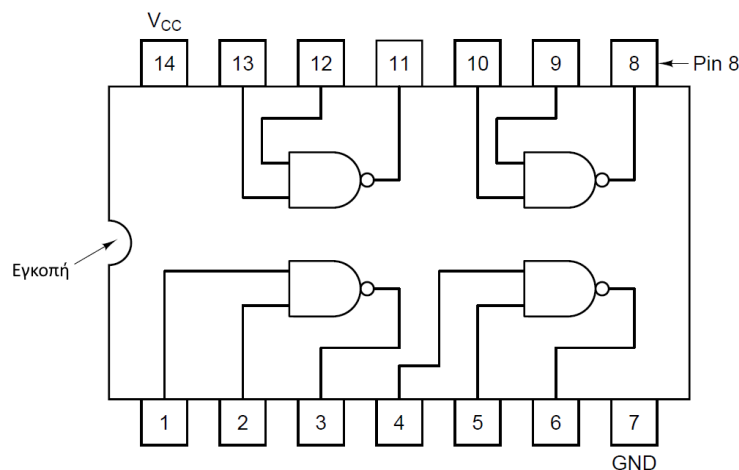


Μάθημα 11: Βασικά Λογικά Κυκλώματα - Μικροελεγκτές

11.1 Ολοκληρωμένα κυκλώματα

Οι λογικές πύλες δεν κατασκευάζονται ούτε πωλούνται μεμονωμένα αλλά σε μονάδες που λέγονται **ολοκληρωμένα κυκλώματα** (integrated circuits, IC) ή **τσιπ**. Ένα τσιπ είναι ένα τετράγωνο κομμάτι από πυρίτιο, με διαστάσεις περίπου 5 x 5 mm, πάνω στο οποίο είναι τοποθετημένες μερικές πύλες. Τα μικρά ολοκληρωμένα κυκλώματα είναι συνήθως συσκευασμένα σε ένα ορθογώνιο πλαστικό ή κεραμικό περίβλημα με πλάτος 5 έως 15 mm και μήκος 20 έως 50 mm. Κατά μήκος των πλευρών του υπάρχουν 2 παράλληλες σειρές ακροδεκτών με μήκος περίπου 5 mm οι οποίοι μπορούν να εισάγονται σε υποδοχές ή να προσκολλούνται σε κάρτες τυπωμένων κυκλωμάτων. Κάθε ακροδέκτης συνδέεται με την είσοδο ή την έξοδο κάποιας πύλης του τσιπ, με την τροφοδοσία ή με τη γείωση. Οι συσκευασίες που έχουν δύο σειρές ακροδεκτών εξωτερικά, και ολοκληρωμένα κυκλώματα στο εσωτερικό τους, λέγονται **DIP** (Dual Inline Package – διπλό εμβόλιμο πακέτο). Οι πιο συνηθισμένες συσκευασίες έχουν 14, 16, 18, 20, 22, 24, 28, 40, 64 και 68 ακροδέκτες. Για μεγάλα τσιπ χρησιμοποιούνται τετραγωνικές συσκευασίες με ακροδέκτες και στις τέσσερις πλευρές ή από κάτω.



Σχήμα 11.1: Ένα τσιπ SSI που περιέχει τέσσερις πύλες

Τα τσιπ μπορούν να υποδιαιρεθούν χονδρικά στις παρακάτω κατηγορίες, ανάλογα με τον αριθμό των πυλών που περιέχουν:

- Κύκλωμα SSI (Small Scale Integrated – ολοκλήρωση μικρής κλίμακας): 1 έως 10 πύλες
- Κύκλωμα MSI (Medium Scale Integrated – ολοκλήρωση μεσαίας κλίμακας): 10 έως 100 πύλες
- Κύκλωμα LSI (Large Scale Integrated – ολοκλήρωση μεγάλης κλίμακας): 100 έως 100.000 πύλες
- Κύκλωμα VLSI (Very Large Scale Integrated – ολοκλήρωση πολύ μεγάλης κλίμακας): >100.000 πύλες

Ένα τσιπ χρειάζεται τροφοδοσία (V_{cc}) και γείωση (GND) που είναι κοινές για όλες τις πύλες. Η συσκευασία έχει συνήθως μια εγκοπή κοντά στον ακροδέκτη 1 για τον προσδιορισμό του προσανατολισμού. Για να μην παραφορτώνονται τα διαγράμματα των κυκλωμάτων, κατά σύμβαση δεν απεικονίζονται ούτε η τροφοδοσία ούτε η γείωση. Το κόστος ενός τσιπ σαν και αυτό του Σχ. 11.1 είναι πάρα πολύ μικρό, περίπου λίγα λεπτά του ευρώ.

11.2 Συνδυαστικά κυκλώματα

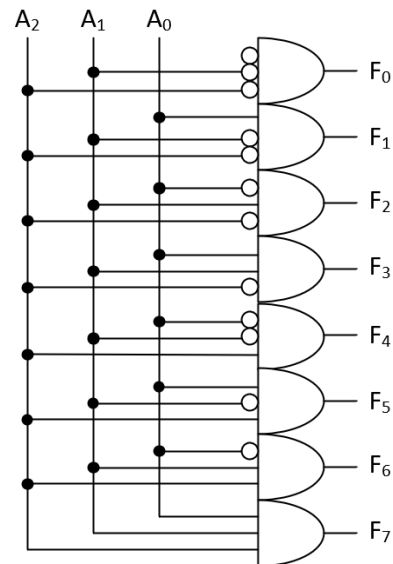
Πολλές εφαρμογές ψηφιακής λογικής απαιτούν ένα κύκλωμα με πολλές εισόδους και πολλές εξόδους, στο οποίο οι εξοδοι να καθορίζονται μονοσήμαντα από τις τρέχουσες εισόδους. Ένα τέτοιο κύκλωμα ονομάζεται **συνδυαστικό κύκλωμα** (combinational circuit). Ακολουθούν μερικά βασικά συνδυαστικά κυκλώματα που χρησιμοποιούνται ευρέως στην αρχιτεκτονική των υπολογιστών.

Αποκωδικοποιητής

Ένας αποκωδικοποιητής είναι ένα κύκλωμα (μονάδα) που έχει n γραμμές εισόδου και 2^n γραμμές εξόδου. Κάθε στιγμή μόνο μια από τις 2^n γραμμές εξόδου είναι ενεργή (έχει την τιμή "1"), ανάλογα με το συνδυασμό των τιμών εισόδου. Για παράδειγμα, στο Σχ. 11.2(α) φαίνεται το ο πίνακας αληθείας και στο Σχ. 11.2(β) το κύκλωμα ενός αποκωδικοποιητή 3-σε-8.

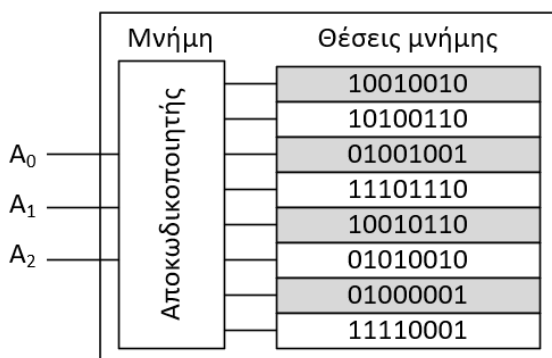
A ₂	A ₁	A ₀	F ₇	F ₆	F ₅	F ₄	F ₃	F ₂	F ₁	F ₀
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

(α)



(β)

Σχήμα 11.2: (α) Πίνακας αληθείας αποκωδικοποιητή 3 σε 8, (β) Κύκλωμα αποκωδικοποιητή 3 σε 8

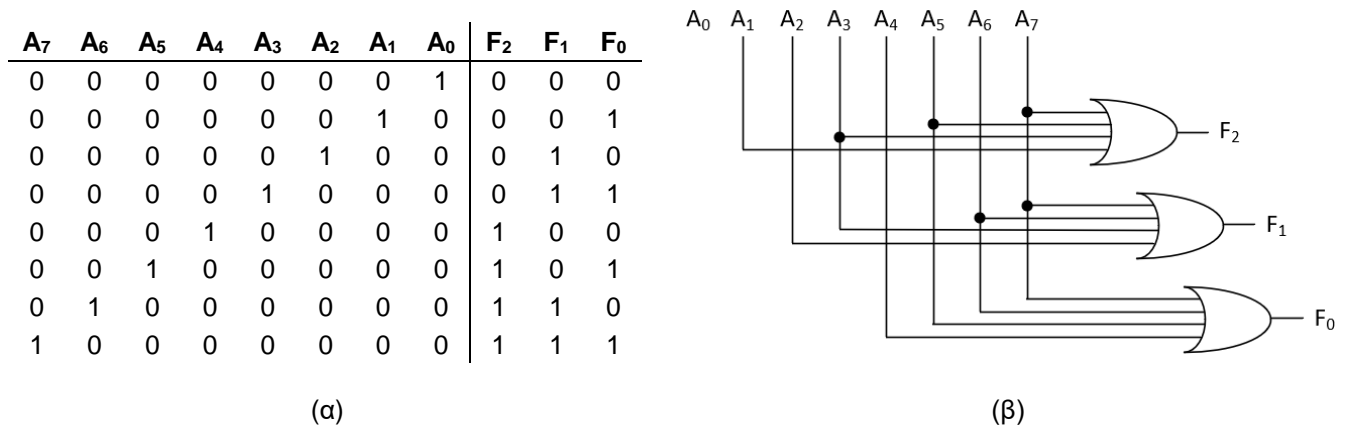


Σχήμα 11.3: Χρήση αποκωδικοποιητή σε μνήμη

Αποκωδικοποιητές χρησιμοποιούνται στην επιλογή μιας θέσης μνήμης. Όπως γνωρίζουμε, η μνήμη αποτελείται από θέσεις, κάθε μια από τις οποίες έχει μια διεύθυνση. Γνωρίζουμε ακόμη, ότι η επιλογή της θέσης μνήμης γίνεται μέσω του διαδρόμου διευθύνσεων. Αν ο διάδρομος διευθύνσεων αποτελείται από n αγωγούς (καλώδια), μπορεί να διευθυνσιοδοτήσει μέχρι 2^n θέσεις μνήμης. Η επιλογή της επιθυμητής θέσης μνήμης γίνεται μέσα στη μονάδα μνήμης, χρησιμοποιώντας έναν αποκωδικοποιητή, βλ. Σχ. 11.3.

Κωδικοποιητής

Ενός κωδικοποιητής είναι ένα λογικό κύκλωμα με 2^n εισόδους και n εξόδους. Για να λειτουργήσει ο κωδικοποιητής κάθε στιγμή μόνο μία από τις εισόδους μπορεί να είναι ενεργοποιημένη. Η λογική τιμή της εξόδου εξαρτάται από το συνδυασμό των εισόδων. Στο Σχ. 11.4(α) φαίνεται ο πίνακας αλήθειας ενός κωδικοποιητή 8-σε-3 και στο Σχ. 11.4(β) το αντίστοιχο κύκλωμά του.

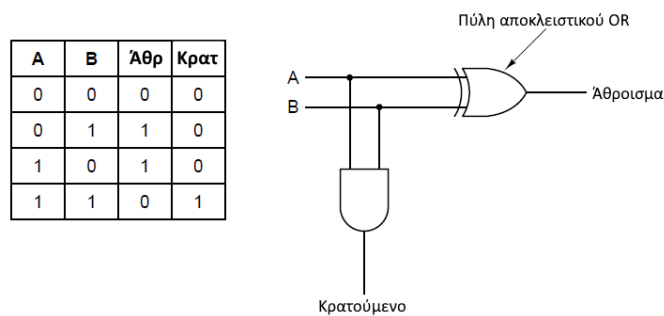


Σχήμα 11.4: (α) Πίνακας αληθείας κωδικοποιητή 8 σε 3, (β) Κύκλωμα κωδικοποιητή 8-σε-3

Αθροιστής

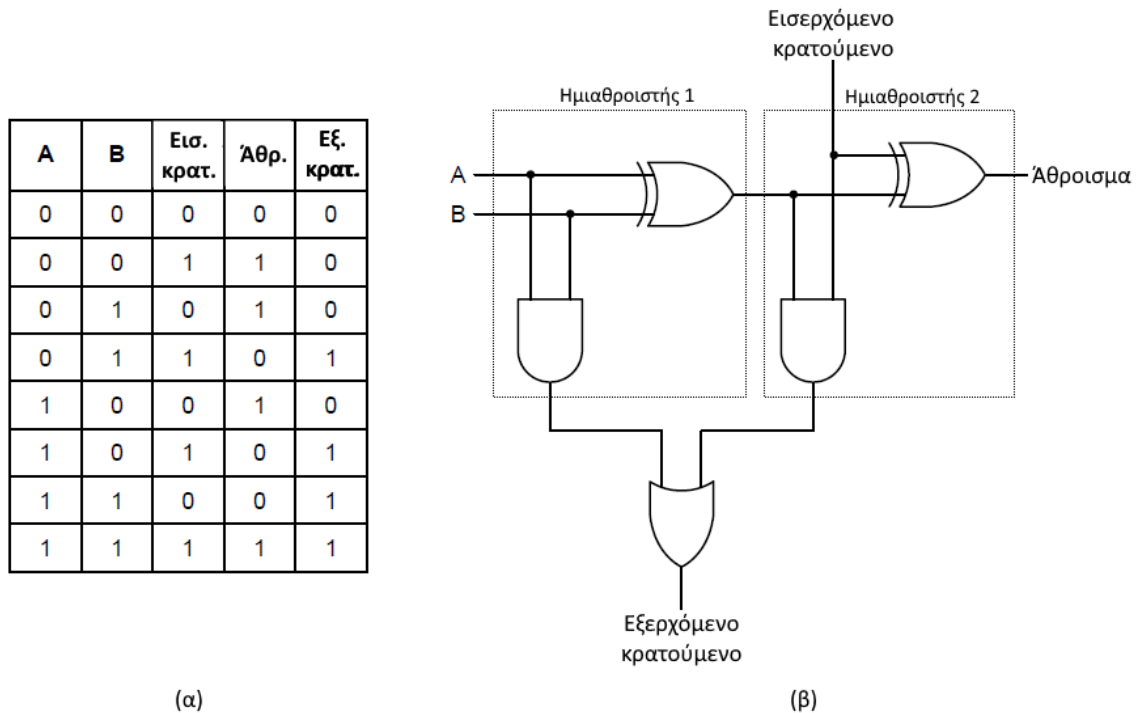
Η πιο βασική αριθμητική πράξη στο δυαδικό σύστημα αρίθμησης είναι η πρόσθεση δύο δυαδικών ψηφίων. Όπως γνωρίζουμε, για την πρόσθεση δύο δυαδικών ψηφίων υπάρχουν τέσσερις δυνατές περιπτώσεις: $0+0=0$, $0+1=1$, $1+0=1$, $1+1=10$. Οι τρεις πρώτες πράξεις δημιουργούν ένα άθροισμα που το μήκος του είναι ένα ψηφίο. Όταν και οι δύο προσθετέοι είναι 1, το δυαδικό άθροισμα αποτελείται από δύο ψηφία. Το πιο σημαντικό από αυτά τα δύο ψηφία ονομάζεται **κρατούμενο** (carry). Όταν οι δύο αριθμοί περιέχουν και άλλα δυαδικά ψηφία, το κρατούμενο που βγαίνει από την πρόσθεση δύο ψηφίων προστίθεται στο επόμενο μεγαλύτερης σημαντικότητας ζευγάρι δυαδικών ψηφίων.

Ένα συνδυαστικό κύκλωμα που εκτελεί την πρόσθεση δυο δυαδικών ψηφίων λέγεται **ημιαθροιστής** (half adder). Ένα συνδυαστικό κύκλωμα που εκτελεί την πρόσθεση τριών δυαδικών ψηφίων (δυο δυαδικών ψηφίων και ενός προηγούμενου κρατούμενου) λέγεται **πλήρης αθροιστής** (full adder). Το όνομα του ημιαθροιστή προέρχεται από το γεγονός ότι δυο ημιαθροιστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υλοποιηθούν έναν πλήρη αθροιστή. Ένας ημιαθροιστής έχει τον πίνακα αληθείας που φαίνεται στο Σχ.11.5(α) και υλοποιείται με το κύκλωμα του Σχ. 11.5(β).



Σχήμα 11.5: (α) Πίνακας αληθείας για πρόσθεση 1 bit, (β) Κύκλωμα ημιαθροιστή

Όπως αναφέραμε, ο πλήρης αθροιστής είναι ένα συνδυαστικό κύκλωμα που σχηματίζει το άθροισμα τριών δυαδικών ψηφίων εισόδου. Έχει τρεις εισόδους και δύο εξόδους. Οι δύο από τις μεταβλητές εισόδου παριστάνουν τα δύο ψηφία που προστίθενται. Η τρίτη είσοδος παριστάνει το κρατούμενο από τη λιγότερο σημαντική βαθμίδα. Ένας πλήρης αθροιστής έχει τον πίνακα αληθείας που φαίνεται στο Σχ.11.6(α) και υλοποιείται με το κύκλωμα του Σχ. 11.6(β).



Σχήμα 11.6: (α) Πίνακας αληθείας για πρόσθεση 1 bit, (β) Κύκλωμα ημιαθροιστή

11.3 Μικροελεγκτές

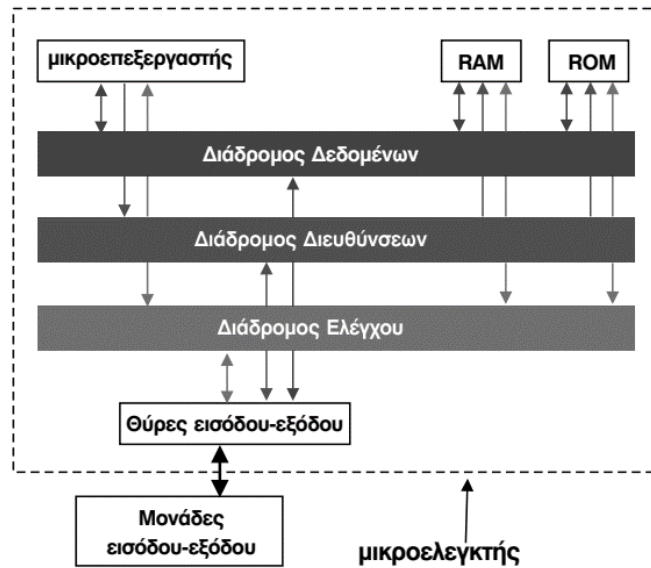
Ένα μικροϋπολογιστικό σύστημα αποτελείται από ένα μικροεπεξεργαστή, μνήμη και μονάδες εισόδου - εξόδου. Ένας μικροεπεξεργαστής μπορεί να εκτελεί υπολογισμούς και να επεξεργάζεται δεδομένα γρήγορα και αξιόπιστα και προκειμένου να επικοινωνήσει με το περιβάλλον του πρέπει να συνδεθεί με κάποιες περιφερειακές μονάδες, όπως:

- μνήμη (RAM και ROM).
- ελεγκτής διακοπών (προκειμένου να δεχτεί και να αναγνωρίσει τα σήματα διακοπών από περιφερειακές μονάδες)
- θύρες (ports) επικοινωνίας με τις μονάδες εισόδου-εξόδου

Ακόμη, ένα μικροϋπολογιστικό σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελέγξει ένα σύστημα (πχ. εργοστασιακό συγκρότημα, βιομηχανικό αυτοματισμό κλπ.). Στην περίπτωση αυτή, πρέπει να δεχτεί αναλογικά σήματα (τιμές θερμοκρασίας, πίεσης κ.ο.κ.). Προκειμένου να αξιοποιήσει ένας μικροεπεξεργαστής τα σήματα αυτά πρέπει να παρεμβληθούν εξαρτήματα τα οποία να μπορούν να μετατρέψουν τις τιμές των σημάτων αυτών από αναλογικές σε ακολουθίες δυαδικών ψηφίων τις οποίες μπορεί να επεξεργαστεί ο μικροεπεξεργαστής. Οι συσκευές αυτές ονομάζονται **αναλογικό-ψηφιακοί μετατροπείς** (Analog-to-Digital Converters, A/D).

Έτσι, η σχεδίαση ενός μικροϋπολογιστικού συστήματος περιλαμβάνει, εκτός από το ολοκληρωμένο κύκλωμα του μικροεπεξεργαστή) και τις περιφερειακές συσκευές, η σύνδεση και ο συγχρονισμός των οποίων καθιστά πολύπλοκη τη σχεδίαση του ολοκληρωμένου συστήματος. Μια λύση στο πρόβλημα θα ήταν να υπήρχε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα το οποίο να περιλαμβάνει κάποιες από τις απαραίτητες περιφερειακές συσκευές.

Ένα τέτοιο κύκλωμα ονομάζεται **μικροελεγκτής** (microcontroller) και είναι ένα προγραμματιζόμενο ολοκληρωμένο το οποίο διαθέτει επεξεργαστή, μνήμη, διάφορα περιφερειακά κυκλώματα καθώς επίσης και θύρες εισόδου/εξόδου για την επικοινωνία με εξωτερικές συσκευές. Το σχηματικό του διάγραμμα απεικονίζεται στο Σχ. 11.7.



Σχήμα 11.7: Σχέση μικροεπεξεργαστή και μικροελεγκτή

Ένας μικροελεγκτής θα μπορούσε να παρομοιαστεί με έναν μικροϋπολογιστή. Όπως ακριβώς ένας μικροϋπολογιστής έχει επεξεργαστή, μνήμη, περιφερειακές συσκευές και εκτελεί προγράμματα έτσι κι ένας μικροελεγκτής διαθέτει τα παραπάνω χαρακτηριστικά και μάλιστα ενσωματωμένα όλα σε ένα μόνο τσιπ. Το πρόγραμμα που εκτελεί ο μικροελεγκτής αποθηκεύεται μόνιμα στη μνήμη προγράμματος και είναι συνήθως γραμμένο είτε σε συμβολική γλώσσα (assembly) είτε, όταν πρόκειται για νεότερους μικροελεγκτές, σε γλώσσα C.

Οι μικροελεγκτές είναι κατάλληλοι για εφαρμογές στις οποίες υπάρχει αυξημένη ανάγκη για χρήση περιφερειακών συσκευών. Πολλές φορές, το κριτήριο επιλογής ενός μικροελεγκτή είναι το είδος και οι δυνατότητες των περιφερειακών που διαθέτει. Οι πιο γνωστές από τις περιφερειακές μονάδες που χρειάζονται για να λειτουργήσει ένα μικροϋπολογιστικό σύστημα (και οι οποίες περιλαμβάνονται στο ολοκληρωμένο κύκλωμα ενός μικροελεγκτή) είναι οι εξής:

- μνήμη (RAM και ROM)
- θύρες εισόδου / εξόδου. καθώς και θύρες σειριακής και παράλληλης επικοινωνίας
- μονάδα αναγνώρισης διακοπών
- μετατροπείς αναλογικού σήματος σε ψηφιακό και αντίστροφα
- μετρητές χρόνου-χρονιστές (timers)