



2023

18. Ολοκληρωμένα κυκλώματα

R2: SCRAPY Guide

Αρ. έργου: **2021-1-FR01-KA220-SCH-000031617**



 **Co-funded by
the European Union**

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

ECAM EPMI
30/04/2023

Πίνακας περιεχομένων

1 Εισαγωγή	2
2 Μέσα στο IC	2
3 Πακέτα IC	4
4 Σήμανση πολικότητας και αρίθμηση καρφίτσας	4
5 Στυλ τοποθέτησης	5
5.1 DIP (Dual in-line packages)	5
5.2 Πακέτα Surface-Mount (SMD/SMT).	7
5.3 Small-Outline (SOP)	7
5.4 Quad Flat πακέτα.....	8
5.5 Συστοιχίες πλέγματος σφαιρών	9
6 Κοινά ICs.....	9
6.1 Λογικές πύλες, χρονοδιακόπτες, καταχωρητές μετατόπισης κ.λπ.	9
6.2 Μικροελεγκτές, μικροεπεξεργαστές, FPGA, κ.λπ.	10
6.3 Αισθητήρες	10
7 Συμπέρασμα	11

1 Εισαγωγή

Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα (IC) αποτελούν τον ακρογωνιαίο λίθο της σύγχρονης ηλεκτρονικής. Είναι η καρδιά και ο εγκέφαλος των περισσότερων κυκλωμάτων. Είναι τα πανταχού παρόντα μικρά μαύρα "τσιπ" που βρίσκονται σε κάθε πλακέτα κυκλώματος. Αν δεν είστε κάποιου είδους τρελός, μάγος αναλογικών ηλεκτρονικών, είναι πιθανό να έχετε τουλάχιστον ένα IC σε κάθε έργο ηλεκτρονικών που κατασκευάζετε, επομένως είναι σημαντικό να το κατανοήσετε, μέσα και έξω.



Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα είναι τα μικρά μαύρα «τσιπ», που βρίσκονται σε όλα τα ενσωματωμένα ηλεκτρονικά.

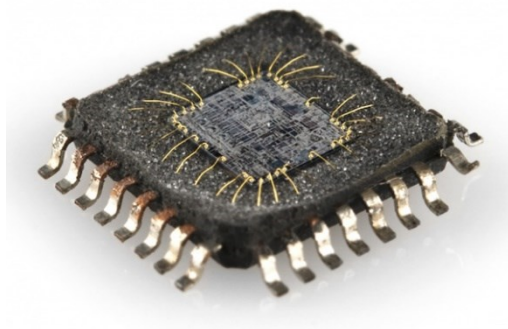
Το IC είναι μια συλλογή ηλεκτρονικών εξαρτημάτων -- **αντιστάσεις, τρανζίστορ, πυκνωτές κ.λπ.** -- όλα γεμισμένα σε ένα μικροσκοπικό τσιπ και συνδεδεμένα για την επίτευξη ενός κοινού στόχου. Διατίθενται σε όλα τα είδη γεύσεων: λογικές πύλες μονού κυκλώματος, ενισχυτές λειτουργίας, χρονόμετρα 555, ρυθμιστές τάσης, ελεγκτές κινητήρα, μικροελεγκτές, μικροεπεξεργαστές, FPGA... η λίστα συνεχίζεται και συνεχίζεται.

Καλύπτεται σε αυτό το μάθημα:

- Το makeup ενός IC
- Κοινά πακέτα IC
- Αναγνώριση IC
- Συχνά χρησιμοποιούμενα IC

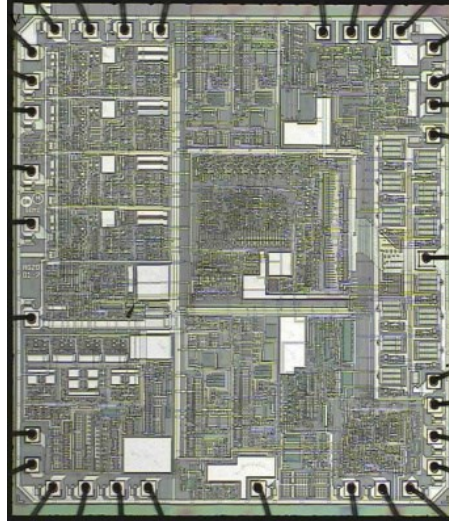
2 Μέσα στο IC

Όταν σκεφτόμαστε τα ολοκληρωμένα κυκλώματα, τα μικρά μαύρα τσιπ είναι αυτά που μας έρχονται στο μυαλό. Τι υπάρχει όμως μέσα σε αυτό το μαύρο κουτί;



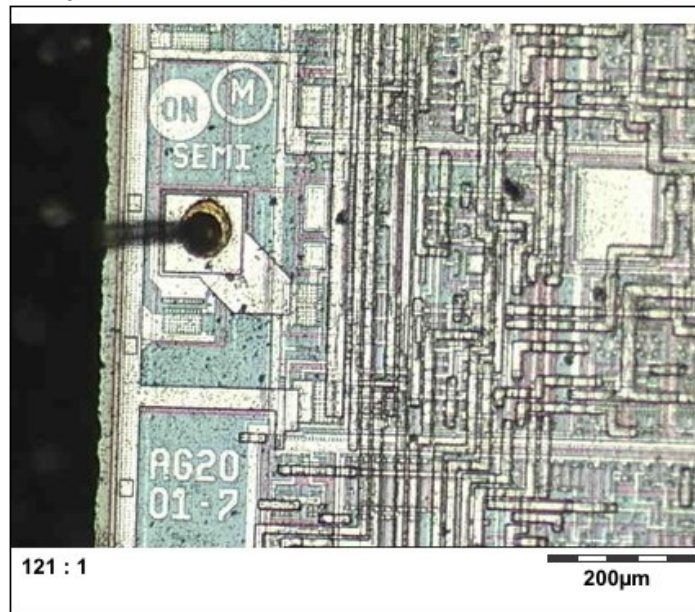
Τα σπλάχνα ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος είναι ορατά μετά την αφαίρεση της κορυφής.

Το πραγματικό «κρέας» ενός IC είναι μια περίπλοκη επίστρωση από γκοφρέτες ημιαγωγών, χαλκό και άλλα υλικά, τα οποία διασυνδέονται για να σχηματίσουν τρανζίστορ, αντιστάσεις ή άλλα εξαρτήματα σε ένα κύκλωμα. Ο κομμένος και σχηματισμένος συνδυασμός αυτών των γκοφρετών ονομάζεται καλούπι.



Μια επισκόπηση ενός καλουπιού IC.

Ενώ το ίδιο το IC είναι μικροσκοπικό, τα wafers των ημιαγωγών και τα στρώματα χαλκού από τα οποία αποτελείται είναι απίστευτα λεπτά. Οι συνδέσεις μεταξύ των στρωμάτων είναι πολύ περίπλοκες. Ακολουθεί μια μεγεθυμένη ενότητα του καλουπιού παραπάνω:



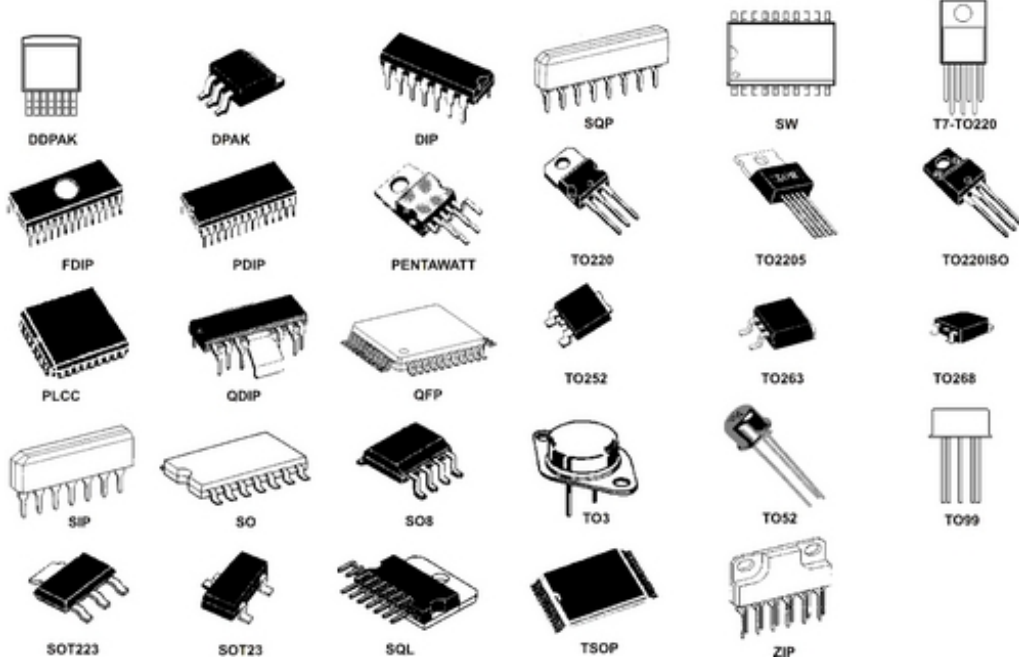
Ένα μεγεθυμένο IC die

Ένα καλούπι IC είναι το κύκλωμα στη μικρότερη μορφή του, πολύ μικρό για να συγκολληθεί ή να συνδεθεί. Για να διευκολύνουμε τη σύνδεση στο IC, συσκευάζουμε το καλούπι. Το πακέτο IC μετατρέπει τη λεπτή, μικροσκοπική μήτρα, στο μαύρο τσιπ που όλοι γνωρίζουμε.

3 Πακέτα IC

Το πακέτο είναι αυτό που περικλείει το καλούπι ολοκληρωμένου κυκλώματος και το απλώνει σε μια συσκευή στην οποία μπορούμε να συνδεθούμε πιο εύκολα. Κάθε εξωτερική σύνδεση στη μήτρα συνδέεται μέσω ενός μικροσκοπικού κομματιού χρυσού σύρματος σε ένα μαξιλάρι ή καρφίτσα στη συσκευασία. Οι ακίδες είναι οι ασημένιοι ακροδέκτες εξώθησης σε ένα IC, οι οποίοι συνεχίζουν να συνδέονται με άλλα μέρη ενός κυκλώματος. Αυτά είναι υψίστης σημασίας για εμάς γιατί είναι αυτά που θα συνεχίσουν να συνδέονται με τα υπόλοιπα εξαρτήματα και καλώδια σε ένα κύκλωμα.

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι συσκευασιών, καθένας από τους οποίους έχει μοναδικές διαστάσεις, τύπους στερέωσης ή/και αριθμό ακίδων.

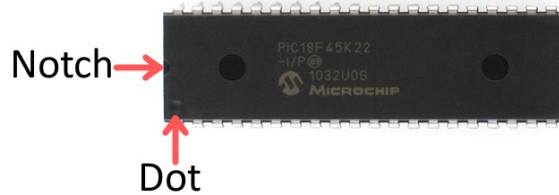


Διαφορετικοί τύποι πακέτων IC.

4 Σήμανση πολικότητας και αρίθμηση καρφίτσας

Όλα τα IC είναι πολωμένα και κάθε ακροδέκτης είναι μοναδικός τόσο από άποψη θέσης όσο και από άποψη λειτουργίας. Αυτό σημαίνει ότι το πακέτο πρέπει να έχει κάποιο τρόπο για να μεταφέρει ποιο pin είναι ποιο. Τα περισσότερα IC θα χρησιμοποιούν είτε μια εγκοπή είτε μια τελεία για να υποδείξουν ποια ακίδα είναι η πρώτη ακίδα. (Μερικές φορές και τα δύο, μερικές φορές το ένα ή το άλλο.)

Μόλις μάθετε πού βρίσκεται η πρώτη ακίδα, οι υπόλοιποι αριθμοί ακίδων αυξάνονται διαδοχικά καθώς κινείστε αριστερόστροφα γύρω από το τσιπ.



Σήμανση πολικότητας και αρίθμηση καρφίτσας

5 Στυλ τοποθέτησης

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα τύπου συσκευασίας είναι ο τρόπος που τοποθετούνται σε μια πλακέτα κυκλώματος. Όλα τα πακέτα εμπίπτουν σε έναν από τους δύο τύπους τοποθέτησης: διαμπερής (PTH) ή επιφανειακής τοποθέτησης (SMD ή SMT). Τα πακέτα διαμπερούς οπής είναι μεγαλύτερα και είναι πολύ πιο εύκολο να εργαστείτε. Είναι σχεδιασμένα να κολλάνε από τη μία πλευρά μιας σανίδας και να συγκολλούνται στην άλλη πλευρά.



Στυλ τοποθέτησης

Τα πακέτα επιφανειακής τοποθέτησης κυμαίνονται σε μεγέθη από μικρά έως μικροσκοπικά. Είναι όλα σχεδιασμένα για να κάθονται στη μία πλευρά μιας πλακέτας κυκλώματος και να συγκολλούνται στην επιφάνεια. Οι ακίδες μιας συσκευασίας SMD είτε εξωθούνται από την πλευρά, κάθετα στο τσιπ είτε μερικές φορές είναι διατεταγμένες σε μια μήτρα στο κάτω μέρος του τσιπ. Τα IC σε αυτόν τον παράγοντα μορφής δεν είναι πολύ "φιλικά στη συναρμολόγηση στο χέρι". Συνήθως απαιτούν ειδικά εργαλεία για να βοηθήσουν στη διαδικασία.

5.1 DIP (Dual in-line packages)

Το DIP, συντομογραφία για το dual in-line πακέτο, είναι το πιο κοινό πακέτο IC μέσω οπών που θα συναντήσετε. Αυτά τα μικρά τσιπ έχουν δύο παράλληλες σειρές ακίδων που

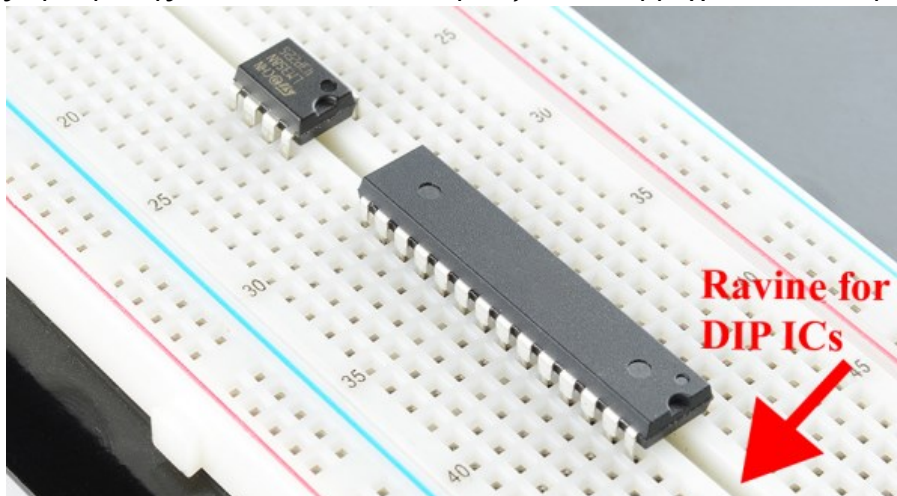
εκτείνονται κάθετα έξω από ένα ορθογώνιο, μαύρο, πλαστικό περίβλημα.



Ο ATmega328 28 ακίδων είναι ένας από τους πιο δημοφιλείς μικροελεγκτές με συσκευασία DIP.

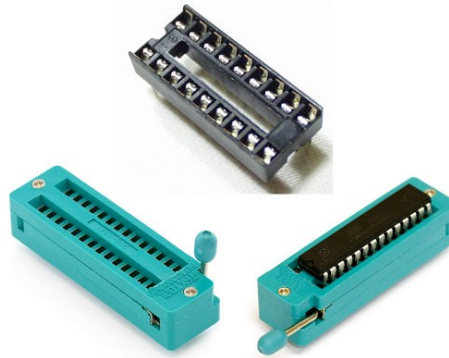
Κάθε μία από τις ακίδες σε ένα IC DIP έχει απόσταση 0,1" (2,54 mm), η οποία είναι μια τυπική απόσταση και ιδανική για τοποθέτηση σε breadboards και άλλες πλακέτες πρωτοτύπων. Οι συνολικές διαστάσεις ενός πακέτου DIP εξαρτώνται από τον αριθμό των ακίδων του, που μπορεί να είναι οπουδήποτε από τέσσερα έως 64.

Η περιοχή μεταξύ κάθε σειράς ακίδων έχει τέλεια απόσταση για να επιτρέψει στα IC DIP να διασχίζουν την κεντρική περιοχή ενός breadboard. Αυτό παρέχει σε κάθε μια από τις καρφίτσες τη σειρά της στον πίνακα και διασφαλίζει ότι δεν βραχυκυκλώνουν μεταξύ τους.



IC που χρησιμοποιούνται σε breadboards

Εκτός από τη χρήση σε breadboards, τα IC DIP μπορούν επίσης να **συγκολληθούν σε PCB**. Τοποθετούνται στη μία πλευρά της σανίδας και συγκολλούνται στη θέση τους στην άλλη πλευρά. Μερικές φορές, αντί να κολλήσετε απευθείας στο IC, είναι καλή ιδέα να τοποθετήσετε το τσιπ. Η χρήση υποδοχών επιτρέπει την αφαίρεση ενός DIP IC και την αντικατάστασή του εάν συμβεί να "αφήσει τον μπλε καπνό του να βγει".



Μια κανονική υποδοχή DIP (πάνω μέρος) και μια υποδοχή ZIF με και χωρίς IC.

5.2 Πακέτα Surface-Mount (SMD/SMT).

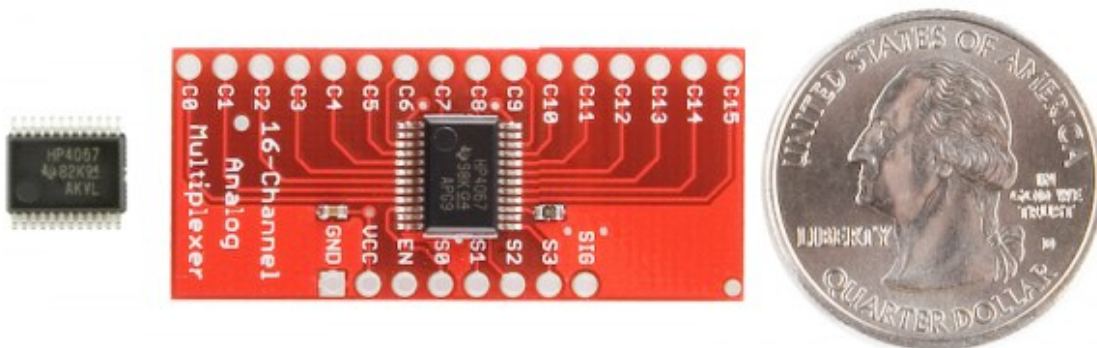
Υπάρχει μια τεράστια ποικιλία τύπων πακέτων επιφανειακής τοποθέτησης αυτές τις μέρες. Για να εργαστείτε με επιφανειακά συσκευασμένα IC, χρειάζεστε συνήθως μια προσαρμοσμένη πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος (PCB) κατασκευασμένη για αυτά, η οποία έχει ένα αντίστοιχο σχέδιο από χαλκό πάνω στο οποίο είναι συγκολλημένα.

Εδώ είναι μερικοί από τους πιο συνηθισμένους τύπους πακέτων SMD εκεί έξω, που κυμαίνονται στη δυνατότητα συγκόλλησης με το χέρι από "εκτελέσιμα" έως "εκτελέσιμα, αλλά μόνο με ειδικά εργαλεία" έως "εκτελούνται μόνο με πολύ ειδικά, συνήθως αυτοματοποιημένα εργαλεία".

5.3 Small-Outline (SOP)

Τα πακέτα IC (SOIC) μικρού περιγράμματος είναι ο ξάδερφος του DIP για τοποθέτηση στην επιφάνεια. Είναι αυτό που θα έπαιρνες αν λυγίζατε όλες τις ακίδες σε ένα DIP προς τα έξω και τις συρρικνώνατε στο μέγεθος. Με σταθερό χέρι και κλειστό μάτι, αυτά τα πακέτα είναι από τα πιο εύκολα εξαρτήματα SMD για συγκόλληση στο χέρι. Στις συσκευασίες SOIC, κάθε ακίδα έχει συνήθως απόσταση περίπου 0,05" (1,27 mm) από την επόμενη.

Το SSOP (shrink small-outline πακέτο) είναι μια ακόμη μικρότερη έκδοση των πακέτων SOIC. Άλλα, παρόμοια πακέτα IC περιλαμβάνουν TSOP (λεπτό πακέτο μικρού περιγράμματος) και TSSOP (λεπτό πακέτο μικρού περιγράμματος).

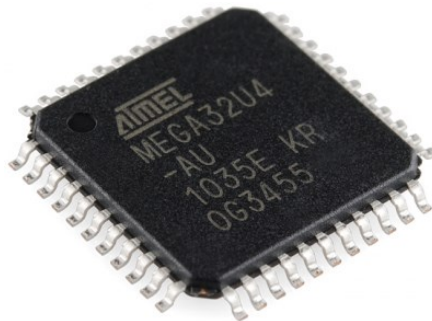


Πολυπλέκτης 16 καναλιών (CD74HC4067) σε συσκευασία SSOP 24 ακίδων. Τοποθετείται σε μια σανίδα στη μέση (προστέθηκε το τέταρτο για σύγκριση μεγέθους).

Πολλά από τα πιο απλά, προσανατολισμένα σε μία εργασία IC, όπως το MAX232 ή οι πολυπλέκτες, διατίθενται σε μορφές SOIC ή SSOP.

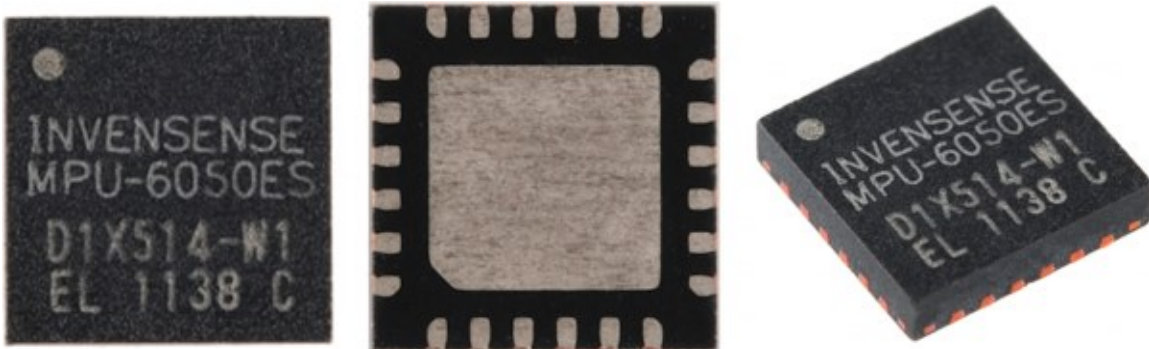
5.4 Quad Flat πακέτα

Η αναπαραγωγή των ακίδων IC προς τις τέσσερις κατευθύνσεις σας δίνει κάτι που μπορεί να μοιάζει με τετραπλό πακέτο (QFP). Τα IC QFP μπορεί να έχουν από οκτώ ακίδες ανά πλευρά (32 συνολικά) έως πάνω από εβδομήντα (300+ συνολικά). Οι ακίδες σε ένα IC QFP συνήθως απέχουν μεταξύ τους από 0,4 mm έως 1 mm. Οι μικρότερες παραλλαγές του τυπικού πακέτου QFP περιλαμβάνουν πακέτα λεπτών (TQFP), πολύ λεπτών (VQFP) και χαμηλού προφίλ (LQFP).



Το ATmega32U4 είναι σε πακέτο TQFP 44 ακίδων (11 σε κάθε πλευρά).

Εάν τρίψατε τα πόδια από ένα IC QFP, θα λάβετε κάτι που μπορεί να μοιάζει με ένα τετραπλό πακέτο χωρίς απαγωγές (QFN). Οι συνδέσεις στα πακέτα QFN είναι μικροσκοπικά, εκτεθειμένα μαξιλαράκια στις κάτω γωνιακές άκρες του IC. Μερικές φορές τυλίγονται και εκτίθενται τόσο στο πλάι όσο και στο κάτω μέρος, ενώ άλλες συσκευασίες εκθέτουν μόνο το επίθεμα στο κάτω μέρος του τσιπ.



Ο πολυτάλαντος αισθητήρας IMU MPU-6050 διατίθεται σε μια μικροσκοπική συσκευασία QFN, με 24 συνολικά ακίδες να κρύβονται στο κάτω άκρο του IC.

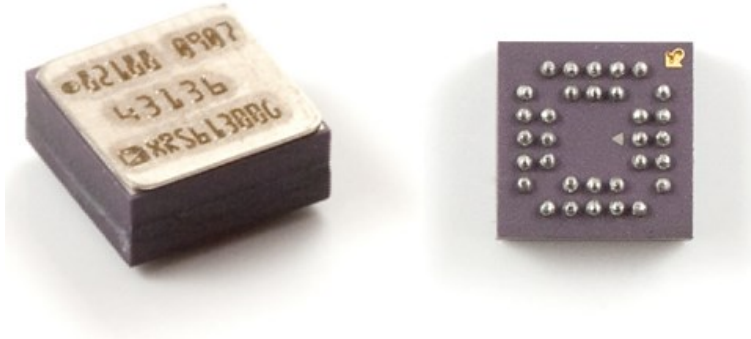
Τα πακέτα Thin (TQFN), very thin (VQFN) και micro-lead (MLF) είναι μικρότερες παραλλαγές του τυπικού πακέτου QFN. Υπάρχουν ακόμη και πακέτα dual no-lead (DFN) και thin-dual no-lead (TDFN), τα οποία έχουν καρφίτσες μόνο σε δύο από τις πλευρές.

Πολλοί μικροεπεξεργαστές, αισθητήρες και άλλα σύγχρονα IC διατίθενται σε πακέτα QFP ή QFN. Ο δημοφιλής μικροελεγκτής ATmega328 προσφέρεται τόσο σε πακέτο TQFP όσο

και σε μορφή τύπου QFN (MLF), ενώ ένα μικροσκοπικό επιταχυνσιόμετρο/γυροσκόπιο όπως το MPU-6050 διατίθεται σε μικρή μορφή QFN.

5.5 Συστοιχίες πλέγματος σφαιρών

Τέλος, για πραγματικά προηγμένα IC, υπάρχουν πακέτα συστοιχίας πλέγματος μπάλας (BGA). Αυτά είναι εκπληκτικά περίπλοκα μικρά πακέτα όπου μικρές μπάλες συγκόλλησης είναι διατεταγμένες σε ένα πλέγμα 2-D στο κάτω μέρος του IC. Μερικές φορές οι μπάλες συγκόλλησης συνδέονται απευθείας στο καλούπτι!



Συστοιχίες πλέγματος σφαιρών IC

Τα πακέτα BGA προορίζονται συνήθως για προηγμένους μικροεπεξεργαστές, όπως αυτοί του rcDuino ή του Raspberry Pi.

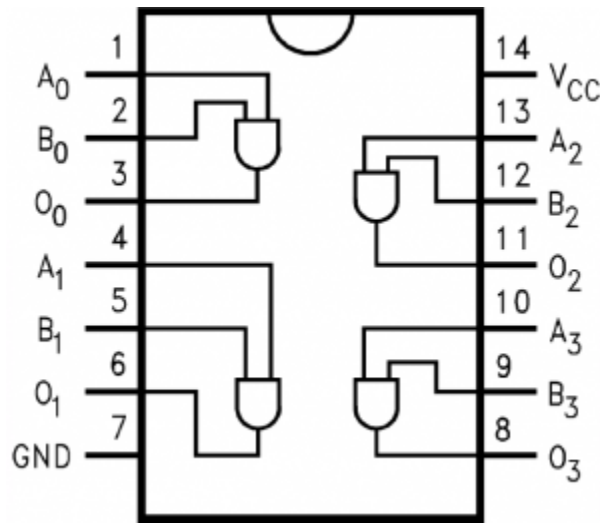
Εάν μπορείτε να συγκολλήσετε με το χέρι ένα IC με συσκευασία BGA, θεωρήστε τον εαυτό σας ειδικό συγκολλητή. Συνήθως, η τοποθέτηση αυτών των συσκευασιών σε ένα PCB απαιτεί μια αυτοματοποιημένη διαδικασία που περιλαμβάνει μηχανές συλλογής και τοποθέτησης και φούρνους επαναροής.

6 Κοινά ICs

Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα είναι διαδεδομένα με τόσες πολλές μορφές στα ηλεκτρονικά, που είναι δύσκολο να καλύψουμε τα πάντα. Εδώ είναι μερικά από τα πιο κοινά IC που μπορεί να συναντήσετε στα εκπαιδευτικά ηλεκτρονικά.

6.1 Λογικές πύλες, χρονοδιακόπτες, καταχωρητές μετατόπισης κ.λπ.

Οι λογικές πύλες, τα δομικά στοιχεία πολύ περισσότερων IC, μπορούν να συσκευαστούν στο ολοκληρωμένο κύκλωμά τους. Ορισμένα IC λογικών πυλών μπορεί να περιέχουν μια χούφτα πύλες σε ένα πακέτο, όπως αυτή η πύλη τετραπλής εισόδου AND:



Logic Gates μέσα σε ένα IC

Οι λογικές πύλες μπορούν να συνδεθούν μέσα σε ένα IC για να δημιουργήσουν χρονόμετρα, μετρητές, μάνδαλα, καταχωρητές μετατόπισης και άλλα βασικά λογικά κυκλώματα. Τα περισσότερα από αυτά τα απλά κυκλώματα μπορούν να βρεθούν σε πακέτα DIP, καθώς και σε SOIC και SSOP.

6.2 Μικροελεγκτές, μικροεπεξεργαστές, FPGA, κ.λπ.

Οι μικροελεγκτές, οι μικροεπεξεργαστές και τα FPGA, όλα συσκευάζουν χιλιάδες, εκατομμύρια, ακόμη και δισεκατομμύρια τρανζίστορ σε μικροσκοπικά τσιπ, είναι όλα ολοκληρωμένα κυκλώματα. Αυτά τα στοιχεία υπάρχουν σε ένα ευρύ φάσμα λειτουργικότητας, πολυπλοκότητας και μεγέθους από έναν μικροελεγκτή 8 bit όπως ο ATmega328 σε ένα Arduino, σε μια πολύπλοκη δραστηριότητα οργάνωσης μικροεπεξεργαστή πολλαπλών πυρήνων 64 bit στον υπολογιστή σας.

Αυτά τα εξαρτήματα είναι συνήθως το μεγαλύτερο IC σε ένα κύκλωμα. Απλοί μικροελεγκτές μπορούν να βρεθούν σε πακέτα που κυμαίνονται από DIP έως QFN/QFP, με τον αριθμό των ακίδων να κυμαίνεται μεταξύ οκτώ και εκατό. Καθώς αυτά τα συστατικά αυξάνονται σε πολυπλοκότητα, το πακέτο γίνεται εξίσου πολύπλοκο. Τα FPGA και οι σύνθετοι μικροεπεξεργαστές μπορούν να έχουν πάνω από χίλιες ακίδες και είναι διαθέσιμα μόνο σε προηγμένα πακέτα όπως QFN, LGA ή BGA.

6.3 Αισθητήρες

Οι σύγχρονοι ψηφιακοί αισθητήρες, όπως οι αισθητήρες θερμοκρασίας, τα επιταχυνσιόμετρα και τα γυροσκόπια, είναι όλοι συσκευασμένοι σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα.

Αυτά τα IC είναι συνήθως μικρότερα από τους μικροελεγκτές ή άλλα IC σε μια πλακέτα κυκλώματος, με πλήθος ακίδων στο εύρος τριών έως είκοσι. Ο IC αισθητήρας DIP γίνεται σπάνια, καθώς σύγχρονα εξαρτήματα βρίσκονται συνήθως σε πακέτα QFP, QFN, ακόμη και BGA.

7 Συμπέρασμα

Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα υπάρχουν σχεδόν σε κάθε κύκλωμα εκεί έξω. Τώρα που είστε εξοικειωμένοι με τα IC, γιατί να μην ελέγξετε μερικές από αυτήν τη σχετική ιδέα:

- **Βασικά στοιχεία PCB** - Τα IC πρέπει να συνδεθούν με κάποιο κύκλωμα. Συνήθως, κολλάμε ένα IC σε μια πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος (PCB). Ρίξτε μια ματιά σε αυτό το σεμινάριο για να μάθετε περισσότερα για αυτούς τους μικρούς πράσινους πίνακες.
- **Σειριακή επικοινωνία, σειριακή περιφερειακή διεπαφή (SPI) και I2C** - Και τα τρία αυτά είναι πρωτόκολλα επικοινωνίας που χρησιμοποιούν τα IC για να επικοινωνούν μεταξύ τους.