετάδοσης ως τμήμα του συστήματος σηματοδότησης για μια είσοδο τραπεζών στο Berkum στην Γερμανία. Το 2 x 2,7 μέτρων ολόγραμμα έχει τοποθετηθεί με σκοπό την επισήμανση της εισόδου.



Εικόνα 7.1.8 : Ολόγραμμα 2x2,7 μέτρων σε τράπεζα της Γερμανίας

(Πηγή : Ολογραφία και εφαρμογές , εργασία αρχιτεκτόνων φοιτητών του ΕΜΠ)

Αυτά τα είδη των εγκαταστάσεων ενσωματώνονται συχνά αφότου έχει κατασκευαστεί το κτίριο παρά κατά την διάρκεια της αρχικής περιόδου σχεδίου.

Το εθνικό κέντρο ολογραφίας δημιούργησε ένα πρόγραμμα που ενσωμάτωσε την ολογραφία άμεσα στο σχέδιο του κτιρίου από την αρχή για μια περιοχή στις ανατολικές Midlands. Μέσα στη δομή του προγράμματος σε ένα ακέραιο γλυπτό θα περιελάμβανε τους ολογραφικούς τοίχους . Παρ όλο που το πρόγραμμα απέτυχε ωστόσο απεδείχθη ότι η ολογραφία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί έξυπνα σαν αναπόσπαστο τμήμα της ανάπτυξης μιας αρχιτεκτονικής δομής.

Πάτωμα και οροφή

Πάνω από 10 έτη πριν, ο καλλιτέχνης VitoOrazem συνεργάστηκε με τους αρχιτέκτονες για να παράγει το ολογραφικά πατώματα που περιέχουν τις οπτικές πληροφορίες για την εγκατάσταση ως οπτικά εμπόδια στους σταθμούς υπογείων. Καθώς ένας επιβάτης πλησιάζει το χάσμα μεταξύ της πλατφόρμας και του κενού, το ολόγραμμα πατωμάτων θα τους ενημέρωνε, οπτικά στη στάση .



Εικόνα 7.1.9 : Ολόγραμμα επισήμανσης κενού

(Πηγή : Ολογραφία και εφαρμογές , εργασία αρχιτεκτόνων φοιτητών του ΕΜΠ)

Πιο πρόσφατα το «ανώτατο όριο γυαλιού», από τον καλλιτέχνη Shu- Min Lim αποδεικνύει πως οι ολογραφικές εικόνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα δημόσιο περιβάλλον (προσωρινές εγκαταστάσεις στοών).



Εικόνα 7.1.10 : Ολογράμματα σε δημόσιο χώρο

(Πηγή : Ολογραφία και εφαρμογές , εργασία αρχιτεκτόνων φοιτητών του ΕΜΠ)

Επίσης ο καλλιτέχνης DieterJung , που εγκαθίσταται στο ευρωπαϊκό γραφείο διπλωματών ευρεσιτεχνίας, Χάγη, Κάτω Χώρες, το 2001 κατασκεύασε ένα παρόμοιο εγχείρημα. Αυτό περιλαμβάνει ένα ολόγραμμα πατώματος 16 τετραγωνικών μέτρων με 4,5 μέτρα.



Εικόνα 7.1.11 : Ολόγραμμα εδάφους

(Πηγή : Ολογραφία και εφαρμογές , εργασία αρχιτεκτόνων φοιτητών του ΕΜΠ)

Οι εικόνες πατώματος είναι ορατές μέσω 360° και των διαφορετικών χρωμάτων επίδειξης όταν αντιμετωπίζεται από διάφορα σημεία. Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι πρακτικά είναι δύσκολο για τους ανθρώπους να περπατούν πάνω σε ένα γυάλινο πάτωμα., δεδομένου ότι έχουν μια έντονη απέχθεια να προχωρήσουν στα πρόσωπα άλλων ανθρώπων. Το μη-αντιπροσωπευτικό πάτωμα του Jung επιτρέπει μια μεγαλύτερη ευκαιρία να περπατήσει κανείς ή να σταθεί στα ελαφριά σχέδια. Αυτό, μαζί με το κινητό χρώμα στην οροφή και την αντανάκλαση της στο γυάλινο πάτωμα, παρέχουν μια σύνδεση μεταξύ των δύο μερών της εγκατάστασης.»¹³



Εικόνα 7.1.12 : Σύνθετο ολόγραμμα

(Πηγή : Ολογραφία και εφαρμογές , εργασία αρχιτεκτόνων φοιτητών του ΕΜΠ)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΣΤΟ ARDUINO

8.1 Ιστορικό πλαίσιο

«Ως απαρχή του Arduino μπορούμε να θεωρήσουμε το 2005, όταν και δημιουργήθηκε ένα σχέδιο για τη κατασκευή μιας συσκευής για τον έλεγχο προγραμμάτων διαδραστικών σχεδίων, με σκοπό να είναι πιο φθηνή από άλλα πρωτότυπα συστήματα που βρίσκονταν στην αγορά εκείνη την περίοδο. Ιδρυτές ήταν οι Massimo Banzì και David Cueartielles, οι οποίοι ονόμασαν το σχέδιο από τον Arduin της Inreaka και ξεκίνησαν να παράγουν πλακέτες σε ένα μικρό εργοστάσιο στην Inrea, κωμόπολη της επαρχίας Τορίνο στην περιοχή Πεδεμόντιο της βορειοδυτικής Ιταλίας.

Το Arduino θεωρείται μια διακλάδωση της προγραμματιστικής πλατφόρμας Wiring που αφορά λογισμικό ανοικτού κώδικα & η γλώσσα προγραμματισμού του Arduino (περί τούτου θα γίνει εκτενέστερη αναφορά παρακάτω) σχετίζεται με μια γλώσσα βασισμένη στη Wiring (σύνταξη και βιβλιοθήκες), είναι παρόμοια με τη C++ με μερικές τροποποιήσεις, καθώς και ένα ολοκληρωμένο σύστημα ανάπτυξης (IDE).»¹⁴

Οι εκδόσεις του Arduino με χρονολογική σειρά είναι οι εξής :

- Τον Σεπτέμβριο του 2006 ανακοινώθηκε το Arduino Mini
- Τον Οκτώβρη του 2008 ανακοινώθηκε το Arduino Duemilanove. Αρχικά βασίστηκε στο Atmel Atmega168, αλλά μετά στάλθηκε με το ATmega328.
- Τον Μάρτιο του 2009 ανακοινώθηκε το Arduino Mega. Είναι βασισμένο στο Atmel ATmega128
- Από τον Μάιο του 2011 πάνω από 300,000 Arduino ήταν σε χρήση σε όλο τον κόσμο
- Τον Ιούλιο του 2012 ανακοινώθηκε το Arduino Leonardo. Είναι βασισμένο στο Atmel ATmega32u4
- Τον Οκτώβριο του 2012 ανακοινώθηκε το Arduino Due. Είναι βασισμένο στο Atmel SAM3X8E, που είχε πυρήνα ARM Cortex-M3
- Τον Νοέμβριο του 2012 ανακοινώθηκε το Arduino Micro. Είναι βασισμένο στο Atmel ATmega32u4

- Τον Μάιο του 2013 ανακοινώθηκε το Arduino Robot. Είναι βασισμένο στο Atmel ATmega32u4 και ήταν το πρώτο επίσημο Arduino με ρόδες
- Τον Μάιο του 2013 ανακοινώθηκε το Arduino Yun. Είναι Βασισμένο στο ATmega32u4 και στο Atheros AR9331 και ήταν το πρώτο προϊόν wifi που συνδύαζε το Arduino με το Linux.

Επίσημες Πλακέτες

Το πρωτότυπο υλισμικό του Arduino κατασκευάζεται από την Ιταλική εταιρία Smart Projects. Κάποιες πλακέτες με την μάρκα του Arduino έχουν σχεδιαστεί από την Αμερικάνικη εταιρία SparkFun Electronics. Δεκαέξι εκδοχές του Arduino Hardware έχουν χρησιμοποιηθεί εμπορικά μέχρι τώρα:

1. Το Serial Arduino, προγραμματισμένο με μία σειριακή DE-9 σύνδεση χρησιμοποιώντας τεχνολογία ATmega8
2. Το Arduino Extreme, με ένα USB interface για προγραμματισμό χρησιμοποιώντας τεχνολογία ATmega8
3. Το Arduino Mini, μία έκδοση μινιατούρας του Arduino χρησιμοποιώντας τεχνολογία surface-mounted ATmega168
4. Το Arduino Nano, ένα ακόμα πιο μικρό, USB τροφοδοτούμενη έκδοχή του Arduino χρησιμοποιώντας τεχνολογία surface-mounted ATmega168 (ATmega328 για την νεότερη έκδοση)
5. Το LilyPad Arduino, ένα μινιμαλιστικό σχέδιο για εφαρμογές ένδυσης και E-textiles χρησιμοποιώντας τεχνολογία surface-mounted ATmega328
6. Το Arduino NG, με ένα USB interface για προγραμματισμό και χρησιμοποιώντας τεχνολογία ATmega8
7. Το Arduino NG plus, με ένα USB interface για προγραμματισμό και χρησιμοποιώντας τεχνολογία atmega168
8. Το Arduino Bluetooth, με Bluetooth interface για προγραμματισμό χρησιμοποιώντας τεχνολογία ATmega168
9. Το Arduino Diecimila, με ένα USB interface και χρησιμοποιεί τεχνολογία ATmega168 σε ένα DIP28 πακέτο
10. Το Arduino Duemilanove ("2009"), χρησιμοποιεί τεχνολογία ATmega168 (ATmega328 για την καινούργια έκδοση) και τροφοδοτείται μέσω ενέργειας USB/DC, αυτόματα εναλλασσόμενης

11. Το Arduino Mega, χρησιμοποιώντας τεχνολογία surface-mounted ATmega1280 για περαιτέρω I/O και μνήμη
12. Το Arduino Uno, χρησιμοποιώντας την ίδια τεχνολογία ATmega328 όπως το τελευταίο μοντέλο Duemilanove, αλλά ενώ το Duemilanove χρησιμοποιεί ένα FTDI chipset για το USB, το Uno χρησιμοποιεί τεχνολογία ATmega8U2 προγραμματισμένο ως σειριακός μετατροπέας
13. Το Arduino Mega2560, χρησιμοποιεί τεχνολογία surface-mounted ATmega2560 φέρνοντας την ολική μνήμη στα 256kB. Επίσης ενσωματώνει την νέα τεχνολογία ATmega8U2 (ATmega16U2 σε αναθεώρηση τύπου 3) USB chipset.
14. Το Arduino Leonardo, με ένα ATmega32U4 chip που εξαλείφει την ανάγκη για συνδεσιμότητα μέσω USB και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ψηφιακό πληκτρολόγιο ή ποντίκι. Κυκλοφόρησε στο Maker Faire Bay Area το 2012
15. Το Arduino Esplora, με εμφάνιση που παραπέμπει σε χειριστήριο κονσόλας βιντεοπαιχνιδιών με joystick και ενσωματωμένους αισθητήρες για ήχο, φως, θερμοκρασία και επιτάχυνση
16. Το Arduino Due είναι ένα μικροχειριστήριο board βασισμένο στην τεχνολογία Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 CPU. Είναι το πρώτο board της Arduino βασισμένη σε επεξεργαστή 32-bit ARM microcontroller

8.2 Τι είναι το Arduino

«Το Arduino μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια «ανοικτού κώδικα» πλατφόρμα «προτυποποίησης» ηλεκτρονικών, η οποία χρησιμοποιείται εύκολα από άτομα τα οποία έχουν μικρή προγραμματιστική εμπειρία, καθώς και στοιχειώδεις γνώσεις ηλεκτρονικών, μιας και βασίζεται σε ευέλικτο και εύκολο στη χρήση software και hardware.

Ουσιαστικά η «καρδιά» του ηλεκτρονικού κυκλώματος του Arduino, είναι ο μικροελεγκτής ATmega της Atmel, όπου όλα του τα σχέδια, όπως και το λογισμικό που είναι απαραίτητο για τη λειτουργία του, υπάρχουν και διανέμονται ελεύθερα, ώστε να μπορεί να κατασκευαστεί από τον κάθε ενδιαφερόμενο.

Από τη στιγμή που υλοποιείται η κατασκευή του ηλεκτρονικού κυκλώματος του Arduino, συμπεριφέρεται και χρησιμοποιείται σαν ένας μικροσκοπικός υπολογιστής. Αυτό συμβαίνει γιατί μπορεί να επιτευχθεί ζεύξη με πολλαπλές μονάδες εισόδου/εξόδου, να ληφθούν δεδομένα από τις μονάδες εισόδου και μετά από κατάλληλη επεξεργασία να σταλούν οι απαραίτητες εντολές στις μονάδες εξόδου. Μάλιστα θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε πως το Arduino λειτουργικά μοιάζει με το NXT Brick των Lego Mindstorms NXT από τη στιγμή που η ρομποτική είναι μια από τις πολλές εφαρμογές στις οποίες το Arduino διαπρέπει.

Το Arduino δεν μπορεί να θεωρηθεί ούτε ως ο μοναδικός, αλλά ούτε και ως ο πιο αξιόπιστος τρόπος για τη δημιουργία μιας διαδραστικής ηλεκτρονικής συσκευής. Αυτό όμως που είναι κοινώς αποδεκτό, είναι το πλεονέκτημά του όσον αφορά την υποστήριξή του, η οποία απαρτίζεται από μια τεράστια κοινότητα που έχει δημιουργήσει, συντηρεί και επεκτείνει μια πολύ μεγάλη online γνωσιακή βάση.»¹⁵

8.3 Arduino software

«Το IDE (ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης) του Arduino προέρχεται από το IDE που χρησιμοποιεί η γλώσσα προγραμματισμού Processing και το σχέδιο Wiring, και ουσιαστικά είναι μια εφαρμογή γραμμένη σε Java που λειτουργεί σε πολλές πλατφόρμες.

Processing είναι μια ανοιχτού κώδικα γλώσσα προγραμματισμού που λειτουργεί σαν εργαλείο συγγραφής προγραμμάτων σε άλλους υπολογιστές. Η χρησιμότητα του έγκειται στο ότι δίνει τη δυνατότητα να επικοινωνούν οι υπολογιστές με τη πλακέτα Arduino όπως για παράδειγμα να εμφανίσουν ή να αποθηκεύσουν κάποια αρχεία που συλλέγονται από το Arduino.








Wiring είναι ανοιχτού κώδικα πλατφόρμα πρωτοτυποποίησης ηλεκτρονικών και συνθέτεται από μια γλώσσα προγραμματισμού, ένα ολοκληρωμένο σύστημα ανάπτυξης και ένα μικροεπεξεργαστή μονής πλακέτας. Ειδικότερα πρόκειται για τη γλώσσα προγραμματισμού C++ και ένα σύνολο από βιβλιοθήκες, υλοποιημένες επίσης στην C++.

Έχει σχεδιαστεί για να εισαγάγει τον προγραμματισμό στους καλλιτέχνες και τους νέους που δεν είναι εξοικειωμένοι με την ανάπτυξη λογισμικού. Το IDE του Arduino έχει τη δυνατότητα να φορτώνει προγράμματα στην πλακέτα με ένα μόνο “κλικ”, καθώς επίσης περιλαμβάνει και πρόγραμμα επεξεργασίας κώδικα με βασικά χαρακτηριστικά όπως η επισήμανση σύνταξης και ο συνδυασμός αγκυλών. Ακόμη δεν υπάρχει η ανάγκη να επεξεργαστούμε αρχεία make, ή να τρέξουμε προγράμματα σε commandline (περιβάλλον γραμμής εντολών). Το πρόγραμμα ή ο κώδικας που έχει γραφτεί για Arduino λέγεται sketch (σκίτσο).»¹⁶

Τα Arduino προγράμματα είναι γραμμένα σε C ή C++. Το Arduino IDE περιλαμβάνει μια βιβλιοθήκη λογισμικού Wiring, από το πρωτότυπο σχέδιο Wiring γεγονός που καθιστά αυτομάτως πολλές κοινές λειτουργίες εισόδου/εξόδου πολύ πιο εύκολες. Οι χρήστες πρέπει μόνο να ορίσουν δύο λειτουργίες για να κάνουν ένα πρόγραμμα κυκλικής εκτέλεσης:

-setup(): μία συνάρτηση που τρέχει μία φορά στην αρχή του προγράμματος η οποία αρχικοποιεί τις ρυθμίσεις

-loop(): μία συνάρτηση η οποία καλείται συνέχεια μέχρι η πλακέτα να απενεργοποιηθεί

	Έλεγχος του κώδικα για λάθη.
	Τερματισμός της σειριακής κονσόλας.
	Δημιουργία νέου έργου (sketch).
	Παρουσίαση μενού με όλα τα αποθηκευμένα έργα. Πατώντας σε ένα από αυτά ανοίγει για επεξεργασία.
	Αποθήκευση του έργου.
	Μεταγλώττιση του κώδικα και ανέβασμα του στο Arduino.
	Εμφάνιση της σειριακής κονσόλας. Αποστολή και λήψη δεδομένων που στάλθηκαν μέσω της σειριακής θύρας,

Πίνακας 8.3.1 : Βασικές λειτουργίες του IDE

Ρυθμίσεις του περιβάλλοντος ανάπτυξης

Οι βασικές ρυθμίσεις που πρέπει να πραγματοποιηθούν από την στιγμή που συνδέεται το Arduino στο σύστημα μας είναι:

1. Επιλογή πλακέτας. Από το μενού Tools -> Board επιλέγουμε την πλακέτα που έχουμε. Στο συγκεκριμένο οδηγό θα χρησιμοποιήσουμε το Arduino Diecimila, οπότε επιλέγουμε το "Arduino Diecimila, Duemilanove or Nano w/ Atmega168".
2. Επιλογή σειριακής θύρας. Από το μενού Tools -> Serial Port επιλέγουμε την σειριακή θύρα ή θύρα USB που έχουμε συνδεδεμένο το Arduino (πχ. /dev/ttyUSB0 σε ΛΣ Linux).

Ρυθμίσεις που αφορούν στο μέγεθος του κειμένου, το φάκελλο αποθήκευσης, τη χρήση εξωτερικού κειμενογράφου βρίσκονται στη καρτέλα Preferences (File -> Preferences). Για περισσότερες ρυθμίσεις μπορούν να γίνουν αλλαγές στο αρχείο preferences.txt (το οποίο βρίσκεται στον φάκελο του χρήστη ~/.arduino/preferences.txt στο ΛΣ Linux).

Επομένως ένα σκίτσο με τις βασικές του συναρτήσεις έχει τη μορφή:



```
sketch_may23a
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}

Arduino/Genuino Uno on COM7
```

Εικόνα 8.3.1 : Βασικές συναρτήσεις Arduino

(Πηγή : Προσωπικό αρχείο)

Λόγω του ότι η γλώσσα του Arduino ουσιαστικά «κατάγεται» από την C, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις ίδιες βασικές εντολές και συναρτήσεις, με την ίδια σύνταξη, τους ίδιους τύπων δεδομένων και τους ίδιους τελεστές, όπως και στην C. Πέρα από αυτές όμως, υπάρχουν κάποιες ειδικές εντολές, συναρτήσεις και σταθερές που βοηθούν για τη διαχείριση του ειδικού hardware του Arduino. Οι πιο σημαντικές από αυτές επεξηγούνται στον πίνακα που ακολουθεί:

Όρισμα	Είδος	Τύπος	Παράμετροι	Περιγραφή
LOW	Σταθερά	Int	–	Έχει την τιμή 0 και είναι αντίστοιχη του λογικού false.
HIGH	Σταθερά	Int	–	Έχει την τιμή 1 και είναι αντίστοιχη του λογικού true.
INPUT	Σταθερά	Int	–	Έχει την τιμή 0 και είναι αντίστοιχη του λογικού false.
OUTPUT	Σταθερά	Int	–	Έχει την τιμή 1 και είναι αντίστοιχη του λογικού true.
pinMode	Εντολή	–	(<i>pin, mode</i>)	Καθορίζει αν το συγκεκριμένο ψηφιακό <i>pin</i> θα είναι <i>pin</i> εισόδου ή <i>pin</i> εξόδου ανάλογα με την τιμή που δίνεται στην παράμετρο <i>mode</i> (INPUT ή OUTPUT αντίστοιχα).
digitalWrite	Εντολή	–	(<i>pin, pinstatus</i>)	Θέτει την κατάσταση <i>pinstatus</i> (HIGH ή LOW) στο συγκεκριμένο ψηφιακό <i>pin</i> .
digitalRead	Συνάρτηση	Int	(<i>pin</i>)	Επιστρέφει την κατάσταση του συγκεκριμένου ψηφιακού <i>pin</i> (0 για LOW και 1 για HIGH) εφόσον αυτό είναι <i>pin</i> εισόδου.
analogReference	Εντολή	–	(<i>type</i>)	Δέχεται τις τιμές DEFAULT, INTERNAL ή EXTERNAL στην παράμετρο <i>type</i> για να καθορίσει την τάση αναφοράς (V_{ref}) των αναλογικών εισόδων (5V, 1.1V ή η εξωτερική τάση με την οποία τροφοδοτείται το <i>pin</i> AREF αντίστοιχα)
analogRead	Συνάρτηση	Int	(<i>pin</i>)	Επιστρέφει έναν ακέραιο από 0 έως 1023, ανάλογα με την τάση που τροφοδοτείται το συγκεκριμένο <i>pin</i> αναλογικής εισόδου στην κλίμακα 0 ως V_{ref} .
analogWrite	Εντολή	–	(<i>pin, value</i>)	Θέτει το συγκεκριμένο ψηφιακό <i>pin</i> σε κατάσταση ψευδοαναλογικής εξόδου (PWM). Η παράμετρος <i>value</i> καθορίζει το

πλάτος του παλμού σε σχέση με την περίοδο του παραγόμενου σήματος στην κλίμακα από 0 ως 255 (π.χ. με *value* 127, το πλάτος του παλμού είναι ίσο με μισή περίοδο).

Millis	Συνάρτηση	<code>unsigned long</code> <code>()</code>	<p>Μετρητής που επιστρέφει το χρονικό διάστημα σε ms από την στιγμή που άρχισε η εκτέλεση του προγράμματος. Λάβετε υπόψη ότι λόγω του τύπου μεταβλητής (<code>unsigned long</code> δηλ. 32bit) θα γίνει overflow σε 2³²ms δηλαδή περίπου σε 50 μέρες, οπότε ο μετρητής θα ξεκινήσει πάλι από το μηδέν.</p>
--------	-----------	--	---

Delay	Εντολή	<code>-</code> <code>(time)</code>	<p>Σταματά προσωρινά την ροή του προγράμματος για <i>time</i> ms. Η παράμετρος <i>time</i> είναι <code>unsigned long</code> (από 0 ως 2³²). Σημειώστε ότι παρά την προσωρινή παύση, συναρτήσεις των οποίων η εκτέλεση ενεργοποιείται από <code>interrupt</code> θα εκτελεστούν κανονικά κατά την διάρκεια μιας <code>delay</code>.</p>
-------	--------	------------------------------------	---

attachInterrupt	Εντολή	<code>-</code> <code>(interrupt,function,triggermode)</code>	<p>Θέτει σε λειτουργία το συγκεκριμένο <code>interrupt</code>, ώστε να ενεργοποιεί την συνάρτηση <code>function</code>, κάθε φορά που ικανοποιείται η συνθήκη που ορίζεται από την παράμετρο <code>triggermode</code>:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <code>LOW</code> (ενεργοποίηση όταν η κατάσταση του pin που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο <code>interrupt</code> γίνει <code>LOW</code>) • <code>RISING</code> (όταν από <code>LOW</code> γίνει <code>HIGH</code>) • <code>FALLING</code> (όταν από <code>HIGH</code> γίνει <code>LOW</code>)
-----------------	--------	--	---

				<ul style="list-style-type: none"> CHANGE (όταν αλλάξει κατάσταση γενικά)
detachInterrupt	Εντολή	–	(<i>interrupt</i>)	Απενεργοποιεί το συγκεκριμένο <i>interrupt</i> .
noInterrupts	Εντολή	–	()	Σταματά προσωρινά την λειτουργία όλων των <i>interrupt</i>
Interrupts	Εντολή	–	()	Επαναφέρει την λειτουργία των <i>interrupt</i> που διακόπηκε προσωρινά από μια εντολή <i>noInterrupts</i> .
Serial.begin	Μέθοδος κλάσης	–	(<i>datarate</i>)	Θέτει τον ρυθμό μεταφοράς δεδομένων του σειριακού interface (σε baud)
Serial.println	Μέθοδος κλάσης	–	(<i>data</i>)	Διοχετεύει τα δεδομένα <i>data</i> για αποστολή μέσω του σειριακού interface. Η παράμετρος <i>data</i> μπορεί να είναι είτε αριθμός είτε αλφαριθμητικό.

Πίνακας 8.3.2 : Εντολές Arduino

8.4 Ρεύμα λειτουργίας

Το Arduino μπορεί να δουλέψει με ρεύμα από τη USB θύρα του υπολογιστή ή με αυτόνομη παροχή ρεύματος από μπαταρία. Η μονάδα παρέχει σταθερά τάση 5V στις εξόδους της. Για παροχή ρεύματος στη μονάδα από εξωτερική πηγή χρησιμοποιείται τροφοδοσία από εξωτερικό βύσμα . Η προτεινόμενη παρεχόμενη τάση λειτουργίας είναι στα 7V έως 12V, ώστε να μπορεί να λειτουργήσει η πλακέτα και στην έξοδό της να δώσει μια σταθερή τάση της τάξεως των 5V. Μπορούμε να συνδέσουμε την παροχή ρεύματος απευθείας στα pins που προορίζονται για αυτό το σκοπό: (+) στο Pin VCC IN και (-) στο Gnd δίπλα του. Στην περίπτωση που είναι συνδεδεμένη η μονάδα μας μόνιμα με θύρα USB τότε δουλεύει χωρίς πρόβλημα με τα 5V που παρέχει η USB θύρα.

8.5 Θύρες εισόδου/εξόδου

Το Arduino Uno R3 έχει 14 ψηφιακές θύρες εισόδου ή εξόδου (digital input/output pins) και έξι αναλογικές εισόδους (analog input pins). Οι 14 ψηφιακές θύρες ονομάζονται με νούμερα από το 0 έως το 13, ενώ οι έξι αναλογικές με το γράμμα

Α ακολουθούμενο από ένα νούμερο από 0 μέχρι το 5 (π.χ. A3). Στην έξοδο τα pins μπορούν να δώσουν 0 έως και 5V τάση. Από τις 14 ψηφιακές θύρες οι έξι, και ειδικότερα οι 3, 5, 6, 9, 10, 11, είναι και PWM θύρες (Pulse Width Modulation), δηλαδή μπορούν να προσομοιώσουν αναλογικές εξόδους. Έτσι, συνοπτικά για την είσοδο και έξοδο έχουμε:

- Για ψηφιακή είσοδο, χρησιμοποιούνται οι 14 ψηφιακές 0..13. Όταν δουλεύουν ψηφιακά, η είσοδος μπορεί να είναι ή 0 ή 5V, με τον χαρακτηρισμό LOW ή HIGH όπως θα δούμε παρακάτω.
- Για ψηφιακή έξοδο, χρησιμοποιούνται οι 14 ψηφιακές 0..13. Όταν δουλεύουν ψηφιακά, η έξοδος μπορεί να είναι 0 ή 5V, με τον χαρακτηρισμό LOW ή HIGH όπως θα δούμε παρακάτω.
- Για αναλογική είσοδο, δηλαδή όταν διαβάζονται οι τιμές ρεύματος στο διάστημα 0 έως 5V, χρησιμοποιούμε τις έξι αναλογικές θύρες A0..A5.
- Για αναλογική έξοδο, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν οι έξι PWM ψηφιακές θύρες (3, 5, 6, 9, 10, 11), οι οποίες θα δίνουν ρεύμα εξόδου οποιας τιμή θέλουμε στο διάστημα από 0 έως 5V.

Τα παραπάνω φαίνονται & στην εικόνα που ακολουθεί:



Εικόνα 8.5 :Πλακέτα ArduinoUno

(Πηγή : <http://grobotronics.com/?sl=el>)

Ξεκινώντας τη συγγραφή του κώδικα στην πλατφόρμα Arduino (version 1.6.6), γίνεται αντιστοίχιση των μεταβλητών που θα χρησιμοποιηθούν στο πρόγραμμα με τις θύρες (αναλογικές ή ψηφιακές) του μικροελεγκτή (ArduinoUno), δίνοντας κατάλληλα ονόματα. Στη συνέχεια, με τη χρήση της συνάρτησης pinMode, γίνεται

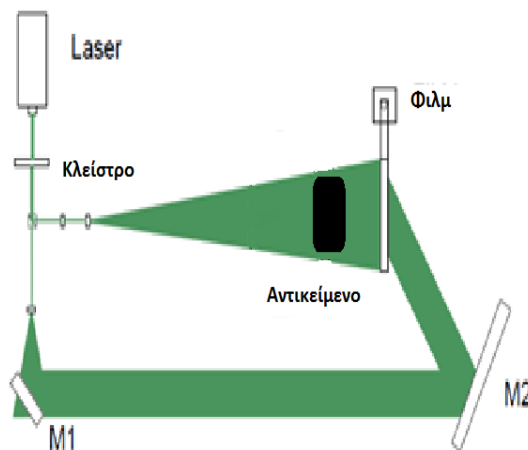
ο ορισμός των θυρών που θα λειτουργούν ως είσοδοι (input) αλλά και ως έξοδοι (output). Τέλος, και πριν αρχίσει η συγγραφή του κυρίως κώδικα, γίνεται αρχικοποίηση, αν χρειάζεται, των εξόδων, θέτοντάς τες σε κατάσταση LOW (0 V) ή HIGH (5 V).

Η σειριακή επικοινωνία μεταξύ της πλακέτας ArduinoUno και του υπολογιστή ή άλλων συσκευών, μπορεί να επιτευχθεί μέσω των ψηφιακών θυρών 0(RX-transmit) και 1(TX-receive) ή μέσω μιας θύρας USB.

Η ψηφιακή θύρα 13 συνήθως χρησιμοποιείται ως έξοδος, καθώς έχει ένα Led και μια αντίσταση συνδεδεμένη πάνω σε αυτή, τα οποία είναι κολλημένα πάνω στην πλακέτα. Το Led αυτό αναβοσβήνει όταν η πλακέτα τίθεται σε λειτουργία, καθώς και όταν προγραμματίζεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

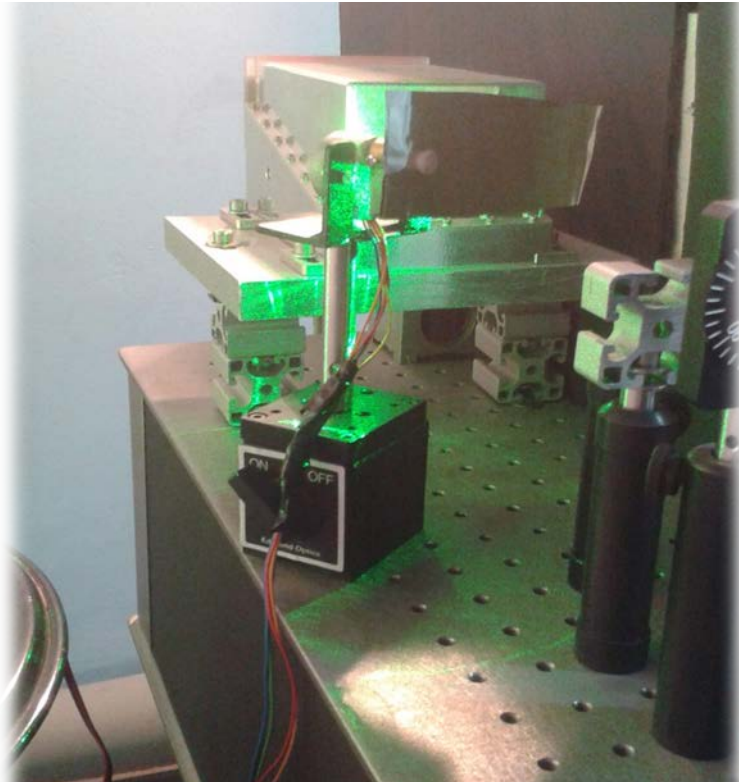


Σχήμα 9.1 : Διάταξη αναλογικής ολογραφίας

Σκοπός του πειράματος είναι η δημιουργία αυτοματοποιημένου κλείστρου το οποίο θα παρεμβάλλεται μεταξύ της εξόδου συστήματος εκπομπής δέσμης laser & ολογραφικού χαρτιού για την αποτύπωση αντικειμένου.

Το κλείστρο καθώς & όλη η κατασκευή αποτελείται από:

- Ένα φύλλο αλουμινίου προσαρτημένο σε ένα stepper motor βαμμένο με μαύρο "ματ" χρώμα για την αποφυγή τυχόν αντανακλάσεων (Εικόνα 1.2)



Εικόνα 9.1.1 : Η διάταξη του κλείστρου με το laser

(Πηγή : Προσωπικό αρχείο από το εργαστήριο ολογραφίας του ΕΜΠ)

- Ένα stepper motor 5V το οποίο ανοιγοκλείνει το κλείστρο



Εικόνα 9.1.2 : Step motor

(Πηγή : <http://grobotronics.com/?sl=el>)

- Μια πλακέτα ArduinoUno προγραμματισμένη για να δίνει τις απαραίτητες εντολές

Προγραμματισμός αυτοματοποιημένου κλείστρου laser για την κατασκευή ολογραμμάτων

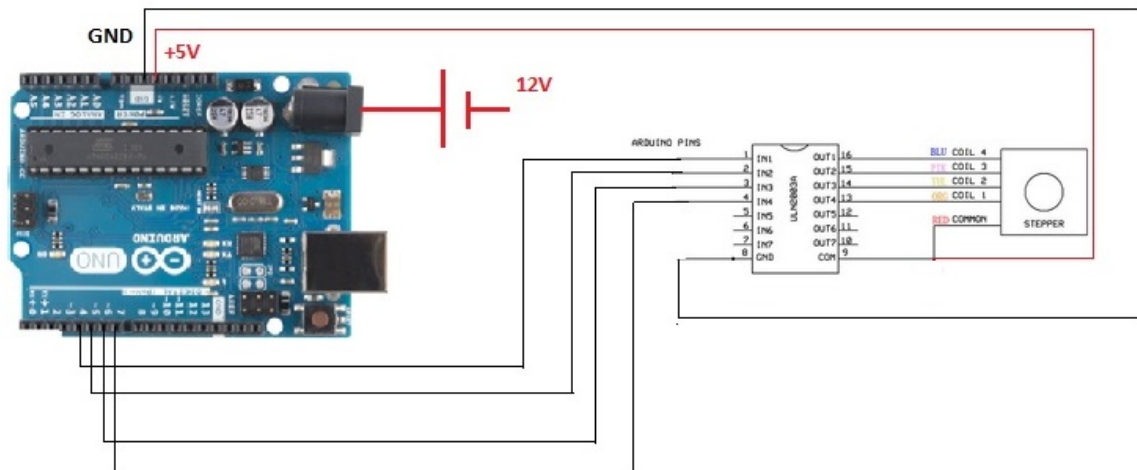
- Ένα τροφοδοτικό με ρυθμιζόμενη τάση για την πλακέτα του Arduino
- Μια συσκευή εκπομπής δέσμης laser
- Ένα ολογραφικό χαρτί για την αποτύπωση του ολογράμματος
- Ένα ειδικό αντικείμενο στο οποίο προσκρούει η δέσμη laser
- Η πλακέτα Arduino συνδέεται με τον υπολογιστή μέσω θύρας USB

Η όλη διαδικασία περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

Αρχικά θέτουμε μια κατάσταση ηρεμίας στο σύστημά μας 5sec μέσω της καθολικής μεταβλητής “rause”. Μετά το πέρας των δευτερολέπτων αυτών το κλείστρο στρέφεται δεξιόστροφα μέσω της συνάρτησης “clockwise” αφήνοντας τη δέσμη laser να περάσει. Η κατάσταση αυτή διατηρείται για 5sec, όπου και το κλείστρο στρέφεται αριστερόστροφα μέσω της συνάρτησης “anticlockwise” διακόπτοντας τη ροή της δέσμης. Μετά από μια χρονοκαθυστέρηση 60sec μέσω της καθολικής μεταβλητής “rause1” η όλη διαδικασία επαναλαμβάνεται.

Τα παραπάνω εφαρμόζονται προγραμματιστικά και στο παρακάτω πρόγραμμα το οποίο “φορτώνεται” στην πλακέτα Arduino Uno.

ΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ



Εικόνα 9.1.3 : Κύκλωμα πειράματος

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄

Στο παράρτημα αυτό παρατίθεται ο κώδικας ανάπτυξης της παρούσας εφαρμογής.

```
//ορίζουμε τις καθολικές μεταβλητές
#define pause 5000
#define pause1 60000

//ορίζουμε τις ψηφιακές θύρες
int motorPin6 = 4;
int motorPin7 = 5;
int motorPin8 = 6;
int motorPin9 = 7;

int j = 0;
int motorSpeed = 1500; //ορίζουμετηνταχύτητατουsteppermotor
intcount = 0;
intc = 1;
Int countsperrev = 28; //ορίζουμε το πόσο μεγάλη θα είναι η περιστροφή του
steppermotor
int lookup[8] = {B01000, B01100, B00100, B00110, B00010, B00011, B00001,
B01001};
////////////////////////////////////
voidsetup() {

//ορίζουμε τις ψηφιακές εξόδους
pinMode(motorPin6, OUTPUT);
pinMode(motorPin7, OUTPUT);
pinMode(motorPin8, OUTPUT);
```



```
pinMode(motorPin9, OUTPUT);
```

```
}
```

```
////////////////////////////////////////////////////////////////
```

```
void loop() {
```

```
  if (c == 1)
```

```
  {
```

```
    delay(pause);
```

```
    c = 0;
```

```
  }
```

```
  for (count; count < countsperrev; count++) {
```

```
    clockwise();//κλήση συνάρτησης για τη δεξιόστροφη κίνηση του  
    steppermotor(άνοιγμα κλείστρου)
```

```
  }
```

```
  delay(pause);
```

```
  if (count == countsperrev) {
```

```
    count = 0;
```

```
    for (j; j < countsperrev; j++) {
```

```
      anticlockwise();//κλήση συνάρτησης για την αριστερόστροφη κίνηση του  
      steppermotor(κλείσιμο κλείστρου)
```

```
    }
```

```
  }
```

```
  j = 0;
```

```
delay(pause1);
}

//συνάρτηση για τη αριστερόστροφη κίνηση του stepper motor
void anticlockwise()
{
  for (int i = 0; i < 8; i++)
  {
    setOutput(i);
    delayMicroseconds(motorSpeed);
    //θέτουμε χρονικό καθυστέρηση ανάλογη της ταχύτητας του stepper motor
  }
}

//συνάρτηση για τη δεξιόστροφη κίνηση του stepper motor
void clockwise()
{
  for (int i = 7; i >= 0; i--)
  {
    setOutput(i);
    delayMicroseconds(motorSpeed);
    //θέτουμε χρονικό καθυστέρηση ανάλογη της ταχύτητας του stepper motor
  }
}

//συνάρτηση η οποία δίνει τις απαραίτητες εντολές για την κίνηση του stepper motor
void setOutput(int out)
{
  //bitRead(x,y) : διαβάζει τα bit ενός αριθμού
```

//x : ο αριθμός από τον οποίο θα διαβάσει τα bit

//y : για το bit που θα διαβάσει, ξεκινά από το 0 ως το λιγότερο σημαντικό(δεξιότερο) bit

```
digitalWrite(motorPin6, bitRead(lookup[out], 0));  
digitalWrite(motorPin7, bitRead(lookup[out], 1));  
digitalWrite(motorPin8, bitRead(lookup[out], 2));  
digitalWrite(motorPin9, bitRead(lookup[out], 3));  
}
```

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Διερεύνηση Μεθόδων Παραγωγής Τρισδιάστατων Χαρτών Με την Χρήση της Ολογραφίας και της Τρισδιάστατης Εκτύπωσης, Διπλωματική εργασία, Δημήτριος Γ. Γούλας , Αθήνα, Νοέμβριος 2012
- «Ολογραφία και αρχιτεκτονική», εργασία για το μάθημα Ειδικών Γεωμετρικών Απεικονίσεων ,σχολή Αρχιτεκτόνων ΕΜΠ
- Κατασκευή ολογραμμάτων , εργασία αρχιτεκτόνων φοιτητών του ΕΜΠ , Ζούρα Πηνελόπη , Κιτσάκη Σπυριδούλα ,Ξένη Σοφία ,εργαστήριο γεωμετρικών απεικονίσεων
- Γεωμετρία και ολογραφία , εργασία αρχιτεκτόνων φοιτητών του ΕΜΠ , Μαρίνη Μαρία, Βαλλήνδρα Βασιλική ,Παπαδοπούλου Σοφία, εργαστήριο γεωμετρικών απεικονίσεων , Αθήνα Μάιος 2006
- Ολογραφία και Φυσική , εργασία αρχιτεκτόνων φοιτητών του ΕΜΠ , Δομουχτσίδης Σταύρος , Ζαφειρούλη Κασσιανή .

ΠΗΓΕΣ

[1,3,5-9,11] Διερεύνηση Μεθόδων Παραγωγής Τρισδιάστατων Χαρτών Με την Χρήση της Ολογραφίας και της Τρισδιάστατης Εκτύπωσης, Διπλωματική εργασία, Δημήτριος Γ. Γούλας , Αθήνα, Νοέμβριος 2012

[2] Κατασκευή ολογραμμάτων , εργασία αρχιτεκτόνων φοιτητών του ΕΜΠ , Ζούρα Πηνελόπη , Κιτσάκη Σπυριδούλα , Ξέινη Σοφία ,εργαστήριο γεωμετρικών απεικονίσεων

[4] Γεωμετρία και ολογραφία , εργασία αρχιτεκτόνων φοιτητών του ΕΜΠ , Μαρίνη Μαρία, Βαλλήνδρα Βασιλική ,Παπαδοπούλου Σοφία, εργαστήριο γεωμετρικών απεικονίσεων , Αθήνα Μάιος 2006

[10] http://www.physics.ntua.gr/ergasthria/askhseis_ergasthron/optikhs/Optikh_Askhsh.pdf

[12] Ολογραφία και Φυσική , εργασία αρχιτεκτόνων φοιτητών του ΕΜΠ , Δομουχτσίδης Σταύρος , Ζαφειρούλη Κασσιανή .

[13] http://www.physics.ntua.gr/pdf_doc_files/seminario_fysikhs_2011/dhmhtriu.ppt

[14,16] <http://users.sch.gr/manpoul/docs/arduino/ProgrammingArduino.pdf>

[15] <https://el.wikipedia.org/wiki/Arduino>