



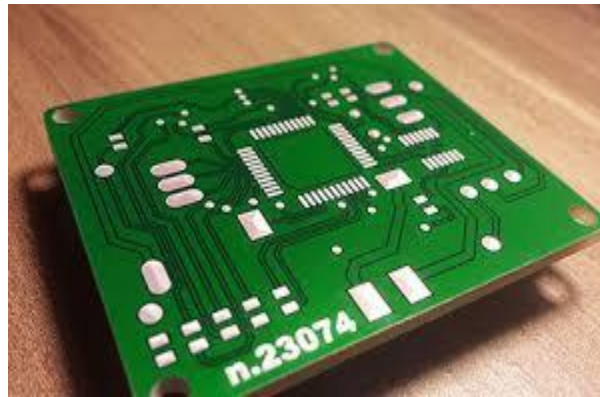
ΔΙΕΘΝΕΣ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

Πτυχιακή εργασία

---

# ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΥΠΩΜΕΝΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

---



Του φοιτητή  
Μιχάλη Κουμαριανού  
Αρ. Μητρώου: 072334

Επιβλέπον καθηγητής;  
Μιχάλης Κιζήρογλου

Θεσσαλονίκη, 2024

## Πρόλογος

Η πτυχιακή εργασία που ακολουθεί αποτελεί την τελική εργασία στο πλαίσιο των σπουδών μου στο τμήμα Μηχανικών Αυτοματισμού της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του Αλεξάνδρειου ΤΕΙ Θεσσαλονίκης και το θέμα που πραγματεύεται είναι η πειραματική εγκατάσταση μονάδας κατασκευής τυπωμένων κυκλωμάτων (PCB).

Στο σημείο αυτό, θα ήθελα να ευχαριστήσω όσες και όσους βοήθησαν στην εκπόνηση της εργασίας. Ιδιαίτερα θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Κιζήρογλου Μιχαήλ για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, καθώς και την καθοδήγηση που μου προσέφερε, χωρίς την οποία η ολοκλήρωση της εργασίας θα ήταν αδύνατη.

Επιπλέον, ευχαριστώ θερμά τους συναδέλφους Μουρατίδη Παναγιώτη και Τσοτάκη Χαράλαμπο για την εποικοδομητική συνεργασία μας στο πειραματικό σκέλος της εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα έρευνα αφορά την πειραματική εγκατάσταση και ανάπτυξη μονάδας κατασκευής τυπωμένων κυκλωμάτων (PCBs). Συγκεκριμένα μελετά τη σχεδίαση και μετέπειτα κατασκευή τυπωμένων κυκλωμάτων. Πρώτο βήμα ήταν η δημιουργία και ο εξοπλισμός ενός εργαστηρίου που θα εξυπηρετεί την κατασκευή πλακετών PCB στο χώρο του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος. Ύστερα, μέσα από σειρά πειραμάτων χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της φωτολιθογραφίας, του developing και της αποχάλκωσης (CU etching) προχωρήσαμε στην κατασκευή πολλών δειγμάτων PCB. Μέσω αυτής της σειράς δοκιμασιών καταφέραμε να πετύχουμε τον κύριο στόχο της έρευνας ο οποίος ήταν η σύνταξη μιας συγκεκριμένης μεθοδολογίας κατασκευής πλακετών PCB στο χώρο του εργαστηρίου.

## **ABSTRACT**

This research focuses on the experimental setup and development of a printed circuit board (PCB) manufacturing unit. Specifically, it examines the design and subsequent production of printed circuit boards. The first step was the establishment and equipping of a laboratory dedicated to PCB fabrication at the Alexander Technological Educational Institute. Following this, a series of experiments were conducted using photolithography, developing, and copper etching methods to produce several PCB samples. Through these trials, the main objective of the research was achieved: the development of a specific methodology for PCB fabrication within the laboratory.

## Περιεχόμενα

1. Πρόλογος.....	ΣΕΛ. 2
2. Περίληψη.....	ΣΕΛ. 3
3. Abstract.....	ΣΕΛ. 4
4. Περιεχόμενα.....	ΣΕΛ. 5
5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Πλακέτες Τυπωμένων Κυκλωμάτων (PCB).....	ΣΕΛ. 6
6. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Παρουσίαση Εργαστηριακού Εξοπλισμού.....	ΣΕΛ. 13
7. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Χημικές αντιδράσεις και συνταγή κατασκευής.....	ΣΕΛ. 16
8. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Μάσκες.....	ΣΕΛ. 20
9. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Παρουσίαση παραδείγματος κατασκευής πλακέτας.....	ΣΕΛ. 30
10. Συμπεράσματα.....	ΣΕΛ. 35
10. Βιβλιογραφία.....	ΣΕΛ. 36
11. Δελτία Δεδομένων Ασφαλείας Υλικών (MSDS).....	ΣΕΛ. 38

## Κεφάλαιο 1: Πλακέτες Τυπωμένων Κυκλωμάτων (PCB)

### Ιστορική Αναδρομή

Το 1903 αποτέλεσε χρονιά ορόσημο για την τεχνολογία που συμπεριελάμβανε τα δύο ακόλουθα σημαντικότερα επιτεύγματα. Οι αδελφοί Wright έκαναν πτήση στο Kitty Hawk και ο Marconi απέδειξε ότι ήταν δυνατή η ασύρματη επικοινωνία στον Ατλαντικό Ωκεανό. Ωστόσο, το 1903 υπήρξε ακόμη ένα σημαντικό τεχνικό ορόσημο με σημαντικά επακόλουθα. Στην πραγματικότητα, η εφεύρεση στην οποία θα αναφερθούμε υπερτερεί έναντι των άλλων και χωρίς αυτήν όλα τα ηλεκτρονικά, συμπεριλαμβανομένων των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των PDA, οι μεταφορές, οι τηλεπικοινωνίες, η ηλεκτρική ενέργεια και πολλά άλλα προϊόντα δεν θα μπορούσαν να υπάρξουν.

Το τηλεγραφικό κλειδί του Morse υπήρχε ήδη για πενήντα χρόνια και η Western Union Company λειτουργούσε ήδη μισό αιώνα. Ο Graham Bell είχε εφεύρει την τηλεφωνική επικοινωνία κι έτσι το τηλέφωνο και το τηλεγράφημα ήταν ουσιαστικοί σύνδεσμοι επικοινωνίας για όλες τις χώρες. Ο Marconi είχε ήδη μεταδώσει μηνύματα σε ολόκληρο τον Ατλαντικό και λίγα χρόνια πριν ο Fleming τελειοποίησε τον σωλήνα κενού, δημιουργήθηκε η πρώτη δίοδος (η βαλβίδα Fleming) και ο Lee De Forest θα κατασκευάσει τον πρώτο ενισχυτή τριόδου (Audion) με ασύρματη μετάδοση.

Η νεοδημιουργηθείσα ηλεκτρονική βιομηχανία, επεκτάθηκε ταχέως, δημιουργώντας ανάγκη για κυκλώματα μαζικής παραγωγής. Τα τηλεφωνικά συστήματα απαιτούσαν χειροκίνητες μονάδες μεταγωγής ή κονσόλες PBX, οι οποίες θα επέτρεπαν στους

χειριστές να πραγματοποιούν συνδέσεις γραμμής. Τα ολοένα και πιο πολύπλοκα κυκλώματα ραδιοσυχνοτήτων χρειάζονταν μια εναλλακτική λύση για την κουραστική και χρονοβόρα καλωδίωση εφόσον η τεχνολογία επεκτεινόταν διαρκώς. Η βιομηχανία ηλεκτρονικών ειδών απαιτούσε τεχνολογία κυκλωμάτων που θα επέτρεπε μαζική παραγωγή και αυτοματοποίηση.

### **Η έννοια του κυκλώματος**

Το 1903 ο Albert Hanson από το Βερολίνο στόχευσε στην επίλυση της ανάγκης τηλεφωνικού κέντρου. Η διαδικασία Hanson, αν και δεν ήταν μια πραγματική μέθοδος «τυπωμένου κυκλώματος» ήταν η ακόλουθη: Το μεταλλικό φύλλο αρχικά κόπηκε ή σφραγίστηκε προς τα πρότυπα των αγωγών. Τα ίχνη χαλκού ή ορείχαλκου συγκολλήθηκαν με κόλλα σε παραφινωμένο χαρτί. Αυτό είναι η πρώτη τεκμηριωμένη εφεύρεση κυκλώματος.

Όμως ο Hanson πρόσθεσε κάποιες καινοτομίες που θεωρούνται «σύγχρονες» κυκλωματικές αρχές. Είχε ήδη συνειδητοποιήσει τη μεγάλη σημασία της υψηλής πυκνότητας κι έτσι σχεδίασε τα κυκλώματά του με αγωγούς και στις δύο πλευρές. Αναγνωρίζοντας επίσης ότι οι συνδέσεις μεταξύ των στρωμάτων ήταν αποφασιστικής σημασίας, πρόσθεσε οπές πρόσβασης για να επιτρέψει την επιλεκτική σύνδεση ανάμεσα στους άνω και τους κάτω αγωγούς. Αν και οι συνδέσεις ήταν ακατέργαστες, περιγράφει σαφώς το κύκλωμα διαμπερών οπών διπλής όψης. Ο Hanson υποστήριξε ότι οι αγωγοί θα μπορούσαν να σχηματιστούν επί τόπου με ηλεκτροεναπόθεση ή με εφαρμογή

μεταλλικής σκόνης σε κατάλληλο μέσο (αγώγιμη μελάνη).

Ο Edison, που είχε πρόσφατα εισάγει στην αγορά τον πρώτο λαμπτήρα πυρακτώσεως, αντιμετώπισε επίσης το πρόβλημα του τυπωμένου καλωδίου. Όταν ρωτήθηκε από τον φίλο του Frank Sprague, ιδρυτή του Sprague Electric Co., πώς να "σχεδιάσει" αγώγιμα ίχνη σε χαρτί, ο Edison έδωσε γραπτά πολλές ιδέες.

Οι προσεγγίσεις περιλάμβαναν πρώτον την επιλεκτική εφαρμογή κόλλας (κολλητική ουσία πολυμερούς) και τη σκόνη του υγρού μελανιού με αγώγιμο γραφίτη ή χάλκινη σκόνη, δεύτερον τη διαμόρφωση ενός μονωτή με διάλυμα νιτρικού αργύρου και μείωση του άλατος στο μέταλλο και τρίτον την εφαρμογή λεπτού φύλλου χρυσού στη συγκολλητική ουσία. Ενώ ο Edison δεν ανέφερε την εκτύπωση, οι δύο πρώτες μέθοδοι θα μπορούσαν να προσαρμοστούν σε διαδικασίες εκτύπωσης.

Στην πραγματικότητα, η πρώτη ιδέα της χρήσης κόλλας με βάση το πολυμερές με αγώγιμα σωματίδια είναι η βάση της σημερινής τεχνολογίας Polymer Thick Film. Είναι σημαντική λόγω των χαμηλών δαπανών και των εγγενώς καθαρών χαρακτηριστικών της. Η δεύτερη έννοια αποτελεί στην πραγματικότητα ηλεκτροκοπτική επένδυση, μια μέθοδος που χρησιμοποιείται σήμερα.

Αρκετές άλλες ιδέες εμφανίστηκαν αργότερα. Το ραδιόφωνο σύντομα έγινε ο σημαντικότερος οδηγός για τυπωμένα κυκλώματα ενώ το ασύρματο τηλέφωνο τραβούσε την προσοχή του κόσμου. Ο πρώτος δημόσιος ραδιοσταθμός, KQW - San Jose, CA, βγήκε στον αέρα το 1912. Μέχρι το τέλος της δεύτερης δεκαετίας του 20<sup>ου</sup>



αιώνα, το ραδιόφωνο είχε εισαχθεί στις περισσότερες μεγάλες χώρες. Στα πλοία λειτουργεί το ραδιοσύστημα Marconi και ο ασύρματος σώζει ζωές. Σύντομα θα υπήρχε ραδιόφωνο σε κάθε νοικοκυριό, όπως προέβλεπε ο David Sarnoff, επικεφαλής της RCA και της NBC.

### **Τυπωμένα κυκλώματα**

Το απλούστερο PCB (τυπωμένο κύκλωμά) είναι ένα φύλλο χαλκού κολλημένο σε φύλλο πλαστικού που συχνά είναι μία εποξική κόλλα που ενισχύεται με φάιμπεργκλας (fiberglass). Το επιπλέον φύλλο χαλκού αφαιρείται, συνήθως με τη μέθοδο της χημικής χαρακτηριστικής και τα εξαρτήματα συνδέονται με τον υπόλοιπο χαλκό με τη συγκόλληση. Ο εφευρέτης του τυπωμένου κυκλώματος ήταν πιθανώς ο Αυστριακός μηχανικός Paul Eisler (1907 - 1995) που κατασκεύασε το πρώτο το 1936, ως τμήμα ενός ραδιοφώνου. Περίπου το 1943 οι Αμερικανοί άρχισαν να χρησιμοποιούν την τεχνολογία σε μεγάλη κλίμακα για να κατασκευάσουν ενισχυτές που χρησιμοποίησαν στον Δεύτερο Παγκόσμιο πόλεμο (rugged radios). Μετά τον πόλεμο το 1948, οι Η.Π.Α. απελευθέρωσαν την εφεύρεση για εμπορική χρήση. Τα τυπωμένα κυκλώματα δεν έγιναν αποδεκτά στα ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του '50. Πριν από τα τυπωμένα κυκλώματα, χρησιμοποιήθηκε η κατασκευή από σημείο σε σημείο. Αρχικά, κάθε εξάρτημά συνδέονταν στην πλακέτα με καλώδια και για καθένα γινόταν μία τρύπα στο PCB με τρυπάνι και συγκολλούνταν. Αυτή η μέθοδος καλείται through hole κατασκευή και θα μπορούσε να γίνει αυτόματα από μία μηχανή κυματικής συγκόλλησης, περνώντας την

πλακέτα πάνω από ένα κύμα αγώγιμης κόλλησης (καλάι). Η κατασκευή με τη μέθοδο through hole είναι ακόμα χρήσιμη στην ένωση των μεγάλων και βαριών εξαρτημάτων με την πλακέτα. Ωστόσο, τα καλώδια και οι τρύπες κοστίζουν γιατί το τρύπημα της πλακέτας είναι δαπανηρό και τα καλώδια φθείρονται στο χρόνο. Στη δεκαετία του '60, εφευρέθηκε μία τεχνική αποκαλούμενη surface mount που χρησιμοποιήθηκε ευρέως προς το τέλος της δεκαετίας του '80. Τα εξαρτήματα ξανασχεδιάστηκαν μηχανικά για να έχουν μικρούς μεταλλικούς ακροδέκτες και για να συγκολλούνται άμεσα στην επιφάνεια των PCB και καλούνται SMD. Επειδή μόνο η αγώγιμη κόλληση κρατά το εξάρτημα στην πλακέτα τα SMD εξαρτήματα γίνονται όσο το δυνατόν μικρότερα και ελαφριά. Συχνά μία αυτοματοποιημένη μηχανή αφαιρεί τα εξαρτήματα από ειδικές μπομπίνες και τα κολλά στο PCB. Ένα στρώμα κόλλας κρατά τα εξαρτήματα κολλημένα στην πλακέτα. Η πλακέτα προθερμαίνεται, περνώντας μέσα από φούρνο που περιέχει υπέρυθρους λαμπτήρες, η θερμότητα των οποίων λειώνει την ύλη συγκολλήσεως και στη συνέχεια κρυώνει ελεγχόμενα. Η προθέρμανση και η ελεγχόμενη ψύξη αποτρέπουν τα εξαρτήματα από το ράγισμα όταν μία άκρη είναι κρύα και μία άλλη καυτή από την κόλληση. Τα εξαρτήματα σχεδιάζονται έτσι ώστε οι άκρες να συμπίπτουν με τα σημεία κόλλησης στην πλακέτα (pads). Το αποτέλεσμα είναι εξαρτήματα ελαφρότερα και μικρότερα και φθηνότερα από το κόστος κατασκευής με καλώδια.

Τα PCB κατασκευάζονται σε τεράστια ποικιλία. Το πρωτότυπο είναι η πλακέτα από ίνες υάλου στην οποία τυπώνεται ένα σχέδιο από χαλκό. Ο σχεδιασμός αποτελείται συνήθως από γραμμές σε σχήμα λαβυρίνθου με τον περιορισμό ότι όλες οι γραμμές καταλήγουν σε στρογγυλά pads. Υπάρχει δυνατότητα παραλλαγών στην εικονογραφημένη γεωμετρία συμπεριλαμβανομένης της παρουσίας οπών διάτρησης μέσω των κέντρων των pads , μιας επιλογής υλικών υποστρώματος, μη επιχρισμένων χαλκοεπεξεργασμένων πινάκων,

πίνακες ηλεκτρικών γαιών με τελείως διαφορετικές γεωμετρίες και ακόμη και συγκολλημένες σανίδες μετά την τοποθέτηση των ηλεκτρονικών. Τα πλάτη των γραμμών σε μια σανίδα μπορεί να κυμαίνονται από 0,01 -0,02 ίντσες και των pads από 0,06 -0,10 ίντσες. Εδώ και πολλά χρόνια φοιτητές του υπολογιστικού κλάδου ενδιαφέρονται για την ερμηνεία των PCBs. Ένας λόγος είναι ότι τα PCB ήταν διαθέσιμα σε αυτούς αλλά το ενδιαφέρον για τα PCBs διαρκεί επειδή το φάσμα του υπολογιστή είναι χρήσιμο και δισδιάστατο.

Οι νέες ιδέες που χρησιμοποιεί η τυποποιημένη τεχνολογία υπολογιστών έχουν εξαντληθεί. Αλλά το ζήτημα πηγαίνει πέρα από την απλή αναγνώριση προτύπων και αυτό είναι όπου τα πράγματα γίνονται ενδιαφέροντα. Ο σκοπός του να επιθεωρήσει ένας υπολογιστής μια πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος δεν είναι να αναγνωρίζει καλά σχέδια, αν και αυτό είναι απαραίτητο αλλά να κατανοεί τα κακά πρότυπα. Ένα ελάττωμα σε μια πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος είναι ένα απρόβλεπτο πρότυπο καθιστά την απεικόνιση και ερμηνεία των ελαττωμάτων έναν ενδιαφέροντα ερευνητικό στόχο. Αυτό που είναι σημαντικό για τη διατριβή μας είναι ότι η αναγνώριση προτύπων δεν παράγει μόνο ερμηνείες γραμμών, pads και άλλων κανονικών διαμορφώσεων χαλκού, αλλά και ερμηνείες ελαττωματικών περιοχών. Με απλά λόγια, ένα κομμάτι του χαλκού (ή του υποστρώματος) είναι ελαττωματικό και βρίσκοντας το η επισήμανση είναι σημαντική. Η δυαδική απεικόνιση δεν είναι απαραίτητο χαρακτηριστικό της δισδιάστατης όρασης. Η προώθηση δυαδικών εικόνων μπορεί να οδηγήσει σε αμφισβήτηση ότι τα τυπωμένα κυκλώματα είναι δισδιάστατα αντικείμενα. Οι πίνακες τυπωμένων κυκλωμάτων δεν είναι πραγματικά «τυπωμένοι» αλλά ο χαλκός χαράσσεται από ένα λείο πλαστικό χαρτόνι για να σχηματίσει το «τυπωμένο κύκλωμα». Η χάραξη όπως υποδηλώνει το όνομα, αφήνει μια διαστατική μορφή αν και το βάθος είναι μικρό. Τα συνηθισμένα ελαττώματα συνδέονται

με την υποέκθεση (αφήνοντας πάρα πολύ χαλκό) ή υπερ-χάραξη (αφήνοντας πολύ λίγο). Αυτά είναι τρισδιάστατα προβλήματα. Ευτυχώς στις περισσότερες περιπτώσεις, τα τρισδιάστατα προβλήματα έχουν τις δισδιάστατες συσχετίσεις τους. Για παράδειγμα, η υποέκθεση γενικά έχει ως αποτέλεσμα γραμμές πάρα πολύ μεγάλου πλάτους ενώ η υπερ-χάραξη λεπτές γραμμές ή φαινομενικές εγκοπές.

## Κεφάλαιο 2: Παρουσίαση Εργαστηριακού Εξοπλισμού

Αρχικά ως χώρος χρησιμοποιήθηκε ένα ήδη υπάρχον, αλλά παροπλισμένο εργαστήριο κατασκευής τυπωμένων κυκλωμάτων στο ισόγειο του κτιρίου όπου στεγάζεται το τμήμα αυτοματισμού. Εκεί βρέθηκαν και αξιοποιήθηκαν ένας θάλαμος υπεριώδους έκθεσης UV (σχήμα 1), ένας κόφτης (σχήμα 2) καθώς και ένας λειαντήρας (σχήμα 3).

Στην συνέχεια αγοράστηκαν και τα κατάλληλα δοχεία για την τοποθέτηση των χημικών στοιχείων καθώς και τα ίδια τα στοιχεία (καυστική σόδα ( $\text{NaOH}$ ), τριχλωριούχος σίδηρος ( $\text{FeCl}_3$ ), απιονισμένο νερό και ασετόν), όπως φαίνονται στο σχήμα 4.



**Σχήμα 1.** Θάλαμος υπεριώδους έκθεσης (UV)



**Σχήμα 2.** Πάγκος κοπής



Σχήμα 3. Λειαντήρας



Σχήμα 4. Χημικά αναλώσιμα

## Κεφάλαιο 3: Χημικές αντιδράσεις και συνταγή κατασκευής

### α. Χημικές αντιδράσεις

#### ι. Φωτολιθογραφία

Η φωτολιθογραφία αποτελεί μία τεχνική που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία ημιαγωγών για την κατασκευή πλακετών (wafers) και μικροηλεκτρικών συσκευών για παράδειγμα ολοκληρωμένων κυκλωμάτων. Περιλαμβάνει την έκθεση κάποιου φωτοευαίσθητου υλικού (photoresist) σε ακτινοβολία φωτός, σε συνδυασμό με τη χρήση μίας μάσκας μέσω της οποίας καθορίζεται το επιθυμητό σχέδιο. Όταν το φωτοευαίσθητο υλικό εκτίθεται στο φως, η χημική του σύσταση αλλάζει.

Υπάρχουν δύο είδη φωτολιθογραφίας, η θετική και η αρνητική. Στη θετική την οποία εφαρμόζει το παρόν πείραμα, τα μέρη του photoresist που εκτίθενται στην ακτινοβολία είναι αυτά που αφαιρούνται στη συνέχεια κατά το στάδιο του developing. Αντιθέτως στην αρνητική φωτολιθογραφία τα μέρη της πλακέτας που προστατεύονται από την ακτινοβολία λόγω της μάσκας, είναι και οι περιοχές όπου το photoresist διαλύεται κατά το developing.

Με την πρόοδο της τεχνολογίας η διαδικασία της φωτολιθογραφίας έχει εξελιχθεί μέσω της χρήσης υπεριώδους ακτινοβολίας (UV), επιτρέποντας την κατασκευή μοτίβων σε πολύ υψηλή ανάλυση.



## ii. Developing

Το developing περιγράφεται ως η φάση ανάπτυξης μιας φωτοευαίσθητης στρώσης μετά από την έκθεση σε ακτινοβολία. Σε αυτό το στάδιο η πλακέτα έρχεται σε επαφή με διάλυμα ανάπτυξης το οποίο διαλύει το photoresist. Ανάλογα με το είδος της φωτολιθογραφίας (θετική ή αρνητική), αφαιρείται το photoresist από τις επιφάνειες που έχουν εκτεθεί στο φως ή το αντίθετο. Στο πείραμά μας αξιοποιείται η θετική μέθοδος, κατά την οποία αφαιρείται το στρώμα φωτοαντίστασης που εκτέθηκε σε υπεριώδη ακτινοβολία, αφήνοντας ανέπαφο το προστατευμένο από τη μάσκα μέρος. Επιπροσθέτως, στα πειράματα που διενεργήθηκαν στην παρούσα έρευνα για τη φάση του developing, χρησιμοποιήθηκε ως διάλυμα ανάπτυξης η καυστική σόδα (NaOH)

## iii. CU etching

Η αποχάλκωση (CU etching) είναι η διαδικασία που ακολουθείται μετά από αυτήν της φωτολιθογραφίας και του developing, κατά τη διάρκεια κατασκευής ενός τυπωμένου κυκλώματος (PCB). Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας η πλακέτα εμβαπτίζεται σε χημικό διάλυμα (αμμωνιακό ή όξινο) με σκοπό την αφαίρεση του χαλκού από την επιφάνεια της πλακέτας, αφήνοντας προστατευμένα τα τμήματα χαλκού που είναι καλυμμένα με photoresist. Στο εν λόγω πείραμα χρησιμοποιείται τριχλωριούχος σίδηρος ( $\text{FeCl}_3$ ). Άλλα διαλύματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι νιτρικό οξύ ( $\text{HNO}_3$ ) ή υπεροξείδιο του υδρογόνου ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ).

Η διαδικασία της εγχάραξης συνιστά πολύ σημαντικό στάδιο της κατασκευής μιας πλακέτας, η ακρίβεια της οποίας καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την απόδοση και την αξιοπιστία του κυκλώματος.

## **β. Συνταγή τύπωσης πλακέτας PCB**

### **0. Ακατέργαστη πλακέτα PCB**

#### **1. Αρχική έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία (UV)**

- α. Τοποθέτηση της πλακέτας κάτω από υπεριώδη ακτινοβολία (UV) μαζί με τη μάσκα, για 30 sec.

#### **2. Αφαίρεση photoresist**

- α. Βάζουμε την πλακέτα μέσα σε καυστική σόδα (NaOH) για 60 sec, μέχρι να αφαιρεθεί το photoresist που δεν καλυπτόταν από την μάσκα.
- β. Όσο διαρκεί αυτή η διαδικασία, κατά προτίμηση αναδεύουμε το χημικό για ταχύτερο αποτέλεσμα. (Ο εκτιμώμενος χρόνος που δίνετε πιο πάνω, είναι χωρίς ανάδευση.)
- γ. Ξεπλένουμε την πλακέτα με απιονισμένο νερό.

#### **3. Αποχάλκωση**

- α. Τοποθετούμε την πλακέτα μέσα σε δοχείο με τριχλωριούχο σίδηρο ( $\text{FeCl}_3$ ) για περίπου 60 mins
- β. Ξεπλένουμε την πλακέτα με απιονισμένο νερό.

#### **4. Πλήρης καθαρισμός πλακέτας**

- α. Ξεπλένουμε την πλακέτα με ασετόν (C3-H6-O)
- β. Ξεπλένουμε την πλακέτα με απιονισμένο νερό.

#### **5. Τρύπημα πλακέτας**

- α. Τρυπάμε με το τρυπάνι του εργαστηρίου την πλακέτα στα σημεία που θα τοποθετηθούν τα στοιχεία του κυκλώματος αργότερα.

#### **6. Επικασσιτέρωση πλακέτας**

- α. Αλείφουμε την πλακέτα με μια πάστα που περιέχει 97% κασσίτερο και 3% χαλκό, έπειτα τη θερμαίνουμε με το πιστόλι θερμού αέρα για περίπου 60sec και ξεπλένουμε με νερό μέχρι να φύγει όλο το υλικό.

## Κεφάλαιο 4: Μάσκες

### Σχεδίαση και εκτύπωση

Συνήθως ένας ηλεκτρονικός μηχανικός σχεδιάζει το κύκλωμα και ένας τεχνικός το σχέδιο PCB που χρειάζεται εξειδίκευση. Υπάρχουν πολυάριθμες τεχνικές και πρότυπα που χρησιμοποιούνται για να σχεδιάσουν ένα PCB ώστε να είναι μικρό και φτηνό στην κατασκευή. Κάποια PCB για χρήση υψηλής συχνότητας RF χρησιμοποιούν μονωτικά υλικά με τα ειδικά χαρακτηριστικά που αποτρέπουν τις παρεμβολές.

Τα PCB στο κενό ή σε διαστημικό σκάφος έχουν συμπαγείς πυρήνες χαλκού ή αργιλίου ως σύστημα ψύξης. Το πλάτος και η απόσταση των αγωγών σε ένα PCB είναι πολύ σημαντικά. Εάν οι αγωγοί είναι πάρα πολύ στενοί, υπάρχει το πρόβλημα του βραχυκυκλώματος και το PCB είναι δύσκολο να επισκευαστεί. Εάν είναι πάρα πολύ μακριά, το PCB είναι πολύ μεγάλο και ακριβό. Όσο περισσότερο χαλκό αφαιρούμε από την πλακέτα αυξάνουμε τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Επίσης, ένα PCB τυπώνεται ακριβέστερα εάν όλες οι περιοχές της πλακέτας έχουν την ίδια μέση αναλογία χαλκού. Τα περισσότερα PCB έχουν κολλημένα μεταξύ τους ένα μέχρι δεκαέξι στρώματα τυπωμένου κυκλώματος (πολυστρωματικά PCB). Σε πιο σύνθετα PCB, δύο ή περισσότερα από τα στρώματα αφιερώνονται στην τροφοδοσία και τη γείωση.

Τα στρώματα αυτά απομονώνουν το κύκλωμα από παρεμβολές και παρέχουν την απαιτούμενη ενέργεια. Τα πολυστρωματικά PCB απαιτούνται για τα σύνθετα ψηφιακά κυκλώματα. Τα στρώματα της γείωσης και τροφοδοσίας είναι ορθογώνια αγωγή φύλλα που καταλαμβάνουν ολόκληρα τα στρώματα. Διανέμουν την ηλεκτρική ενέργεια και τη θερμότητα καλύτερα από τους απλούς αγωγούς. Εξειδικευμένα συστήματα ψύξης

τοποθετούνται στην πλακέτα για την απαγωγή της θερμότητας. Τα πολυστρωματικά PCB έχουν σημάδια και τρύπες για να ευθυγραμμίσουν τα στρώματα και να επιτρέψουν τη χρήση αυτόματης μηχανής τοποθέτησης και συγκόλλησης τα οποία συνδέονται μέσω των τρυπημένων με τρυπάνι οπών αποκαλούμενων νίας. Οι οπές επιμεταλλώνονται με ηλεκτρόλυση ή παρεμβάλλονται μικροί μεταλλικοί σύνδεσμοι.

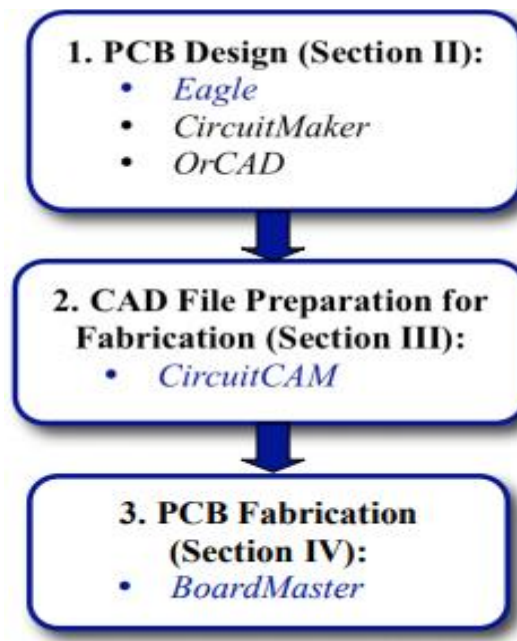
Οι καλοί σχεδιαστές ελαχιστοποιούν τον αριθμό οπών για τη μείωση του κόστους τρυπήματος. Σε παλαιότερα PCB δυο στρωμάτων γινόταν συγκόλληση ενός καλωδίου μέσω της τρύπας. Οι τρύπες γίνονται με μικρό τρυπάνι καρβιδίου ή λέιζερ. Η διάτρηση εκτελείται από τις μηχανές διατρήσεων με την αυτοματοποιημένη τοποθέτηση χρησιμοποιώντας μία συστοιχία τρυπανιών ή αρχείο τρυπανιών. Ένα αρχείο τρυπανιών είναι ένα αρχείο υπολογιστή που περιγράφει τη θέση και τα μεγέθη όλων των τρυπών. Αυτά τα αρχεία αποκαλούνται επίσης αριθμητικά ελεγχόμενα αρχεία τρυπανιών (NCD). Η μάσκα συγκολλήσεως (solder mask), είναι ένα πλαστικό στρώμα το οποίο δεν διαβρέχεται από την ύλη συγκολλήσεως και αποτρέπει τις νησίδες συγκόλλησης να βραχυκυκλώσουν. Επίσης προστατεύει τα εξωτερικά επίπεδα από το γδάρισμα και τη διάβρωση. Μια μεταξοτυπία στο πάνω ή στο κάτω μέρος της πλακέτας παρέχει πληροφορίες σχετικά με τον αριθμό των εξαρτημάτων, την ακριβή θέση τους κλπ και βοηθάει στην κατασκευή και την επισκευή της πλακέτας.

Τα PCB που προορίζονται για ακραία περιβάλλοντα έχουν συχνά μία ομοιόμορφη επικάλυψη η οποία εφαρμόζεται με βύθιση ή ψεκασμό και αποτρέπει τη διάβρωση και το βραχυκύκλωμα λόγω συμπύκνωσης. Οι πρώτες επικαλύψεις ήταν από κερί. Οι σύγχρονες επικαλύψεις είναι συνήθως αραιά διαλύματα σιλικόνης ή εποξικών. Η μαζική

παραγωγή PCB έχει pad για τον αυτοματοποιημένο έλεγχο που γίνεται με τη χρήση προσωρινών συνδέσεων. Μερικές φορές απομονώνονται με τη χρήση αντιστάσεων.

Η σχεδιαστική ροή υψηλού επιπέδου για την κατασκευή των κομμένων PCB που καλύπτεται στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται στο σχήμα 5. Πολλά πακέτα σχεδιασμού CAD είναι διαθέσιμα. Η διαδικασία περιλαμβάνει τρία ξεχωριστά πακέτα λογισμικού. Η ροή CAD θα περιγραφεί λεπτομερώς στις επόμενες ενότητες. Μετά από προσεκτική εξέταση επιλέχθηκε το Eagle PCB το οποίο προσφέρει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Διαθεσιμότητα για τις τρεις πιο δημοφιλείς πλατφόρμες λειτουργικών συστημάτων (Mac OSX, Linux και Windows)
- Λειτουργικότητα βασισμένη σε δέσμες ενεργειών (γραμμή εντολών)
- Πολυάριθμες λειτουργίες (εργαλείο autorouter, DRC κ.λπ.)
- Εξαιρετική επιλογή προκαθορισμένων τμημάτων και πατημάτων
- Συνδεσιμότητα που διατηρείται μεταξύ σχήματος και διάταξης

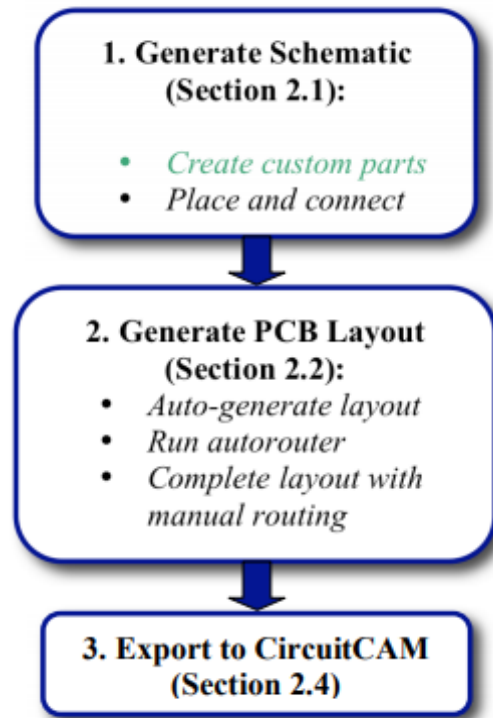


**Σχήμα 5.** Σχεδιαστική ροή

Τα πακέτα CAD που υποστηρίζονται επισημαίνονται στην παρούσα εργασία. Η βασική έκδοση του Eagle είναι εγκατεστημένη στο Κέντρο Σχεδιασμού ECE και η δωρεάν έκδοση φοιτητών μπορεί να μεταφορτωθεί από το cadSoft.

### **Eagle**

Αυτή η ενότητα αποτελεί συμπλήρωμα του εγχειριδίου χρήστη Eagle (που διατίθεται στη διεύθυνση [www.cadsoft.de](http://www.cadsoft.de)), όπου εξηγούνται λεπτομερέστερες λειτουργίες. Η ροή CAD για το σχεδιασμό των PCB παρουσιάζεται στο σχήμα 6. Το κύκλωμα θα πρέπει να είναι πλήρως σχεδιασμένο πριν προχωρήσει κανείς στο σχεδιασμό των PCB.



**Σχήμα 6.** Ροή CAD για σχεδιασμό PCB

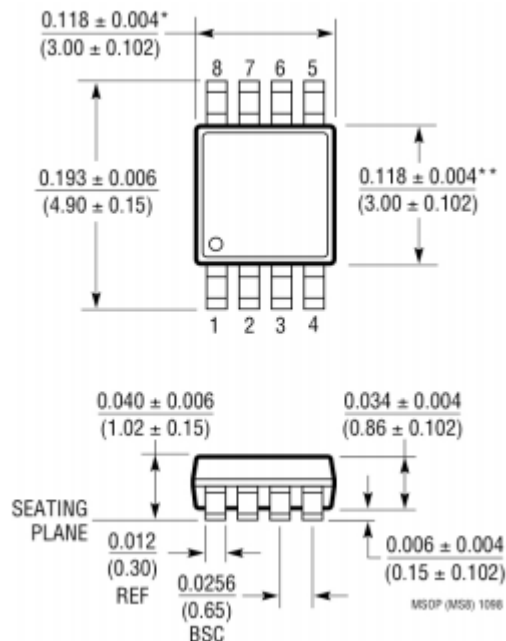
### **Δημιουργία σχήματος**

Το εγχειρίδιο Eagle (που διατίθεται στη διεύθυνση [www.cadsoft.de](http://www.cadsoft.de)) περιλαμβάνει συγκεκριμένες οδηγίες σχετικά με τη δημιουργία ενός σχηματικού σχεδίου για ένα έργο. Κατά τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τα εξαρτήματα που θα χρησιμοποιηθούν στο σχεδιασμό, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις διαστάσεις της συσκευασίας, όπως περιγράφεται στην επόμενη ενότητα.



## Οδηγίες επιλογής συσκευασιών

Οι μικρότερες συνιστώμενες διαστάσεις συσκευασίας φαίνονται στο σχήμα 7. Η πιο σημαντική διάσταση συσκευασίας είναι το (pin pitch) ύψος των ακίδων , που ορίζεται ως ο διαχωρισμός μεταξύ του κέντρου των (pins) ακίδων. Παρόλο που ένα (pitch) 0,5 mm συνδυάζεται επιτυχώς με το μηχάνημα LPKF, δεν συνιστάται λόγω της εξαιρετικής δυσκολίας χειροκίνητης συγκόλλησης του IC. Εάν είναι δυνατόν, πρέπει να επιλεγούν πακέτα SOIC ή DIP, καθώς συνήθως έχουν μεγάλο (pitch) ύψος και είναι πολύ πιο εύκολο να συγκολληθούν από τα πακέτα SOP.



**Σχήμα 7.** Το μικρότερο SM8 8 ακίδων MSOP. Οι διαστάσεις είναι σε ίντσες και mm. Το μικρότερο συνιστώμενο ύψος είναι ~ 26 mils (0.65mm).

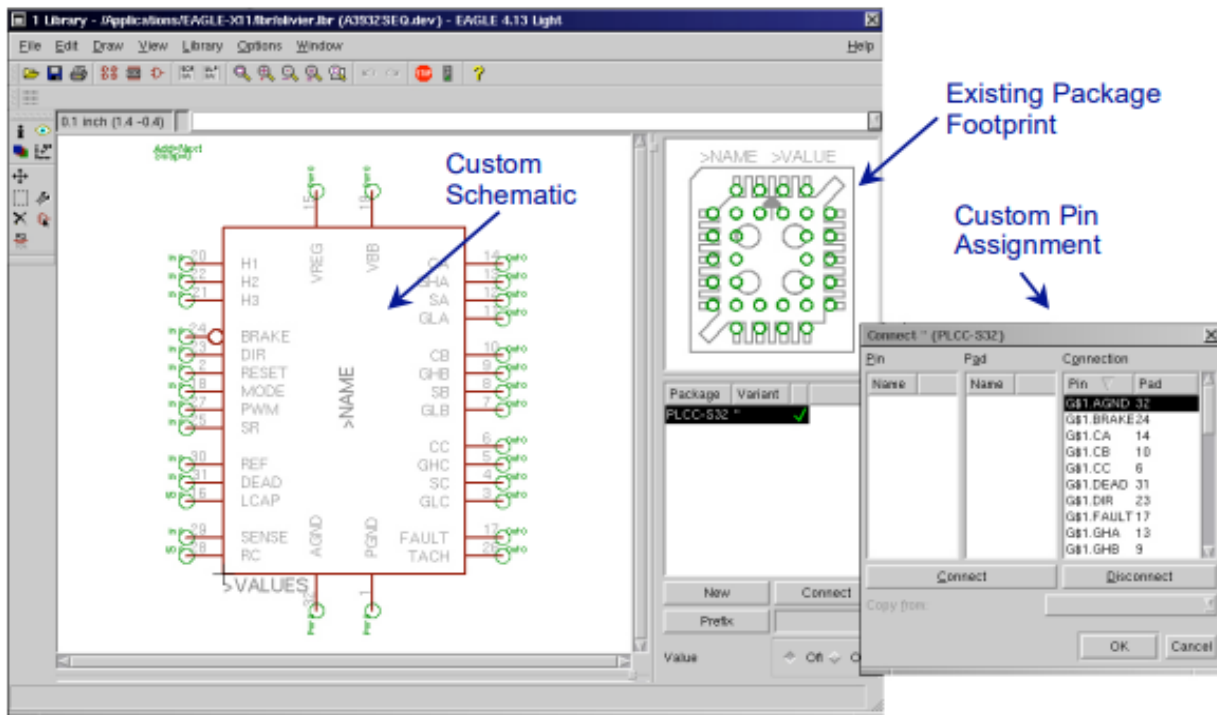
## Δημιουργία προσαρμοσμένων μερών

Το Eagle περιέχει μια τεράστια συλλογή μερών στις προεπιλεγμένες βιβλιοθήκες, ωστόσο είναι πιθανό να μην υπάρχουν ορισμένα μέρη. Σε αυτήν την περίπτωση, πρέπει να δημιουργηθεί μια προσαρμοσμένη συσκευή. Το πιο χρονοβόρο μέρος της δημιουργίας μιας προσαρμοσμένης συσκευής καθορίζει το αποτύπωμα του πακέτου. Στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, ένα υπάρχον αποτύπωμα μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί από μια συσκευή στη βιβλιοθήκη Eagle. Ένα παράδειγμα μιας προσαρμοσμένης συσκευής φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Με τα παρακάτω βήματα γίνεται ο καθορισμός μιας προσαρμοσμένης συσκευής στο Eagle:

- Δημιουργία προσωπικής βιβλιοθήκης συσκευών Eagle.
- Άνοιγμα της νέας βιβλιοθήκης, κλικ στο μενού πακέτου, πληκτρολόγηση το ονόματος του πακέτου (π.χ. DIP8, SOIC8 κ.λπ.) και κλικ στο κουμπί new.
- Επικόλληση του επιθυμητού πακέτου από ένα υπάρχον τμήμα στη βιβλιοθήκη Eagle.
- Αποθήκευση του πακέτου και δημιουργία ενός νέου συμβόλου κάνοντας κλικ στο κουμπί συμβόλων στο παράθυρο Βιβλιοθήκη.
- Σχεδιασμός και αποθήκευση της σχηματικής αναπαράστασης της συσκευής, συμπεριλαμβανομένων όλων των ακίδων.
- Μια προσαρμοσμένη συσκευή μπορεί να δημιουργηθεί συνδέοντας το νέο σύμβολο με τον ορισμό του πακέτου, όπως φαίνεται στο σχήμα 8. Δημιουργία μιας νέα συσκευής κάνοντας κλικ στο κουμπί της συσκευής στο παράθυρο Βιβλιοθήκη.
- Εισαγωγή του προσαρμοσμένου συμβόλου κάνοντας κλικ στο κουμπί Προσθήκη στο κύριο παράθυρο.
- Σύνδεση του επιθυμητού πακέτου κάνοντας κλικ στο νέο στο κάτω μέρος του

παραθύρου.

- Σύνδεση των ακίδων συμβόλων στις ακίδες πακέτου κάνοντας κλικ στο σύνδεσμο. Αυτές οι πληροφορίες συνδεσιμότητας είναι κρίσιμες και πρέπει να εισαχθούν με μεγάλη προσοχή.



**Σχήμα 8.** Δημιουργία μιας προσαρμοσμένης συσκευής στο Eagle χρησιμοποιώντας ένα υπάρχον PLCC-S32 αποτύπωμα.

## **Δημιουργία διάταξης PCB**

Οι ακόλουθες ενότητες περιγράφουν συγκεκριμένες οδηγίες σχετικά με την κατασκευή κομμένων PCB με τον εξοπλισμό που είναι διαθέσιμο στο Κέντρο Σχεδιασμού ECE. Το εγχειρίδιο Eagle (διαθέσιμο στη διεύθυνση [www.cadsoft.de](http://www.cadsoft.de)) περιλαμβάνει γενικές οδηγίες σχεδίασης.

## **Οδηγίες αυτόματης και μη αυτόματης δρομολόγησης**

Συνιστάται χρήση συνδυασμού προσαρμοσμένης και μη αυτόματης δρομολόγησης για την ολοκλήρωση της διάταξης στο Eagle. Ένα DRC και ένα αρχείο δημιουργίας διατίθενται στη διεύθυνση: [www.vrg.utoronto.ca/~trescas/PCB](http://www.vrg.utoronto.ca/~trescas/PCB).

## **Περιορισμοί δρομολόγησης**

Το λογισμικό Eagle PCB είναι ένα γενικό εργαλείο PCB και ως εκ τούτου θεωρεί ότι τα επιμεταλλωμένα VIA είναι διαθέσιμα στη διαδικασία κατασκευής. Τα επικαλυμμένα VIA επιτρέπουν στα ίχνη να συνδεθούν με μία ακίδα εξόδου από το πάνω ή το κάτω στρώμα. Το γεγονός ότι τα επιμεταλλωμένα VIA δεν είναι διαθέσιμα για το φρεζάρισμα LPKF πρέπει να ληφθεί υπόψη στη διαδικασία σχεδιασμού. Η δρομολόγηση ορισμένων εξαρτημάτων μέσω οπών μπορεί να γίνει μόνο στο κάτω στρώμα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το ίδιο το τμήμα θα μπλοκάρει την συγκόλληση πρόσβασης από το ανώτερο στρώμα. Αυτή

η έννοια απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα. Το Eagle δεν αναγνωρίζει το γεγονός ότι ορισμένα εξαρτήματα πρέπει να κατευθύνονται από το κάτω στρώμα. Είναι ευθύνη του σχεδιαστή να εξασφαλίσει ότι η διάταξη είναι συμβατή με το μη επιμεταλλωμένο VIA.

### **Δημιουργία επιπέδου γείωσης**

Σε ένα τυπικό στρώμα PCB δύο στρώσεων, οι στρώσεις χαλκού κορυφής και πυθμένα είναι «σάντουιτς» μεταξύ ενός υποστρώματος από υαλοβάμβακα. Στα περισσότερα σχέδια, και τα δύο στρώματα χαλκού συνδέονται με τον επίγειο κόμβο. Η σωστή χρήση ενός επιπέδου γείωσης μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την απόδοση ενός αναλογικού σχεδιασμού. Το επίπεδο γείωσης χαμηλής αντοχής που προσφέρεται από το μη επεξεργασμένο φύλλο χαλκού του PCB χρησιμοποιείται για να αποφευχθεί ανεπιθύμητος θόρυβος εδάφους.

Τα στρώματα χαλκού κορυφής και πυθμένα είναι σαν σάντουιτς μεταξύ ενός υποστρώματος από υαλοβάμβακα.

Κατά κανόνα, τόσο το άνω όσο και το κάτω στρώμα του PCB χρησιμοποιούνται ως επίπεδο γείωσης, το οποίο ελαχιστοποιεί τον αριθμό των μη συνδεδεμένων. Τα δύο επίπεδα πρέπει να είναι βραχυκυκλωμένα σε διάφορα σημεία με τη συγκόλληση της γείωσης τόσο στο άνω όσο και στο κάτω επίπεδο της γείωσης.

## Κεφάλαιο 5: Παρουσίαση παραδείγματος κατασκευής πλακέτας

### 1. Αρχική έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία (UV)

Αρχικά εκθέτουμε την πλακέτα μαζί με την μάσκα σε υπεριώδη ακτινοβολία (UV) για περίπου 30s, στον θάλαμο υπεριώδους ακτινοβολίας που βρίσκεται στο εργαστήριο.



Σχήμα 9. Φωτολιθογραφία

### 2. Αφαίρεση photoresist (developing)

Στην συνέχεια, βάζουμε την πλακέτα μέσα σε καυστική σόδα (NaOH) για 60sec, μέχρι να αφαιρεθεί το photoresist που δεν καλυπτόταν από την μάσκα. Όσο διαρκεί αυτή η διαδικασία, κατά προτίμηση αναδεύουμε το χημικό για ταχύτερο αποτέλεσμα. (Ο εκτιμώμενος χρόνος που δίνετε πιο πάνω, είναι χωρίς ανάδευση). Στο τέλος ξεπλένουμε την πλακέτα με απιονισμένο νερό.



**Σχήμα 10.** Developing

### 3. Αποχάλκωση (CU etching)

Στο επόμενο στάδιο, αυτό της αποχάλκωσης (CU etching), τοποθετούμε την πλακέτα μέσα σε δοχείο με τριχλωριούχο σίδηρο ( $\text{FeCl}_3$ ) για περίπου 60 mins, έτσι ώστε να αφαιρεθεί η στρώση του χαλκού από την πλακέτα. Έπειτα ξεπλένουμε πάλι την πλακέτα με απιονισμένο νερό.



Σχήμα 11. CU etcing



#### 4. Πλήρης καθαρισμός πλακέτας

Επόμενο στάδιο της διαδικασίας, είναι να ξεπλύνουμε την πλακέτα με ασετόν ( $C_3H_6O$ ), έτσι ώστε να αφαιρεθεί και η στρώση photoresist από το υπόλοιπο μέρος της πλακέτας (αυτό του κυκλώματος). Στη συνέχεια ξεπλύνουμε πάλι την πλακέτα με απιονισμένο νερό.



Σχήμα 12. Καθαρισμός με ασετόν



Σχήμα 13. Πλύσιμο με απιονισμένο νερό

## 5. Τρύπημα πλακέτας

Σε αυτό το σημείο τρυπάμε με το τρυπάνι του εργαστηρίου την πλακέτα στα σημεία που θα τοποθετηθούν τα στοιχεία του κυκλώματος αργότερα.

## 6. Επικασσιτέρωση πλακέτας

Τέλος αλείφουμε την πλακέτα με μια πάστα που περιέχει 97% κασσίτερο και 3% χαλκό.

Έπειτα τη θερμαίνουμε με το πιστόλι θερμού αέρα για περίπου 60sec και ξεπλένουμε με νερό μέχρι να φύγει όλο το υλικό.



Σχήμα 14. Τελικά δείγματα

## Συμπεράσματα

Η παρούσα έρευνα εστίασε αρχικά στην εγκατάσταση μιας μονάδας κατασκευής τυπωμένων κυκλωμάτων στο χώρο του πανεπιστημιακού ιδρύματος με σκοπό τη μελλοντική χρήση για εκπαιδευτικούς και ερευνητικούς σκοπούς. Ένας δεύτερος στόχος ήταν, μέσα από μία σειρά πειραματικών δοκιμών, να βρεθεί μία τυποποιημένη μεθοδολογία που να αποτυπωθεί υπό τη μορφή συνταγής με σκοπό την διευκόλυνση μελλοντικών χρηστών του εργαστηρίου. Επιτυγχάνοντας μέσα από την πειραματική διαδικασία να παράξουμε τυπωμένα κυκλώματα σχετικής ακρίβειας, αξιοπιστίας και αποδοτικότητας, θεωρούμε ότι σε μεγάλο βαθμό οι στόχοι αυτοί επιτεύχθηκαν. Η μελέτη αυτή καθώς και η ύπαρξη του εργαστηρίου μπορούν να αποτελέσουν εφαλτήριο για περαιτέρω ερευνητικές πρωτοβουλίες στη σχεδίαση και κατασκευή τυπωμένων κυκλωμάτων υψηλών προδιαγραφών.

Ενδεικτικά, τόσο η μονάδα όσο και η διαδικασία της σχεδίασης και κατασκευής χρήζουν βελτιώσεων. Ένα από τα πρώτα βήματα προς αυτή την κατεύθυνση είναι η προμήθεια και η εγκατάσταση ενός σύγχρονου εξοπλισμού ο οποίος θα επιτρέπει την κατασκευή πλακετών καλύτερης ποιότητας σε μειωμένο χρόνο παραγωγής. Μία επιπλέον αναβάθμιση αφορά τη χρήση προηγμένων εργαλείων CAD/CAM που θα παρέχουν μεγαλύτερη ακρίβεια κομμάτι της σχεδίασης. Τέλος, μία άλλη πρόταση αποτελεί η ανάπτυξη ενός πρωτοκόλλου ορθής διαχείρισης των χημικών που χρησιμοποιούνται με στόχο τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος.

## Βιβλιογραφία

- Assaan, M.; Saleem, U.; Singh, A.; Haque, A.J.; Wang, K. (2024). Recent Advances in Positive Photoresists: Mechanisms and Fabrication. *Materials* 17, 2552. <https://doi.org/10.3390/ma17112552>
- Απόστολος Ι. Κοκκόσης, (2010) Σχεδίαση CAD και Ηλεκτρονική Κατασκευή, Σύγχρονη Εκδοτική
- Luo, C., Xu, C., Lv, L., Li, H., Huang, X., & Liu, W. (2020). Review of recent advances in inorganic photoresists. *RSC Advances*, 10(14), 8385–8395. <https://doi.org/10.1039/c9ra08977b>
- Μακρυθανάση Μαρία, (1998) OrCad Σχηματικό τυπωμένο κύκλωμα ,Εκδόσεις ΙΩΝ, 1998
- Μαχαιριώτη, Φ. (2024). Σχηματοποίηση επιφανειών με πολυμερικά φωτοευαίσθητα υλικά για βιο-εφαρμογές. <https://doi.org/10.12681/eadd/57455>
- Μούλιας Θωμάς (2002). Οικονομοτεχνική μελέτη γραμμής κατασκευής τυπωμένων κυκλωμάτων και ηλεκτρονικών προϊόντων. Πτυχιακή εργασία. Τμήμα Ηλεκτρονικής, ΤΕΙ Κρήτης
- FUSE TTN Training Material (1999) PRINTED CIRCUIT BOARD AND SURFACE MOUNT DESIGN Version 7 June 1999
- Παλαζλή Χασάν (2016). Μελέτη οπτικών μετατροπών για χρήση σε μη παρεμβατικούς βιοϊατρικούς αισθητήρες. Πτυχιακή εργασία. Τμήμα, Μηχανικών Αυτοματισμού, ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης
- Seri Lee, (2018) "How to Select a Heat Sink," Aavid Thermal Technologies, <http://www.aavid.com>

- Seri Lee, 1995 "Optimum Design and Selection of Heat Sinks," 11th IEEE SEMI-THERM™ Symposium, 1995, <http://www.aavid.com>
- ΤΖΙΚΑΣ (2003) ΧΡΗΣΤΟΣ Β. ΤΖΙΚΑΣ: ΨΗΦΙΑΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ II, Θεσσαλονίκη 2003
- Walt Jung, Walt Kester, (1998) "Thermal Management," portion of Section 8 within Walt Kester, Editor, Practical Design Techniques for Power and Thermal Management, Analog Devices, Inc., 1998, ISBN 0-916550-19-2
- Wu, Qiang, Yanli Li, and Yuhang Zhao (2020). "The Evolution of Photolithography Technology, Process Standards, and Future Outlook." 2020 IEEE 15th International Conference on Solid-State & Integrated Circuit Technology (ICSICT), 1–5. <https://doi.org/10.1109/icsict49897.2020.9278164>.
- AAVID Thermal Technologies (2015) General Catalog, , Inc., One Kool Path, Laconia, NH, 03246, (603) 528-3400
- Printed-Circuit-Board Layout for Improved Electromagnetic Compatibility, October 1996, Application Report, literature number SDYA011
- Electromagnetic Emission from Logic Circuits, November 1998, Application Report, literature number SZZA007
- analog.com (2017) Data sheet for AD8016 Low Power, High Output Current, xDSL Line Driver, Analog Devices, Inc., <http://www.analog.com/>
- "Power Consideration Discussions," (2017) data sheet for AD815 High Output Current Differential Driver, Analog Devices, Inc., <http://www.analog.com/>

# Δελτία Δεδομένων Ασφαλείας Υλικών (MSDS)



Health	2
Fire	3
Reactivity	0
Personal Protection	H

## Material Safety Data Sheet Acetone MSDS

Section 1: Chemical Product and Company Identification	
<b>Product Name:</b> Acetone	<b>Contact Information:</b>
<b>Catalog Codes:</b> SLA3502, SLA1645, SLA3151, SLA3808	<b>Sciencelab.com, Inc.</b> 14025 Smith Rd. Houston, Texas 77396
<b>CAS#:</b> 67-64-1	US Sales: <b>1-800-901-7247</b> International Sales: <b>1-281-441-4400</b>
<b>RTECS:</b> AL3150000	Order Online: <a href="http://ScienceLab.com">ScienceLab.com</a>
<b>TSCA:</b> TSCA 8(b) inventory: Acetone	<b>CHEMTREC (24HR Emergency Telephone), call:</b> 1-800-424-9300
<b>CI#:</b> Not applicable.	<b>International CHEMTREC, call:</b> 1-703-527-3887
<b>Synonym:</b> 2-propanone; Dimethyl Ketone; Dimethylformaldehyde; Pyroacetic Acid	<b>For non-emergency assistance, call:</b> 1-281-441-4400
<b>Chemical Name:</b> Acetone	
<b>Chemical Formula:</b> C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	

Section 2: Composition and Information on Ingredients		
<b>Composition:</b>		
<b>Name</b>	<b>CAS #</b>	<b>% by Weight</b>
Acetone	67-64-1	100
<b>Toxicological Data on Ingredients:</b> Acetone: ORAL (LD50): Acute: 5800 mg/kg [Rat]. 3000 mg/kg [Mouse]. 5340 mg/kg [Rabbit]. VAPOR (LC50): Acute: 50100 mg/m 8 hours [Rat]. 44000 mg/m 4 hours [Mouse].		

Section 3: Hazards Identification
<b>Potential Acute Health Effects:</b> Hazardous in case of skin contact (irritant), of eye contact (irritant), of ingestion, of inhalation. Slightly hazardous in case of skin contact (permeator).
<b>Potential Chronic Health Effects:</b> CARCINOGENIC EFFECTS: A4 (Not classifiable for human or animal.) by ACGIH. MUTAGENIC EFFECTS: Not available. TERATOGENIC EFFECTS: Not available. DEVELOPMENTAL TOXICITY: Classified Reproductive system/toxin/female, Reproductive system/toxin/male [SUSPECTED]. The substance is toxic to central nervous system (CNS). The substance may be toxic to kidneys, the reproductive system, liver, skin. Repeated or prolonged exposure to the substance can produce target organs damage.

Section 4: First Aid Measures
-------------------------------

**Eye Contact:**

Check for and remove any contact lenses. Immediately flush eyes with running water for at least 15 minutes, keeping eyelids open. Cold water may be used. Get medical attention.

**Skin Contact:**

In case of contact, immediately flush skin with plenty of water. Cover the irritated skin with an emollient. Remove contaminated clothing and shoes. Cold water may be used. Wash clothing before reuse. Thoroughly clean shoes before reuse. Get medical attention.

**Serious Skin Contact:**

Wash with a disinfectant soap and cover the contaminated skin with an anti-bacterial cream. Seek medical attention.

**Inhalation:**

If inhaled, remove to fresh air. If not breathing, give artificial respiration. If breathing is difficult, give oxygen. Get medical attention if symptoms appear.

**Serious Inhalation:**

Evacuate the victim to a safe area as soon as possible. Loosen tight clothing such as a collar, tie, belt or waistband. If breathing is difficult, administer oxygen. If the victim is not breathing, perform mouth-to-mouth resuscitation. Seek medical attention.

**Ingestion:**

Do NOT induce vomiting unless directed to do so by medical personnel. Never give anything by mouth to an unconscious person. Loosen tight clothing such as a collar, tie, belt or waistband. Get medical attention if symptoms appear.

**Serious Ingestion:** Not available.

### Section 5: Fire and Explosion Data

**Flammability of the Product:** Flammable.

**Auto-Ignition Temperature:** 465°C (869°F)

**Flash Points:** CLOSED CUP: -20°C (-4°F). OPEN CUP: -9°C (15.8°F) (Cleveland).

**Flammable Limits:** LOWER: 2.6% UPPER: 12.8%

**Products of Combustion:** These products are carbon oxides (CO, CO<sub>2</sub>).

**Fire Hazards in Presence of Various Substances:** Highly flammable in presence of open flames and sparks, of heat.

**Explosion Hazards in Presence of Various Substances:**

Risks of explosion of the product in presence of mechanical impact: Not available. Slightly explosive in presence of open flames and sparks, of oxidizing materials, of acids.

**Fire Fighting Media and Instructions:**

Flammable liquid, soluble or dispersed in water. SMALL FIRE: Use DRY chemical powder. LARGE FIRE: Use alcohol foam, water spray or fog.

**Special Remarks on Fire Hazards:** Vapor may travel considerable distance to source of ignition and flash back.

**Special Remarks on Explosion Hazards:**

Forms explosive mixtures with hydrogen peroxide, acetic acid, nitric acid, nitric acid + sulfuric acid, chromic anhydride, chromyl chloride, nitrosyl chloride, hexachloromelamine, nitrosyl perchlorate, nitryl perchlorate, permonosulfuric acid, thiodiglycol + hydrogen peroxide, potassium ter-butoxide, sulfur dichloride, 1-methyl-1,3-butadiene, bromoform, carbon, air, chloroform, thitriazylperchlorate.

### Section 6: Accidental Release Measures

**Small Spill:**

Dilute with water and mop up, or absorb with an inert dry material and place in an appropriate waste disposal container.

**Large Spill:**

Flammable liquid. Keep away from heat. Keep away from sources of ignition. Stop leak if without risk. Absorb with DRY earth, sand or other non-combustible material. Do not touch spilled material. Prevent entry into sewers, basements or confined areas; dike if needed. Be careful that the product is not present at a concentration level above TLV. Check TLV on the MSDS and with local authorities.

**Section 7: Handling and Storage****Precautions:**

Keep locked up.. Keep away from heat. Keep away from sources of ignition. Ground all equipment containing material. Do not ingest. Do not breathe gas/fumes/ vapor/spray. Wear suitable protective clothing. In case of insufficient ventilation, wear suitable respiratory equipment. If ingested, seek medical advice immediately and show the container or the label. Avoid contact with skin and eyes. Keep away from incompatibles such as oxidizing agents, reducing agents, acids, alkalis.

**Storage:**

Store in a segregated and approved area (flammables area) . Keep container in a cool, well-ventilated area. Keep container tightly closed and sealed until ready for use. Keep away from direct sunlight and heat and avoid all possible sources of ignition (spark or flame).

**Section 8: Exposure Controls/Personal Protection****Engineering Controls:**

Provide exhaust ventilation or other engineering controls to keep the airborne concentrations of vapors below their respective threshold limit value. Ensure that eyewash stations and safety showers are proximal to the work-station location.

**Personal Protection:**

Splash goggles. Lab coat. Vapor respirator. Be sure to use an approved/certified respirator or equivalent. Gloves.

**Personal Protection in Case of a Large Spill:**

Splash goggles. Full suit. Vapor respirator. Boots. Gloves. A self contained breathing apparatus should be used to avoid inhalation of the product. Suggested protective clothing might not be sufficient; consult a specialist BEFORE handling this product.

**Exposure Limits:**

TWA: 500 STEL: 750 (ppm) from ACGIH (TLV) [United States] TWA: 750 STEL: 1000 (ppm) from OSHA (PEL) [United States] TWA: 500 STEL: 1000 [Australia] TWA: 1185 STEL: 2375 (mg/m3) [Australia] TWA: 750 STEL: 1500 (ppm) [United Kingdom (UK)] TWA: 1810 STEL: 3620 (mg/m3) [United Kingdom (UK)] TWA: 1800 STEL: 2400 from OSHA (PEL) [United States] Consult local authorities for acceptable exposure limits.

**Section 9: Physical and Chemical Properties**

**Physical state and appearance:** Liquid.

**Odor:** Fruity. Mint-like. Fragrant. Ethereal

**Taste:** Pungent, Sweetish

**Molecular Weight:** 58.08 g/mole

**Color:** Colorless. Clear

**pH (1% soln/water):** Not available.

**Boiling Point:** 56.2°C (133.2°F)

**Melting Point:** -95.35 (-139.6°F)

**Critical Temperature:** 235°C (455°F)

**Specific Gravity:** 0.79 (Water = 1)



**Vapor Pressure:** 24 kPa (@ 20°C)

**Vapor Density:** 2 (Air = 1)

**Volatility:** Not available.

**Odor Threshold:** 62 ppm

**Water/Oil Dist. Coeff.:** The product is more soluble in water; log(oil/water) = -0.2

**Ionicity (in Water):** Not available.

**Dispersion Properties:** See solubility in water.

**Solubility:** Easily soluble in cold water, hot water.

### Section 10: Stability and Reactivity Data

**Stability:** The product is stable.

**Instability Temperature:** Not available.

**Conditions of Instability:** Excess heat, ignition sources, exposure to moisture, air, or water, incompatible materials.

**Incompatibility with various substances:** Reactive with oxidizing agents, reducing agents, acids, alkalis.

**Corrosivity:** Non-corrosive in presence of glass.

**Special Remarks on Reactivity:** Not available.

**Special Remarks on Corrosivity:** Not available.

**Polymerization:** Will not occur.

### Section 11: Toxicological Information

**Routes of Entry:** Absorbed through skin. Dermal contact. Eye contact. Inhalation.

**Toxicity to Animals:**

WARNING: THE LC50 VALUES HEREUNDER ARE ESTIMATED ON THE BASIS OF A 4-HOUR EXPOSURE. Acute oral toxicity (LD50): 3000 mg/kg [Mouse]. Acute toxicity of the vapor (LC50): 44000 mg/m<sup>3</sup> 4 hours [Mouse].

**Chronic Effects on Humans:**

CARCINOGENIC EFFECTS: A4 (Not classifiable for human or animal.) by ACGIH. DEVELOPMENTAL TOXICITY: Classified Reproductive system/toxin/female, Reproductive system/toxin/male [SUSPECTED]. Causes damage to the following organs: central nervous system (CNS). May cause damage to the following organs: kidneys, the reproductive system, liver, skin.

**Other Toxic Effects on Humans:**

Hazardous in case of skin contact (irritant), of ingestion, of inhalation. Slightly hazardous in case of skin contact (permeator).

**Special Remarks on Toxicity to Animals:** Not available.

**Special Remarks on Chronic Effects on Humans:**

May affect genetic material (mutagenicity) based on studies with yeast (*S. cerevisiae*), bacteria, and hamster fibroblast cells. May cause reproductive effects (fertility) based upon animal studies. May contain trace amounts of benzene and formaldehyde which may cause cancer and birth defects. Human: passes the placental barrier.

**Special Remarks on other Toxic Effects on Humans:**

Acute Potential Health Effects: Skin: May cause skin irritation. May be harmful if absorbed through the skin. Eyes: Causes eye irritation, characterized by a burning sensation, redness, tearing, inflammation, and possible corneal injury. Inhalation: Inhalation at high concentrations affects the sense organs, brain and causes respiratory tract irritation. It also may affect the Central Nervous System (behavior) characterized by dizziness, drowsiness, confusion, headache, muscle weakness, and possibly motor incoordination, speech abnormalities, narcotic effects and coma. Inhalation may also affect the gastrointestinal tract (nausea, vomiting). Ingestion: May cause irritation of the digestive (gastrointestinal) tract (nausea, vomiting). It may also

affect the Central Nervous System (behavior), characterized by depression, fatigue, excitement, stupor, coma, headache, altered sleep time, ataxia, tremors as well as the blood, liver, and urinary system (kidney, bladder, ureter) and endocrine system. May also have musculoskeletal effects. Chronic Potential Health Effects: Skin: May cause dermatitis. Eyes: Eye irritation.

### Section 12: Ecological Information

**Ecotoxicity:**

Ecotoxicity in water (LC50): 5540 mg/l 96 hours [Trout]. 8300 mg/l 96 hours [Bluegill]. 7500 mg/l 96 hours [Fathead Minnow]. 0.1 ppm any hours [Water flea].

**BOD5 and COD:** Not available.

**Products of Biodegradation:**

Possibly hazardous short term degradation products are not likely. However, long term degradation products may arise.

**Toxicity of the Products of Biodegradation:** The product itself and its products of degradation are not toxic.

**Special Remarks on the Products of Biodegradation:** Not available.

### Section 13: Disposal Considerations

**Waste Disposal:**

Waste must be disposed of in accordance with federal, state and local environmental control regulations.

### Section 14: Transport Information

**DOT Classification:** CLASS 3: Flammable liquid.

**Identification:** : Acetone UNNA: 1090 PG: II

**Special Provisions for Transport:** Not available.

### Section 15: Other Regulatory Information

**Federal and State Regulations:**

California prop. 65: This product contains the following ingredients for which the State of California has found to cause reproductive harm (male) which would require a warning under the statute: Benzene California prop. 65: This product contains the following ingredients for which the State of California has found to cause birth defects which would require a warning under the statute: Benzene California prop. 65: This product contains the following ingredients for which the State of California has found to cause cancer which would require a warning under the statute: Benzene, Formaldehyde Connecticut hazardous material survey.: Acetone Illinois toxic substances disclosure to employee act: Acetone Illinois chemical safety act: Acetone New York release reporting list: Acetone Rhode Island RTK hazardous substances: Acetone Pennsylvania RTK: Acetone Florida: Acetone Minnesota: Acetone Massachusetts RTK: Acetone Massachusetts spill list: Acetone New Jersey: Acetone New Jersey spill list: Acetone Louisiana spill reporting: Acetone California List of Hazardous Substances (8 CCR 339): Acetone TSCA 8(b) inventory: Acetone TSCA 4(a) final test rules: Acetone TSCA 8(a) IUR: Acetone

**Other Regulations:**

OSHA: Hazardous by definition of Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200). EINECS: This product is on the European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances.

**Other Classifications:**

**WHMIS (Canada):**

CLASS B-2: Flammable liquid with a flash point lower than 37.8°C (100°F). CLASS D-2B: Material causing other toxic effects (TOXIC).

**DSCL (EEC):**

R11- Highly flammable. R36- Irritating to eyes. S9- Keep container in a well-ventilated place. S16- Keep away from sources of ignition - No smoking. S26- In case of contact with eyes, rinse immediately with plenty of water and seek medical advice.

**HMIS (U.S.A.):**

**Health Hazard:** 2

**Fire Hazard:** 3

**Reactivity:** 0

**Personal Protection:** h

**National Fire Protection Association (U.S.A.):**

**Health:** 1

**Flammability:** 3

**Reactivity:** 0

**Specific hazard:**

**Protective Equipment:**

Gloves. Lab coat. Vapor respirator. Be sure to use an approved/certified respirator or equivalent. Wear appropriate respirator when ventilation is inadequate. Splash goggles.

**Section 16: Other Information****References:**

-Material safety data sheet issued by: la Commission de la Santé et de la S curit  du Travail du Québec. -The Sigma-Aldrich Library of Chemical Safety Data, Edition II. -Hawley, G.G.. The Condensed Chemical Dictionary, 11e ed., New York N.Y., Van Nostrand Reinold, 1987. LOLI, RTECS, HSDB databases. Other MSDSs

**Other Special Considerations:** Not available.

**Created:** 10/10/2005 08:13 PM

**Last Updated:** 05/21/2013 12:00 PM

*The information above is believed to be accurate and represents the best information currently available to us. However, we make no warranty of merchantability or any other warranty, express or implied, with respect to such information, and we assume no liability resulting from its use. Users should make their own investigations to determine the suitability of the information for their particular purposes. In no event shall ScienceLab.com be liable for any claims, losses, or damages of any third party or for lost profits or any special, indirect, incidental, consequential or exemplary damages, howsoever arising, even if ScienceLab.com has been advised of the possibility of such damages.*



Health	3
Fire	0
Reactivity	2
Personal Protection	J

## Material Safety Data Sheet Ferric chloride MSDS

### Section 1: Chemical Product and Company Identification

**Product Name:** Ferric chloride

**Catalog Codes:** SLF1675, SLF2188

**CAS#:** 7705-08-0

**RTECS:** LJ9100000

**TSCA:** TSCA 8(b) inventory: Ferric chloride

**CI#:** Not available.

**Synonym:**

**Chemical Formula:** FeCl<sub>3</sub>

**Contact Information:**

ScienceLab.com, Inc.

14025 Smith Rd.

Houston, Texas 77396

US Sales: **1-800-901-7247**

International Sales: **1-281-441-4400**

Order Online: [ScienceLab.com](http://ScienceLab.com)

**CHEMTREC (24HR Emergency Telephone), call:**

1-800-424-9300

**International CHEMTREC, call:** 1-703-527-3887

**For non-emergency assistance, call:** 1-281-441-4400

### Section 2: Composition and Information on Ingredients

**Composition:**

Name	CAS #	% by Weight
Ferric chloride	7705-08-0	100

**Toxicological Data on Ingredients:** Ferric chloride: ORAL (LD50): Acute: 900 mg/kg [Rat]. 1278 mg/kg [Mouse].

### Section 3: Hazards Identification

**Potential Acute Health Effects:**

Very hazardous in case of ingestion. Hazardous in case of skin contact (irritant), of eye contact (irritant), of inhalation. Slightly hazardous in case of skin contact (permeator). Corrosive to eyes and skin. The amount of tissue damage depends on length of contact. Eye contact can result in corneal damage or blindness. Skin contact can produce inflammation and blistering. Inhalation of dust will produce irritation to gastro-intestinal or respiratory tract, characterized by burning, sneezing and coughing. Severe over-exposure can produce lung damage, choking, unconsciousness or death.

**Potential Chronic Health Effects:**

CARCINOGENIC EFFECTS: Not available. MUTAGENIC EFFECTS: Not available. TERATOGENIC EFFECTS: Not available. DEVELOPMENTAL TOXICITY: Not available. The substance is toxic to lungs, mucous membranes. Repeated or prolonged exposure to the substance can produce target organs damage. Repeated exposure of the eyes to a low level of dust can produce eye irritation. Repeated skin exposure can produce local skin destruction, or dermatitis. Repeated inhalation of dust can produce varying degree of respiratory irritation or lung damage.

### Section 4: First Aid Measures

**Eye Contact:**

Check for and remove any contact lenses. Immediately flush eyes with running water for at least 15 minutes, keeping eyelids open. Cold water may be used. Do not use an eye ointment. Seek medical attention.

**Skin Contact:**

If the chemical got onto the clothed portion of the body, remove the contaminated clothes as quickly as possible, protecting your own hands and body. Place the victim under a deluge shower. If the chemical got on the victim's exposed skin, such as the hands : Gently and thoroughly wash the contaminated skin with running water and non-abrasive soap. Be particularly careful to clean folds, crevices, creases and groin. Cold water may be used. If irritation persists, seek medical attention. Wash contaminated clothing before reusing.

**Serious Skin Contact:**

Wash with a disinfectant soap and cover the contaminated skin with an anti-bacterial cream. Seek immediate medical attention.

**Inhalation:** Allow the victim to rest in a well ventilated area. Seek immediate medical attention.

**Serious Inhalation:**

Evacuate the victim to a safe area as soon as possible. Loosen tight clothing such as a collar, tie, belt or waistband. If breathing is difficult, administer oxygen. If the victim is not breathing, perform mouth-to-mouth resuscitation. **WARNING:** It may be hazardous to the person providing aid to give mouth-to-mouth resuscitation when the inhaled material is toxic, infectious or corrosive. Seek immediate medical attention.

**Ingestion:**

Do not induce vomiting. Examine the lips and mouth to ascertain whether the tissues are damaged, a possible indication that the toxic material was ingested; the absence of such signs, however, is not conclusive. Loosen tight clothing such as a collar, tie, belt or waistband. If the victim is not breathing, perform mouth-to-mouth resuscitation. Seek immediate medical attention.

**Serious Ingestion:** Not available.

### Section 5: Fire and Explosion Data

**Flammability of the Product:** Non-flammable.

**Auto-Ignition Temperature:** Not applicable.

**Flash Points:** Not applicable.

**Flammable Limits:** Not applicable.

**Products of Combustion:** Not available.

**Fire Hazards in Presence of Various Substances:** Not applicable.

**Explosion Hazards in Presence of Various Substances:**

Risks of explosion of the product in presence of mechanical impact: Not available. Risks of explosion of the product in presence of static discharge: Not available.

**Fire Fighting Media and Instructions:** Not applicable.

**Special Remarks on Fire Hazards:** Not available.

**Special Remarks on Explosion Hazards:** Not available.

### Section 6: Accidental Release Measures

**Small Spill:**

Use appropriate tools to put the spilled solid in a convenient waste disposal container. If necessary: Neutralize the residue with a dilute solution of sodium carbonate.

**Large Spill:**

Corrosive solid. Stop leak if without risk. Do not get water inside container. Do not touch spilled material. Use water spray to reduce vapors. Prevent entry into sewers, basements or confined areas; dike if needed. Call for assistance on disposal.

Neutralize the residue with a dilute solution of sodium carbonate. Be careful that the product is not present at a concentration level above TLV. Check TLV on the MSDS and with local authorities.

### Section 7: Handling and Storage

**Precautions:**

Keep locked up Keep container dry. Keep away from heat. Keep away from sources of ignition. Keep away from direct sunlight or strong incandescent light. Do not ingest. Do not breathe dust. Never add water to this product Avoid shock and friction. Wear suitable protective clothing In case of insufficient ventilation, wear suitable respiratory equipment If ingested, seek medical advice immediately and show the container or the label. Avoid contact with skin and eyes

**Storage:** Corrosive materials should be stored in a separate safety storage cabinet or room.

### Section 8: Exposure Controls/Personal Protection

**Engineering Controls:**

Use process enclosures, local exhaust ventilation, or other engineering controls to keep airborne levels below recommended exposure limits. If user operations generate dust, fume or mist, use ventilation to keep exposure to airborne contaminants below the exposure limit.

**Personal Protection:**

Splash goggles. Synthetic apron. Vapor and dust respirator. Be sure to use an approved/certified respirator or equivalent. Gloves.

**Personal Protection in Case of a Large Spill:**

Splash goggles. Full suit. Vapor and dust respirator. Boots. Gloves. A self contained breathing apparatus should be used to avoid inhalation of the product. Suggested protective clothing might not be sufficient; consult a specialist BEFORE handling this product.

**Exposure Limits:**

TWA: 1 CEIL: 2 (mg/m3) Consult local authorities for acceptable exposure limits.

### Section 9: Physical and Chemical Properties

**Physical state and appearance:** Solid.

**Odor:** Not available.

**Taste:** Not available.

**Molecular Weight:** 162.21 g/mole

**Color:** Not available.

**pH (1% soln/water):** 2 [Acidic.]

**Boiling Point:** 316°C (600.8°F)

**Melting Point:** 306°C (582.8°F)

**Critical Temperature:** Not available.

**Specific Gravity:** 2.9 (Water = 1)

**Vapor Pressure:** Not applicable.

**Vapor Density:** 5.61 (Air = 1)

**Volatility:** Not available.

**Odor Threshold:** Not available.

**Water/Oil Dist. Coeff.:** Not available.

**Ionicity (in Water):** Not available.

**Dispersion Properties:** See solubility in water.

**Solubility:** Soluble in cold water.

### Section 10: Stability and Reactivity Data

**Stability:** The product is stable.

**Instability Temperature:** Not available.

**Conditions of Instability:** Not available.

**Incompatibility with various substances:**

The product may undergo hazardous decomposition, condensation or polymerization, it may react violently with water to emit toxic gases or it may become self-reactive under conditions of shock or increase in temperature or pressure.

**Corrosivity:** Non-corrosive in presence of glass.

**Special Remarks on Reactivity:** Not available.

**Special Remarks on Corrosivity:** Not available.

**Polymerization:** No.

### Section 11: Toxicological Information

**Routes of Entry:** Eye contact. Inhalation. Ingestion.

**Toxicity to Animals:** Acute oral toxicity (LD50): 900 mg/kg [Rat].

**Chronic Effects on Humans:** The substance is toxic to lungs, mucous membranes.

**Other Toxic Effects on Humans:**

Very hazardous in case of ingestion. Hazardous in case of skin contact (irritant), of inhalation. Slightly hazardous in case of skin contact (permeator).

**Special Remarks on Toxicity to Animals:** Not available.

**Special Remarks on Chronic Effects on Humans:** Not available.

**Special Remarks on other Toxic Effects on Humans:** Not available.

### Section 12: Ecological Information

**Ecotoxicity:** Not available.

**BOD5 and COD:** Not available.

**Products of Biodegradation:**

Possibly hazardous short term degradation products are not likely. However, long term degradation products may arise.

**Toxicity of the Products of Biodegradation:** The products of degradation are more toxic.

**Special Remarks on the Products of Biodegradation:** Not available.

### Section 13: Disposal Considerations

**Waste Disposal:**

### Section 14: Transport Information

**DOT Classification:** CLASS 8; Corrosive solid.

**Identification :** Ferric chloride, anhydrous : UN1773 PG: III

**Special Provisions for Transport:** Not available.

### Section 15: Other Regulatory Information

**Federal and State Regulations:**

Pennsylvania RTK: Ferric chloride Massachusetts RTK: Ferric chloride TSCA 8(b) inventory: Ferric chloride CERCLA: Hazardous substances.: Ferric chloride

**Other Regulations:** OSHA: Hazardous by definition of Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200).

**Other Classifications:**

**WHMIS (Canada):**

CLASS E: Corrosive solid. CLASS F: Dangerously reactive material.

**DSCL (EEC):** R36/38- Irritating to eyes and skin.

**HMIS (U.S.A.):**

**Health Hazard:** 3

**Fire Hazard:** 0

**Reactivity:** 2

**Personal Protection:** j

**National Fire Protection Association (U.S.A.):**

**Health:** 3

**Flammability:** 0

**Reactivity:** 2

**Specific hazard:**

**Protective Equipment:**

Gloves. Synthetic apron. Vapor and dust respirator. Be sure to use an approved/certified respirator or equivalent. Wear appropriate respirator when ventilation is inadequate. Splash goggles.

### Section 16: Other Information

**References:** Not available.

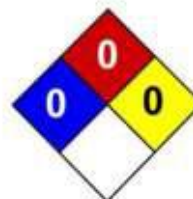
**Other Special Considerations:** Not available.

**Created:** 10/09/2005 05:32 PM

**Last Updated:** 05/21/2013 12:00 PM

*The information above is believed to be accurate and represents the best information currently available to us. However, we make no warranty of merchantability or any other warranty, express or implied, with respect to such information, and we assume no liability resulting from its use. Users should make their own investigations to determine the suitability of the information for their particular purposes. In no event shall ScienceLab.com be liable for any claims, losses, or damages of any third party or for lost profits or any special, indirect, incidental, consequential or exemplary damages, howsoever arising, even if ScienceLab.com has been advised of the possibility of such damages.*





Health	0
Fire	0
Reactivity	0
Personal Protection	A

## Material Safety Data Sheet Water, Purified MSDS

### Section 1: Chemical Product and Company Identification

**Product Name:** Water, Purified

**Catalog Codes:** SLP4732

**CAS#:** 7732-18-5

**RTECS:** ZC0110000

**TSCA:** TSCA 8(b) inventory: Water

**CI#:** Not available.

**Synonym:** Dihydrogen oxide

**Chemical Name:** Water

**Chemical Formula:** H<sub>2</sub>O

**Contact Information:**

Sciencelab.com, Inc.

14025 Smith Rd.

Houston, Texas 77396

US Sales: 1-800-901-7247

International Sales: 1-281-441-4400

Order Online: [ScienceLab.com](http://ScienceLab.com)

**CHEMTREC (24HR Emergency Telephone), call:**  
1-800-424-9300

**International CHEMTREC, call:** 1-703-527-3887

**For non-emergency assistance, call:** 1-281-441-4400

### Section 2: Composition and Information on Ingredients

**Composition:**

Name	CAS #	% by Weight
Water	7732-18-5	100

**Toxicological Data on Ingredients:** Not applicable.

### Section 3: Hazards Identification

**Potential Acute Health Effects:**

Non-corrosive for skin. Non-irritant for skin. Non-sensitizer for skin. Non-permeator by skin. Non-irritating to the eyes. Non-hazardous in case of ingestion. Non-hazardous in case of inhalation. Non-irritant for lungs. Non-sensitizer for lungs. Non-corrosive to the eyes. Non-corrosive for lungs.

**Potential Chronic Health Effects:**

Non-corrosive for skin. Non-irritant for skin. Non-sensitizer for skin. Non-permeator by skin. Non-irritating to the eyes. Non-hazardous in case of ingestion. Non-hazardous in case of inhalation. Non-irritant for lungs. Non-sensitizer for lungs. CARCINOGENIC EFFECTS: Not available. MUTAGENIC EFFECTS: Not available. TERATOGENIC EFFECTS: Not available. DEVELOPMENTAL TOXICITY: Not available.

### Section 4: First Aid Measures

**Eye Contact:** Not applicable.

**Skin Contact:** Not applicable.  
**Serious Skin Contact:** Not available.  
**Inhalation:** Not applicable.  
**Serious Inhalation:** Not available.  
**Ingestion:** Not Applicable  
**Serious Ingestion:** Not available.

#### Section 5: Fire and Explosion Data

**Flammability of the Product:** Non-flammable.  
**Auto-Ignition Temperature:** Not applicable.  
**Flash Points:** Not applicable.  
**Flammable Limits:** Not applicable.  
**Products of Combustion:** Not available.  
**Fire Hazards in Presence of Various Substances:** Not applicable.  
**Explosion Hazards in Presence of Various Substances:** Not Applicable  
**Fire Fighting Media and Instructions:** Not applicable.  
**Special Remarks on Fire Hazards:** Not available.  
**Special Remarks on Explosion Hazards:** Not available.

#### Section 6: Accidental Release Measures

**Small Spill:** Mop up, or absorb with an inert dry material and place in an appropriate waste disposal container.  
**Large Spill:** Absorb with an inert material and put the spilled material in an appropriate waste disposal.

#### Section 7: Handling and Storage

**Precautions:** No specific safety phrase has been found applicable for this product.  
**Storage:** Not applicable.

#### Section 8: Exposure Controls/Personal Protection

**Engineering Controls:** Not Applicable  
**Personal Protection:** Safety glasses. Lab coat.  
**Personal Protection in Case of a Large Spill:** Not Applicable  
**Exposure Limits:** Not available.

#### Section 9: Physical and Chemical Properties

**Physical state and appearance:** Liquid.

**Odor:** Odorless.  
**Taste:** Not available.  
**Molecular Weight:** 18.02 g/mole  
**Color:** Colorless.  
**pH (1% soln/water):** 7 [Neutral.]  
**Boiling Point:** 100°C (212°F)  
**Melting Point:** Not available.  
**Critical Temperature:** Not available.  
**Specific Gravity:** 1 (Water = 1)  
**Vapor Pressure:** 2.3 kPa (@ 20°C)  
**Vapor Density:** 0.62 (Air = 1)  
**Volatility:** Not available.  
**Odor Threshold:** Not available.  
**Water/Oil Dist. Coeff.:** Not available.  
**Ionicity (in Water):** Not available.  
**Dispersion Properties:** Not applicable  
**Solubility:** Not Applicable

#### Section 10: Stability and Reactivity Data

**Stability:** The product is stable.  
**Instability Temperature:** Not available.  
**Conditions of Instability:** Not available.  
**Incompatibility with various substances:** Not available.  
**Corrosivity:** Not available.  
**Special Remarks on Reactivity:** Not available.  
**Special Remarks on Corrosivity:** Not available.  
**Polymerization:** Will not occur.

#### Section 11: Toxicological Information

**Routes of Entry:** Absorbed through skin. Eye contact.  
**Toxicity to Animals:**  
LD50: [Rat] - Route: oral; Dose: > 90 ml/kg LC50: Not available.  
**Chronic Effects on Humans:** Not available.  
**Other Toxic Effects on Humans:**  
Non-corrosive for skin. Non-irritant for skin. Non-sensitizer for skin. Non-permeator by skin. Non-hazardous in case of ingestion. Non-hazardous in case of inhalation. Non-irritant for lungs. Non-sensitizer for lungs. Non-corrosive to the eyes. Non-corrosive for lungs.  
**Special Remarks on Toxicity to Animals:** Not available.

**Special Remarks on Chronic Effects on Humans:** Not available.

**Special Remarks on other Toxic Effects on Humans:** Not available.

### Section 12: Ecological Information

**Ecotoxicity:** Not available.

**BOD5 and COD:** Not available.

**Products of Biodegradation:**

Possibly hazardous short term degradation products are not likely. However, long term degradation products may arise.

**Toxicity of the Products of Biodegradation:** The product itself and its products of degradation are not toxic.

**Special Remarks on the Products of Biodegradation:** Not available.

### Section 13: Disposal Considerations

**Waste Disposal:**

Waste must be disposed of in accordance with federal, state and local environmental control regulations.

### Section 14: Transport Information

**DOT Classification:** Not a DOT controlled material (United States).

**Identification:** Not applicable.

**Special Provisions for Transport:** Not applicable.

### Section 15: Other Regulatory Information

**Federal and State Regulations:** TSCA 8(b) inventory: Water

**Other Regulations:** EINECS: This product is on the European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances.

**Other Classifications:**

**WHMIS (Canada):** Not controlled under WHMIS (Canada).

**DSCL (EEC):**

This product is not classified according to the EU regulations. Not applicable.

**HMIS (U.S.A.):**

**Health Hazard:** 0

**Fire Hazard:** 0

**Reactivity:** 0

**Personal Protection:** a

**National Fire Protection Association (U.S.A.):**

**Health:** 0

**Flammability:** 0

**Reactivity:** 0

**Specific hazard:**

**Protective Equipment:**

Not applicable. Lab coat. Not applicable. Safety glasses.

**Section 16: Other Information**

**References:** Not available.

**Other Special Considerations:** Not available.

**Created:** 10/09/2005 06:14 PM

**Last Updated:** 05/21/2013 12:00 PM

*The information above is believed to be accurate and represents the best information currently available to us. However, we make no warranty of merchantability or any other warranty, express or implied, with respect to such information, and we assume no liability resulting from its use. Users should make their own investigations to determine the suitability of the information for their particular purposes. In no event shall ScienceLab.com be liable for any claims, losses, or damages of any third party or for lost profits or any special, indirect, incidental, consequential or exemplary damages, howsoever arising, even if ScienceLab.com has been advised of the possibility of such damages.*



Health	3
Fire	0
Reactivity	2
Personal Protection	J

## Material Safety Data Sheet

### Sodium hydroxide, Pellets, Reagent ACS MSDS

#### Section 1: Chemical Product and Company Identification

<p><b>Product Name:</b> Sodium hydroxide, Pellets, Reagent ACS</p> <p><b>Catalog Codes:</b> SLS4090</p> <p><b>CAS#:</b> 1310-73-2</p> <p><b>RTECS:</b> WB4900000</p> <p><b>TSCA:</b> TSCA 8(b) inventory; Sodium hydroxide</p> <p><b>CI#:</b> Not available.</p> <p><b>Synonym:</b> Caustic Soda</p> <p><b>Chemical Name:</b> Sodium Hydroxide</p> <p><b>Chemical Formula:</b> NaOH</p>	<p><b>Contact Information:</b></p> <p><b>Sciencelab.com, Inc.</b> 14025 Smith Rd. Houston, Texas 77396</p> <p>US Sales: <b>1-800-901-7247</b> International Sales: <b>1-281-441-4400</b></p> <p>Order Online: <a href="http://ScienceLab.com">ScienceLab.com</a></p> <p><b>CHEMTREC (24HR Emergency Telephone), call:</b> 1-800-424-9300</p> <p><b>International CHEMTREC, call:</b> 1-703-527-3887</p> <p><b>For non-emergency assistance, call:</b> 1-281-441-4400</p>
---	--

#### Section 2: Composition and Information on Ingredients

**Composition:**

Name	CAS #	% by Weight
Sodium hydroxide	1310-73-2	100

**Toxicological Data on Ingredients:** Sodium hydroxide LD50: Not available. LC50: Not available.

#### Section 3: Hazards Identification

**Potential Acute Health Effects:**

Very hazardous in case of skin contact (corrosive, irritant, permeator), of eye contact (irritant, corrosive), of ingestion, of inhalation. The amount of tissue damage depends on length of contact. Eye contact can result in corneal damage or blindness. Skin contact can produce inflammation and blistering. Inhalation of dust will produce irritation to gastro-intestinal or respiratory tract, characterized by burning, sneezing and coughing. Severe over-exposure can produce lung damage, choking, unconsciousness or death. Inflammation of the eye is characterized by redness, watering, and itching. Skin inflammation is characterized by itching, scaling, reddening, or, occasionally, blistering.

**Potential Chronic Health Effects:**

CARCINOGENIC EFFECTS: Not available. MUTAGENIC EFFECTS: Not available. TERATOGENIC EFFECTS: Not available. DEVELOPMENTAL TOXICITY: Not available. The substance is toxic to lungs. Repeated or prolonged exposure to the substance can produce target organs damage. Repeated exposure of the eyes to a low level of dust can produce eye irritation. Repeated skin exposure can produce local skin destruction, or dermatitis. Repeated inhalation of dust can produce varying degree of respiratory irritation or lung damage.

## Section 4: First Aid Measures

### Eye Contact:

Check for and remove any contact lenses. In case of contact, immediately flush eyes with plenty of water for at least 15 minutes. Cold water may be used. Get medical attention immediately.

### Skin Contact:

In case of contact, immediately flush skin with plenty of water for at least 15 minutes while removing contaminated clothing and shoes. Cover the irritated skin with an emollient. Cold water may be used. Wash clothing before reuse. Thoroughly clean shoes before reuse. Get medical attention immediately.

### Serious Skin Contact:

Wash with a disinfectant soap and cover the contaminated skin with an anti-bacterial cream. Seek medical attention.

### Inhalation:

If inhaled, remove to fresh air. If not breathing, give artificial respiration. If breathing is difficult, give oxygen. Get medical attention immediately.

### Serious Inhalation:

Evacuate the victim to a safe area as soon as possible. Loosen tight clothing such as a collar, tie, belt or waistband. If breathing is difficult, administer oxygen. If the victim is not breathing, perform mouth-to-mouth resuscitation. **WARNING:** It may be hazardous to the person providing aid to give mouth-to-mouth resuscitation when the inhaled material is toxic, infectious or corrosive. Seek immediate medical attention.

### Ingestion:

Do NOT induce vomiting unless directed to do so by medical personnel. Never give anything by mouth to an unconscious person. If large quantities of this material are swallowed, call a physician immediately. Loosen tight clothing such as a collar, tie, belt or waistband.

**Serious Ingestion:** Not available.

## Section 5: Fire and Explosion Data

**Flammability of the Product:** Non-flammable.

**Auto-Ignition Temperature:** Not applicable.

**Flash Points:** Not applicable.

**Flammable Limits:** Not applicable.

**Products of Combustion:** Not available.

**Fire Hazards in Presence of Various Substances:** of metals

### Explosion Hazards in Presence of Various Substances:

Risks of explosion of the product in presence of mechanical impact: Not available. Risks of explosion of the product in presence of static discharge: Not available. Slightly explosive in presence of heat.

**Fire Fighting Media and Instructions:** Not applicable.

### Special Remarks on Fire Hazards:

sodium hydroxide + zinc metal dust causes ignition of the latter. Under proper conditions of temperature, pressure and state of division, it can ignite or react violently with acetaldehyde, allyl alcohol, allyl chloride, benzene-1,4-diol, chlorine trifluoride, 1,2 dichloroethylene, nitroethane, nitromethane, nitroparaffins, nitropropane, cinnamaldehyde, 2,2-dichloro-3,3-dimethylbutane. Sodium hydroxide in contact with water may generate enough heat to ignite adjacent combustible materials. Phosphorous boiled with NaOH yields mixed phosphines which may ignite spontaneously in air. sodium hydroxide and cinnamaldehyde + heat may cause ignition. Reaction with certain metals releases flammable and explosive hydrogen gas.

### Special Remarks on Explosion Hazards:

Sodium hydroxide reacts to form explosive products with ammonia + silver nitrate. Benzene extract of allyl benzenesulfonate prepared from allyl alcohol, and benzene sulfonyl chloride in presence of aqueous sodium hydroxide, under vacuum distillation, residue darkened and exploded. Sodium Hydroxide + impure tetrahydrofuran, which can contain peroxides, can

cause serious explosions. Dry mixtures of sodium hydroxide and sodium tetrahydroborate liberate hydrogen explosively at 230-270 deg. C. Sodium Hydroxide reacts with sodium salt of trichlorophenol + methyl alcohol + trichlorobenzene + heat to cause an explosion.

### Section 6: Accidental Release Measures

**Small Spill:**

Use appropriate tools to put the spilled solid in a convenient waste disposal container. If necessary: Neutralize the residue with a dilute solution of acetic acid.

**Large Spill:**

Corrosive solid. Stop leak if without risk. Do not get water inside container. Do not touch spilled material. Use water spray to reduce vapors. Prevent entry into sewers, basements or confined areas; dike if needed. Call for assistance on disposal. Neutralize the residue with a dilute solution of acetic acid. Be careful that the product is not present at a concentration level above TLV. Check TLV on the MSDS and with local authorities.

### Section 7: Handling and Storage

**Precautions:**

Keep container dry. Do not breathe dust. Never add water to this product. In case of insufficient ventilation, wear suitable respiratory equipment. If you feel unwell, seek medical attention and show the label when possible. Avoid contact with skin and eyes. Keep away from incompatibles such as oxidizing agents, reducing agents, metals, acids, alkalis, moisture.

**Storage:** Keep container tightly closed. Keep container in a cool, well-ventilated area. Do not store above 23°C (73.4°F).

### Section 8: Exposure Controls/Personal Protection

**Engineering Controls:**

Use process enclosures, local exhaust ventilation, or other engineering controls to keep airborne levels below recommended exposure limits. If user operations generate dust, fume or mist, use ventilation to keep exposure to airborne contaminants below the exposure limit.

**Personal Protection:**

Splash goggles. Synthetic apron. Vapor and dust respirator. Be sure to use an approved/certified respirator or equivalent. Gloves.

**Personal Protection in Case of a Large Spill:**

Splash goggles. Full suit. Vapor and dust respirator. Boots. Gloves. A self contained breathing apparatus should be used to avoid inhalation of the product. Suggested protective clothing might not be sufficient; consult a specialist BEFORE handling this product.

**Exposure Limits:**

CEIL: 2 from ACGIH (TLV) [United States] [1995] Consult local authorities for acceptable exposure limits.

### Section 9: Physical and Chemical Properties

**Physical state and appearance:** Solid.

**Odor:** Odorless.

**Taste:** Not available.

**Molecular Weight:** 40 g/mole

**Color:** White.

**pH (1% soln/water):** 13.5 [Basic.]



**Boiling Point:** 1388°C (2530.4°F)  
**Melting Point:** 323°C (613.4°F)  
**Critical Temperature:** Not available.  
**Specific Gravity:** 2.13 (Water = 1)  
**Vapor Pressure:** Not applicable.  
**Vapor Density:** Not available.  
**Volatility:** Not available.  
**Odor Threshold:** Not available.  
**Water/Oil Dist. Coeff.:** Not available.  
**Ionicity (in Water):** Not available.  
**Dispersion Properties:** See solubility in water.  
**Solubility:** Easily soluble in cold water.

### Section 10: Stability and Reactivity Data

**Stability:** The product is stable.

**Instability Temperature:** Not available.

**Conditions of Instability:** Not available.

**Incompatibility with various substances:**

Highly reactive with metals. Reactive with oxidizing agents, reducing agents, acids, alkalis, moisture.

**Corrosivity:** Not available.

**Special Remarks on Reactivity:**

Hygroscopic. Much heat is evolved when solid material is dissolved in water. Therefore cold water and caution must be used for this process. Sodium hydroxide solution and octanol + diborane during a work-up of a reaction mixture of oxime and diborane in tetrahydrofuran is very exothermic, a mild explosion being noted on one occasion. Reactive with water, acids, acid chlorides, strong bases, strong oxidizing agents, strong reducing agents, flammable liquids, organic halogens, metals (i.e aluminum, tin, zinc), nitromethane, glacial acetic acid, acetic anhydride, acrolein, chlorohydrin, chlorosulfonic acid, ethylene cyanohydrin, glyoxal, hydrochloric acid, sulfuric acid, hydrosulfuric acid, nitric acid, oleum, propiolactone, acylonitrile, phorous pentoxide, chloroethanol, chloroform-methanol, tetrahydroborate, cyanogen azide, 1,2,4,5 tetrachlorobenzene, cinnamaldehyde. Reacts with formaldehyde hydroxide to yield formic acid, and hydrogen.

**Special Remarks on Corrosivity:** Very caustic to aluminum and other metals in presence of moisture.

**Polymerization:** Will not occur.

### Section 11: Toxicological Information

**Routes of Entry:** Absorbed through skin. Dermal contact. Eye contact. Inhalation. Ingestion.

**Toxicity to Animals:**

LD50: Not available. LC50: Not available.

**Chronic Effects on Humans:** Causes damage to the following organs: lungs.

**Other Toxic Effects on Humans:**

Extremely hazardous in case of inhalation (lung corrosive). Very hazardous in case of skin contact (corrosive, irritant, permeator), of eye contact (corrosive), of ingestion, .

**Special Remarks on Toxicity to Animals:**

Lowest Published Lethal Dose: LDL [Rabbit] - Route: Oral; Dose: 500 mg/kg

**Special Remarks on Chronic Effects on Humans:** May affect genetic material (mutagenic). Investigation as a mutagen (cytogenetic analysis), but no data available.

**Special Remarks on other Toxic Effects on Humans:**

Acute Potential Health Effects: Skin: May be harmful if absorbed through skin. Causes severe skin irritation and burns. May cause deep penetrating ulcers of the skin. Eyes: Causes severe eye irritation and burns. May cause chemical conjunctivitis and corneal damage. Inhalation: Harmful if inhaled. Causes severe irritation of the respiratory tract and mucous membranes with coughing, burns, breathing difficulty, and possible coma. Irritation may lead the chemical pneumonitis and pulmonary edema. Causes chemical burns to the respiratory tract and mucous membranes. Ingestion: May be fatal if swallowed. May cause severe and permanent damage to the digestive tract. Causes severe gastrointestinal tract irritation and burns. May cause perforation of the digestive tract. Causes severe pain, nausea, vomiting, diarrhea, and shock. May cause corrosion and permanent destruction of the esophagus and digestive tract.

### Section 12: Ecological Information

**Ecotoxicity:** Not available.

**BOD5 and COD:** Not available.

**Products of Biodegradation:**

Possibly hazardous short term degradation products are not likely. However, long term degradation products may arise.

**Toxicity of the Products of Biodegradation:** The product itself and its products of degradation are not toxic.

**Special Remarks on the Products of Biodegradation:** Not available.

### Section 13: Disposal Considerations

**Waste Disposal:**

Waste must be disposed of in accordance with federal, state and local environmental control regulations.

### Section 14: Transport Information

**DOT Classification:** Class 8: Corrosive material

**Identification:** : Sodium hydroxide, solid UNNA: 1823 PG: II

**Special Provisions for Transport:** Not available.

### Section 15: Other Regulatory Information

**Federal and State Regulations:**

Illinois toxic substances disclosure to employee act: Sodium hydroxide Illinois chemical safety act: Sodium hydroxide New York release reporting list: Sodium hydroxide Rhode Island RTK hazardous substances: Sodium hydroxide Pennsylvania RTK: Sodium hydroxide Minnesota: Sodium hydroxide Massachusetts RTK: Sodium hydroxide New Jersey: Sodium hydroxide Louisiana spill reporting: Sodium hydroxide California Director's List of Hazardous Substances: Sodium hydroxide TSCA 8(b) inventory: Sodium hydroxide CERCLA: Hazardous substances.: Sodium hydroxide: 1000 lbs. (453.6 kg)

**Other Regulations:**

OSHA: Hazardous by definition of Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200). EINECS: This product is on the European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances.

**Other Classifications:**

**WHMIS (Canada):** CLASS E: Corrosive solid.

**DSCL (EEC):**

**HMIS (U.S.A.):**

**Health Hazard:** 3

**Fire Hazard:** 0

**Reactivity:** 2

**Personal Protection:** j

**National Fire Protection Association (U.S.A.):**

**Health:** 3

**Flammability:** 0

**Reactivity:** 1

**Specific hazard:**

**Protective Equipment:**

Gloves. Synthetic apron. Vapor and dust respirator. Be sure to use an approved/certified respirator or equivalent. Wear appropriate respirator when ventilation is inadequate. Splash goggles.

#### Section 16: Other Information

**References:** Not available.

**Other Special Considerations:** Not available.

**Created:** 10/09/2005 06:32 PM

**Last Updated:** 05/21/2013 12:00 PM

*The information above is believed to be accurate and represents the best information currently available to us. However, we make no warranty of merchantability or any other warranty, express or implied, with respect to such information, and we assume no liability resulting from its use. Users should make their own investigations to determine the suitability of the information for their particular purposes. In no event shall ScienceLab.com be liable for any claims, losses, or damages of any third party or for lost profits or any special, indirect, incidental, consequential or exemplary damages, howsoever arising, even if ScienceLab.com has been advised of the possibility of such damages.*