18 Ιανουαρίου 2015

Τρανζίστορ: δομικό στοιχείο του ψηφιακού κόσμου

/ Πεμπτουσία

Image not found or type unknown

Elektronikplatine

Image not found or type unknown

Ειδικότερα, ο ψηφιακός κόσμος, δεν είναι τίποτε άλλο από το σύνολο των εργαλείων που μας παρέχονται για να πραγματοποιήσουμε την ηλεκτρονική τεχνολογία με ψηφιακό τρόπο. Αποτελείται από ένα σύνολο τέτοιων εργαλείων, που είναι γνωστά ως: λογικές πύλες, λογικά κυκλώματα και συστήματα. Βασικό δομικό στοιχείο αυτών μέχρι σήμερα είναι η πιο σημαντική ηλεκτρονική διάταξη ημιαγωγών που είναι γνωστή ως «τρανζίστορ» (transistor, από τα αρχικά ακρωνύμια της φράσης transfer resistor).

Κάθε τρανζίστορ, δρα ως ένας πολύ γρήγορος διακόπτης, που μπορεί να δίνει δύο δυνατές καταστάσεις που αντιστοιχούν στα λογικά bit, 1 και 0: Ανοικτόςδιακόπτης = 0, Κλειστός διακόπτης = 1. Άρα μια συνδεσμολογία τέτοιων διακοπτών μπορεί να δώσει πολλούς τέτοιους συνδυασμούς των 0 και 1 καθώς και πράξεις μεταξύ τους δημιουργώντας έτσι τα λογικά κυκλώματα.

Τα τρανζίστορ χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα διπολικά τρανζίστορ επαφής (Bipolar Junction Transistor – BJT),και τα τρανζίστορ εκπομπής πεδίου (Field Effect Transistor – FET), τα οποία με την σειρά τους χωρίζονται σε άλλες υποκατηγορίες, με σημαντικότερη αυτών τα FET Μετάλλου-Οξειδίου-Ημιαγωγού (Metal-Oxide-Semiconductor FET – MOSFET). Τα τελευταία είναι τα βασικά δομικά στοιχεία των σύγχρονων Μικροεπεξεργαστών καθώς και των κυκλωμάτων μνήμης των προσωπικών υπολογιστών.

Τα διπολικά τρανζίστορ χρησιμοποιούνται κυρίως σε αναλογικά κυκλώματα και σε εξεζητημένα λογικά. Αποτελούνται από ημιαγωγούς n-τύπου και p-τύπου, ενωμένους μεταξύ τους σε δομή είτε npn είτε pnp και σε κάθε ημιαγωγό συνδέεται ένα μεταλλικό ηλεκτρόδιο, δημιουργώντας σε κάθε διάταξη τρανζίστορ τρεις διακριτές περιοχές που ονομάζονται Εκπομπός, Βάση και Συλλέκτης. Ηλεκτρικό

ρεύμα μπορεί να ρέει διαμέσου της διάταξης αυτής υπό συγκεκριμένες συνθήκες πόλωσης και ο έλεγχος της ροής του ρεύματος αυτού μας επιτρέπει να χρησιμοποιούμε το διπολικό τρανζίστορ είτε ως ενισχυτή είτε ως διακόπτη σε αναλογικά ή και ψηφιακά κυκλώματα.

Το πρώτο διπολικό τρανζίστορ κατασκευάστηκε στα Bell Telephone Laboratories των ΗΠΑ, το 1948 και οι εφευρέτες του, John Bardeen, Walter Brattain,William Shockley, πήραν το βραβείο Νόμπελ Φυσικής to 1956 για το επίτευγμά τους αυτό.

Τα MOSFET αποτελούνται από διαδοχικά στρώματα μετάλλου, οξειδίου και ημιαγωγού, από εκεί δε αντλούν και την ονομασία τους όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Δημιουργούνται σε ένα βασικό κομμάτι ημιαγωγού, συνήθως p-τύπου, που ονομάζεται υπόστρωμα και με χρήση μιας εξειδικευμένης τεχνικής δημιουργούνται δύο καθορισμένες περιοχές n-τύπου σε συγκεκριμένη απόσταση μεταξύ τους, ενώ επάνω από το διάκενο που σχηματίζουν εναποτίθεται ένα λεπτό στρώμα οξειδίου και στην συνέχεια, επάνω στις περιοχές n-τύπου και στο οξείδιο τοποθετούνται μεταλλικά ηλεκτρόδια δημιουργώντας τρεις ευδιάκριτες περιοχές που ονομάζονται Πηγή, Πύλη και Απαγωγός ή Υποδοχή.

Τα πιο συνηθισμένα συστατικά είναι για μεν τον ημιαγωγό το πυρίτιο (Si), για το οξείδιο το διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) και για το μέταλλο είτε το Αλουμίνιο (Al) είτε μια μορφή εκφυλισμένου πυριτίου που ονομάζεται πολυπυρίτιο (polysilicon). Ο χώρος μεταξύ της Πηγής και του Απαγωγού κάτω από το οξείδιο ονομάζεται κανάλι, και το μήκος του είναι χαρακτηριστικό μέγεθος που μετράται σε νανόμετρα (nm).

Ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να ρέει διαμέσου της καναλιού υπό συγκεκριμένες συνθήκες πόλωσης και ο έλεγχος της ροής του ρεύματος αυτού γίνεται ελέγχοντας την τάση που εφαρμόζεται στο ηλεκτρόδιο της πύλης. Αυτή η ιδιότητα του τρανζίστορ μας επιτρέπει να χρησιμοποιούμε το MOSFET είτε ως ενισχυτή σε αναλογικά είτε ως διακόπτη στα ψηφιακά κυκλώματα. Πρέπει να τονιστεί εδώ ότι το MOSFET είναι μια διάταξη της οποίας οι ιδιότητες συνδέονται άμεσα με τις γεωμετρικές διαστάσεις της και κυρίως με το μήκος του καναλιού (σύμβολο L). Είναι ακριβώς το μέγεθος αυτού του καναλιού που χαρακτηρίζει τις διαφορετικές γενιές τεχνολογίας των κυκλωμάτων που αποτελούνται από MOSFET. Το ρεύμα που ρέειστο MOSFET είναι μονοπολικό, δηλαδή οφείλεται είτε σε ροή οπών είτε σε ροή ηλεκτρονίων, και αντίστοιχα υπάρχουν τα PMOS και τα NMOS τρανζίστορ. Η σύγχρονη ηλεκτρονική τεχνολογία χρησιμοποιεί κυκλώματα που αποτελούνται από «ζεύγη» NMOS-PMOS, που δρουν συμπληρωματικά το ένα ως προς το άλλο και ονομάζονται CMOS (Complementary MOS). Η τεχνολογία CMOS είναι σήμερα η

βάση όλων των κυκλωμάτων της ψηφιακής λογικής.

Η βασική δομή ενός Διπολικού Τρανζίστορ Επαφής (BJT)και ενός Τρανζίστορ Επίδρασης πεδίου MOSFET παρουσιάζονται στο σχήμα 2. Επιπλέον, στο ίδιο σχήμα φαίνονται οι πραγματικές διαστάσεις αυτών, για την παρωχημένη τεχνολογία των 180 nm, από διατάξεις που «φωτογραφήθηκαν» το2003.

Ο τελευταίος Pentium 4 είναι κατασκευασμένος στην τεχνολογίατων 45 nm, δηλαδή το χαρακτηριστικό μέγεθος του MOSFET έχει μειωθεί στο ¼ μέσα σε 8 περίπου χρόνια! Επιπλέον, εκτός των τρανζίστορ, υπάρχουν και οι ηλεκτρονικές δίοδοι, οι οποίες είναι απλές επαφές n-τύπου/p-τύπου ημιαγωγών μαζί με τα μεταλλικά ηλεκτρόδια, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές (π.χ. σε κυκλώματα ανόρθωσης) καθώς και τα οπτοηλεκτρονικά στοιχεία. Τα τελευταία είναι διατάξεις ημιαγωγών που μπορούν να αλληλεπιδράσουν με το φως και να μας δώσουν είτε πομπούς φωτός (π.χ. laser ημιαγωγών, φωτοεκπέμπουσες δίοδοι – LED) είτε ανιχνευτές φωτός (π.χ. φωτοδίοδοι). Επίσης, μερικά από αυτά τα στοιχεία μπορούν να μετατρέψουν το φως σε ηλεκτρικό ρεύμα, μια ιδιότητα που χρησιμοποιούμε στην κατασκευή των Φωτοβολταϊκών Στοιχείων. Ο κλάδος της Ηλεκτρονικής που ασχολείται με την αλληλεπίδραση του φωτός με τους ονομάζεται «Οπτοηλεκτρονική».

Παρατήρηση: το παρόν άρθρο δημοσιεύεται σε συνεργασία με το περιοδικό Physics News (www.physicsnews.gr) – και την Ένωση Ελλήνων Φυσικών, αποτελεί δε τμήμα του αφιερώματος «Νανοηλεκτρονική: Ένα υπέροχο παρόν και ένα ακόμα πιο εκπληκτικό μέλλον» που συνέταξε ο αναπλ. καθηγητής του ΑΠΘ, Νίκος Κονοφάος.