
Προγραμματιζόμενοι Ελεγκτές και Συστήματα Εποπτικού Ελέγχου

Βασικές έννοιες ψηφιακών συστημάτων



Αριθμητικά συστήματα

Δεκαδικός	Δυαδικός	Οκταδικός	Δεκαεξαδικός
0	00000	00	00
1	00001	01	01
2	00010	02	02
3	00011	03	03
4	00100	04	04
5	00101	05	05
6	00110	06	06
7	00111	07	07
8	01000	10	08
9	01001	11	09
10	01010	12	0A
11	01011	13	0B
12	01100	14	0C
13	01101	15	0D
14	01110	16	0E
15	01111	17	0F
16	10000	20	10
17	10001	21	11
18	10010	22	12
19	10011	23	13
	10100	24	14

Τα αριθμητικά συστήματα που χρησιμοποιούνται είναι διάφορα. Χαρακτηρίζονται από τη βάση τους και τα συνήθη που συναντούμε στις ψηφιακές τεχνολογίες είναι εκτός από το συνηθισμένο δεκαδικό σύστημα (10), το δυαδικό (2), οκταδικό (8) και δεκαεξαδικό (16). Σε κάθε μια από τις περιπτώσεις αλλάζει η βάση αρίθμησης

Αριθμητικά συστήματα

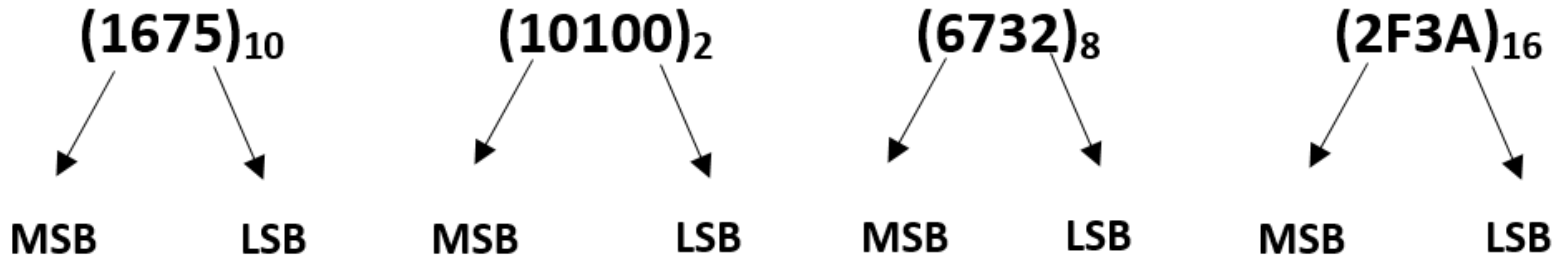
Σε όλους τους αριθμούς που αναπαρίστανται σε κάθε σύστημα αρίθμησης το δεξιότερο ψηφίο είναι το λιγότερο σημαντικό (LSB) και το αριστερότερο το περισσότερο σημαντικό (MSB). Οι αριθμοί συνοδεύονται από χαρακτηρισμό σε παρένθεση με ένδειξη τη βάση αρίθμησης όπως φαίνεται παρακάτω.

Ο αριθμός 1675 σε δεκαδικό σύστημα αναφέρεται $(1675)_{10}$

Ο αριθμός 10100 σε δυαδικό σύστημα αναφέρεται $(10100)_2$

Ο αριθμός 6732 σε οκταδικό σύστημα αναφέρεται $(6732)_8$

Ο αριθμός 2F3A σε δεκαεξαδικό σύστημα αναφέρεται $(2F3A)_{16}$



Δεκαδικό σύστημα

Το δεκαδικό σύστημα, που είναι πιο συνηθισμένο και έχει ως βάση 10. Η ρίζα ή η βάση ενός αριθμητικού συστήματος καθορίζει το συνολικό αριθμό διαφορετικών συμβόλων ή ψηφίων που χρησιμοποιεί το συγκεκριμένο σύστημα. Για παράδειγμα, στο δεκαδικό σύστημα, χρησιμοποιούνται 10 μοναδικοί αριθμοί ή ψηφία, δηλ. τα ψηφία 0 έως 9. Η τιμή ενός δεκαδικού αριθμού εξαρτάται από τα ψηφία που αποτελούν τον αριθμό και την τιμή θέσης κάθε ψηφίου. Σε κάθε θέση εκχωρείται μια τιμή θέσης (βάρους) που θα κρατούσε ένα ψηφίο από δεξιά προς τα αριστερά. Στο δεκαδικό σύστημα, η πρώτη θέση, ξεκινώντας από τη δεξιά θέση, έχει βάρος 0 και η σταθμισμένη τιμή της θέσης είναι 10^0 . Το δεύτερο έχει βάρος 1 η σταθμισμένη τιμή της θέσης είναι 10^1 , το τρίτο έχει βάρος 2 η σταθμισμένη τιμή της θέσης είναι 10^2 και ούτω καθεξής μέχρι την τελευταία θέση. Έτσι η σταθμισμένη τιμή κάθε θέσης εκφράζεται με βάση το 10 (επειδή έχουμε δεκαδικό σύστημα) που αυξάνεται στη δύναμη της θέσης. Για το δεκαδικό σύστημα τότε, τα βάρη θέσης είναι 1, 10, 100, 1000, και ούτω καθεξής. Η παρακάτω έκφραση παρουσιάζει τον τρόπο που μπορεί να υπολογιστεί ένας αριθμός στο δεκαδικό σύστημα (1).

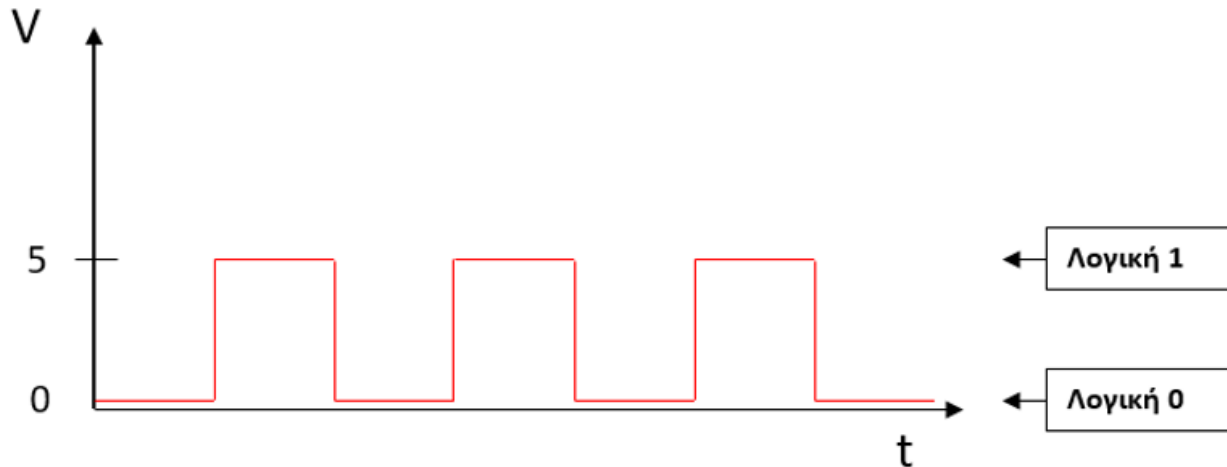
$$(d_{n-1} \dots d_1 d_0)_{10} = (d_{n-1} \times 10^{n-1}) + \dots + (d_1 \times 10^1) + (d_0 \times 10^0) \quad (1)$$

όπου $d_i = \{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9\} = \{0..9\}$

Σταθμισμένη τιμή	100000	10000	1000	100	10	1
Βάρος θέσης	10^5	10^4	10^3	10^2	10^1	10^0
Αριθμός (0...9)	6	1	2	3	4	5
	6 X 100.000	1 X 10.000	2 X 1.000	3 X 100	4 X 10	5 X 1
	600.000	10.000	2.000	300	40	5
	600.000 + 10.000 + 2.000 + 300 + 40 + 5 = 612345					

Διαδικό σύστημα

Το δυαδικό σύστημα χρησιμοποιεί τον αριθμό 2 ως βάση. Τα μόνα επιτρεπόμενα ψηφία είναι 0 και 1. Με τη βοήθεια των ψηφιακών κυκλωμάτων είναι εύκολο να γίνει διάκριση μεταξύ δύο επιπέδων τάσης (5 V και 0 V), τα οποία μπορεί να σχετίζονται με τα δυαδικά ψηφία 1 και 0. Επομένως, το δυαδικό σύστημα μπορεί να εφαρμοστεί πολύ εύκολα σε Ηλεκτρονικούς υπολογιστές, ψηφιακά συστήματα και PLC.



Δυαδικό σύστημα

Δεδομένου ότι το δυαδικό σύστημα χρησιμοποιεί μόνο δύο ψηφία, κάθε θέση ενός δυαδικού αριθμού μπορεί να υποστεί μόνο δύο αλλαγές και να πάρει την τιμή 0 ή 1. Το δεκαδικό ισοδύναμο ενός δυαδικού αριθμού μπορεί να προσδιοριστεί με τρόπο παρόμοιο με αυτόν που χρησιμοποιείται για έναν δεκαδικό αριθμό. Αυτή τη φορά οι σταθμισμένες τιμές των θέσεων είναι 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 κ.ο.κ. που προκύπτει από το βάρος της κάθε θέσης. Η βάση στην περίπτωση αυτή είναι το 2 και υψώνεται στη δύναμη που προσδιορίζεται από το βάρος του κάθε ψηφίου. Έτσι η πρώτη θέση, ξεκινώντας από τη δεξιά θέση, έχει βάρος 0 και η σταθμισμένη τιμή της θέσης είναι 2^0 . Το δεύτερο έχει βάρος 1 η σταθμισμένη τιμή της θέσης είναι 2^1 , το τρίτο έχει βάρος 2 η σταθμισμένη τιμή της θέσης είναι 2^2 και ούτω καθεξής μέχρι την τελευταία θέση. Έτσι η σταθμισμένη τιμή κάθε θέσης εκφράζεται με βάση το 2 (επειδή έχουμε δυαδικό σύστημα) που αυξάνεται στη δύναμη της θέσης. Η παρακάτω έκφραση παρουσιάζει τον τρόπο που μπορεί να υπολογιστεί ένας αριθμός στο δυαδικό σύστημα (2).

$$(d_{n-1} \dots d_1 d_0)_{10} = (d_{n-1} \times 2^{n-1}) + \dots + (d_1 \times 2^1) + (d_0 \times 2^0) \quad (2)$$

όπου $d_i = \{0,1\}$

Σταθμισμένη τιμή	32	16	8	4	2	1
Βάρος θέσης	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
Αριθμός (0,1)	1	1	0	0	1	1
	1×32	1×16	0×8	0×4	1×2	1×1
	32	16	0	0	2	1
$(110011)_2$	$32 + 16 + 0 + 0 + 2 + 1 = (51)_{10}$					

Οκταδικό σύστημα

Το δεκαδικό ισοδύναμο ενός οκταδικού αριθμού μπορεί να προσδιοριστεί με τρόπο παρόμοιο με αυτόν που χρησιμοποιείται για έναν δεκαδικό αριθμό. Αυτή τη φορά οι σταθμισμένες τιμές των θέσεων είναι 1, 8, 64, 512 κ.ο.κ. που προκύπτει από το βάρος της κάθε θέσης. Η βάση στην περίπτωση αυτή είναι το 8 και υψώνεται στη δύναμη που προσδιορίζεται από το βάρος του κάθε ψηφίου. Έτσι η πρώτη θέση, ξεκινώντας από τη δεξιά θέση, έχει βάρος 0 και η σταθμισμένη τιμή της θέσης είναι 8^0 . Το δεύτερο έχει βάρος 1 η σταθμισμένη τιμή της θέσης είναι 8^1 , το τρίτο έχει βάρος 2 η σταθμισμένη τιμή της θέσης είναι 8^2 και ούτω καθεξής μέχρι την τελευταία θέση. Έτσι η σταθμισμένη τιμή κάθε θέσης εκφράζεται με βάση το 8 (επειδή έχουμε οκταδικό σύστημα) που αυξάνεται στη δύναμη της θέσης. Η παρακάτω έκφραση παρουσιάζει τον τρόπο που μπορεί να υπολογιστεί ένας αριθμός στο οκταδικό σύστημα (3).

$$(d_{n-1} \dots d_1 d_0)_{10} = (d_{n-1} \times 8^{n-1}) + \dots + (d_1 \times 8^1) + (d_0 \times 8^0) \quad (3)$$

όπου $d_i = \{0,1,2,3,4,5,6,7\} = \{0..7\}$

Σταθμισμένη τιμή	32768	4096	512	64	8	1
Βάρος θέσης	8^5	8^4	8^3	8^2	8^1	8^0
Αριθμός (0 ... 7)	1	0	0	4	6	7
	1×32.768	0×4.096	0×512	4×64	6×8	7×1
	32.768	0	0	256	48	7
$(100467)_8$	$32.768 + 0 + 0 + 256 + 48 + 7 = (33079)_{10}$					

Δεκαεξαδικό σύστημα

Το δεκαδικό ισοδύναμο ενός δεκαεξαδικού αριθμού μπορεί να προσδιοριστεί με τρόπο παρόμοιο με αυτόν που χρησιμοποιείται για έναν δεκαδικό αριθμό. Αυτή τη φορά οι σταθμισμένες τιμές των θέσεων είναι 1, 16, 256, 4096 κ.ο.κ. που προκύπτει από το βάρος της κάθε θέσης. Η βάση στην περίπτωση αυτή είναι το 16 και υψώνεται στη δύναμη που προσδιορίζεται από το βάρος του κάθε ψηφίου. Έτσι η πρώτη θέση, ξεκινώντας από τη δεξιά θέση, έχει βάρος 0 και η σταθμισμένη τιμή της θέσης είναι 16^0 . Το δεύτερο έχει βάρος 1 η σταθμισμένη τιμή της θέσης είναι 16^1 , το τρίτο έχει βάρος 2 η σταθμισμένη τιμή της θέσης είναι 16^2 και ούτω καθεξής μέχρι την τελευταία θέση. Έτσι η σταθμισμένη τιμή κάθε θέσης εκφράζεται με βάση το 16 (επειδή έχουμε δεκαεξαδικό σύστημα) που αυξάνεται στη δύναμη της θέσης. Η παρακάτω έκφραση παρουσιάζει τον τρόπο που μπορεί να υπολογιστεί ένας αριθμός στο δεκαεξαδικό σύστημα (4).

$$(d_{n-1} \dots d_1 d_0)_{16} = (d_{n-1} \times 16^{n-1}) + \dots + (d_1 \times 16^1) + (d_0 \times 16^0) \quad (4)$$

όπου $d_i = \{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F\} = \{0..F\}$

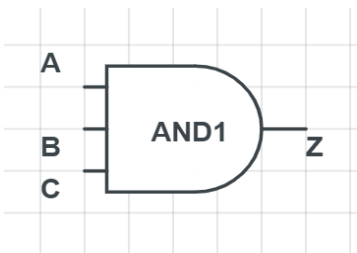
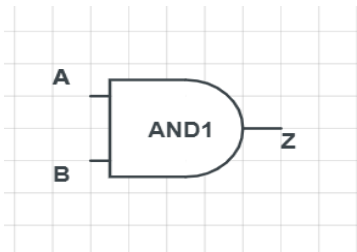
Σταθμισμένη τιμή	65.536	4.096	256	16	1
Βάρος θέσης	16^4	16^3	16^2	16^1	16^0
Αριθμός (0 ... F)	1	0	A	8	D
	1×65.536	0×4.096	10×256	8×16	13×1
	65.536	0	2.560	128	13
$(10A8D)_{16}$	$65.536 + 0 + 2.560 + 128 + 13 = (68.352)_{10}$				

Δυαδική λογική

Οι λειτουργίες στα ψηφιακά συστήματα βασίζονται σε τρεις βασικές λογικές πράξεις. Τις AND, OR και NOT. Κάθε μια έχει συγκεκριμένους κανόνες λειτουργίας και ανάλογα με το είδος καθορίζεται το αποτέλεσμα στην έξοδο με βάση τις εισόδους. Κάθε λογική πύλη έχει ένα πλήθος εισόδων και ανάλογα με τη λειτουργία της δίνει και το αντίστοιχο αποτέλεσμα στην έξοδο. Οι είσοδοι συνήθως απαριθμούνται με τη βοήθεια γραμμάτων και οι έξοδοι συμβολίζονται με ένα Z. Τα αλγεβρικά σύμβολα που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση των λογικών συναρτήσεων είναι: συν (+) για τη λογική OR, τελεία (·) για τη λογική ΚΑΙ, συν σε κύκλο \oplus για τη λογική XOR και μια υπερβολική γραμμή (¯) για τη λογική ΟΧΙ, δηλώνοντας αντιστροφή.

Λογική AND

Η λογική AND αντιστοιχεί με το ΚΑΙ στα Ελληνικά και ερμηνεύεται σαν τη σε σειρά εκτέλεση διεργασιών. Στην περίπτωση της πύλης εισόδου AND, η έξοδος είναι 1 εάν και μόνο εάν όλες οι εισοδοι είναι 1. Διαφορετικά, η έξοδος είναι 0. Το σύμβολο που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση της λογικής συνάρτησης AND είναι το (\cdot)



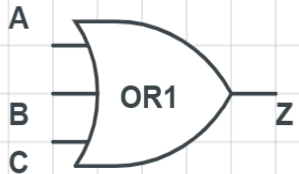
A	B	Z	A	B	C	Z
0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0
1	0	0	0	1	0	0
1	1	1	0	1	1	0
			1	0	0	0
			1	0	1	0
			1	1	0	0
			1	1	1	1

$$Z = A \cdot B$$

$$Z = A \cdot B \cdot C$$

Λογική OR

Η λογική OR αντιστοιχεί με το Η στα Ελληνικά και ερμηνεύεται σαν τη σε παράλληλη εκτέλεση διεργασιών. Στην περίπτωση της πύλης OR, η έξοδος είναι 0 αν και μόνο εάν όλες οι εισοδοι είναι 0. Διαφορετικά η έξοδος είναι 1 εάν έστω και μία εισοδος είναι 1. Διαφορετικά, η έξοδος είναι 0. Το σύμβολο που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση της λογικής συνάρτησης OR είναι το (+)



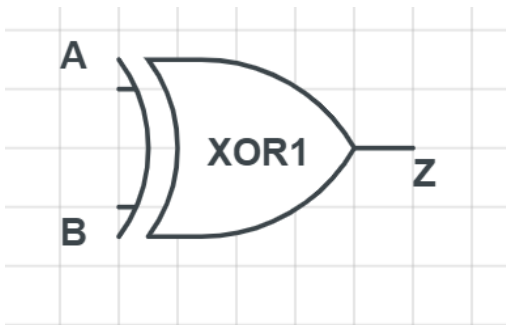
A	B	Z		A	B	C	Z
0	0	0		0	0	0	0
0	1	1		0	0	1	1
1	0	1		0	1	0	1
1	1	1		0	1	1	1
				1	0	0	1
				1	0	1	1
				1	1	0	1
				1	1	1	1

$$Z = A + B$$

$$Z = A + B + C$$

Λογική XOR

Στην περίπτωση της πύλης XOR, η έξοδος είναι 0 εάν όλες οι εισοδοι είναι 0 ή εάν όλες οι εισοδοι είναι 1. Αλλιώς, είναι 1. Το σύμβολο που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση της λογικής συνάρτησης XOR είναι το (\oplus)

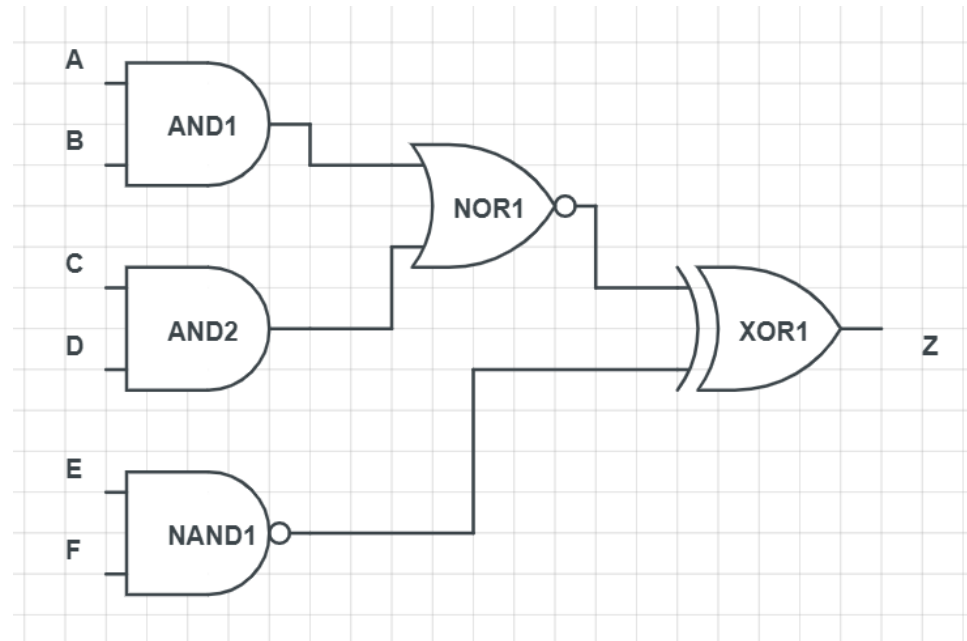


A	B	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$Z = A \oplus B = A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B$$

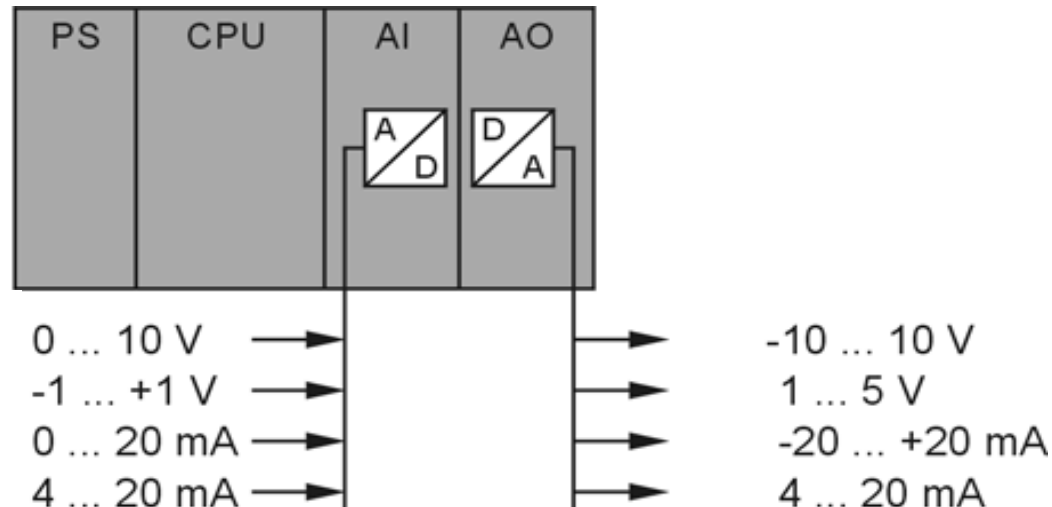
Συνδυασμός λογικών πυλών

Όλες οι πύλες χρησιμοποιούνται συνδυαστικά μεταξύ τους για να υλοποιήσουν διάφορα λογικά κυκλώματα.



Μετατροπές αναλογικών σε ψηφιακά

Οι ελεγκτές μπορούν να καταγράφουν ή να εξάγουν αναλογικά ηλεκτρικά σήματα με τις αναλογικές μονάδες εισόδου και εξόδου τους. Ωστόσο, η πραγματική επεξεργασία πληροφοριών εντός της CPU πραγματοποιείται ψηφιακά. Οι αναλογικές μονάδες εισόδου μετατρέπουν τα αναλογικά σήματα διεργασίας σε ψηφιακά αντιπροσωπευόμενες αριθμητικές τιμές και οι μονάδες αναλογικής εξόδου εκτελούν την αντίστροφη διαδικασία. Πρέπει να ληφθούν υπόψη οι τύποι μέτρησης και το εύρος των αναλογικών μονάδων.



Μετατροπές αναλογικών σε ψηφιακά

Τα σήματα είναι φορείς πληροφοριών (δεδομένων). Σημαντικά φυσικά μεγέθη όπως η πίεση, η θερμοκρασία, η ροή, τα επίπεδα πλήρωσης, οι ταχύτητες, οι θέσεις κ.λπ. πρέπει πρώτα να μετατραπούν σε ηλεκτρικά σήματα προτού μπορέσουν να υποστούν επεξεργασία σε συστήματα αυτοματισμού.

Οι μετρούμενες ποσότητες των φυσικών μεγεθών μετατρέπονται σε τιμές τάσης ή ρεύματος, ανάλογα με τον τύπο του πομπού σήματος που χρησιμοποιείται, σε αναλογικά σήματα συνεχούς τιμής ή σε ψηφιακά σήματα 2 τιμών (δυαδικά σήματα 0-1).

Η αναγνώριση ενός σήματος εισόδου ως αναλογικού σήματος σημαίνει ότι η παράμετρος σήματος που περιέχει τις πληροφορίες μπορεί να λάβει οποιαδήποτε τιμή εντός του εύρους εργασίας, π.χ. ως τιμή στην περιοχή $\pm 500 \text{ mV}$ ή $\pm 1 \text{ V}$ ή $\pm 10 \text{ V}$, τιμή ρεύματος I στην περιοχή $\pm 20 \text{ mA}$ ή $4 \dots 20 \text{ mA}$.

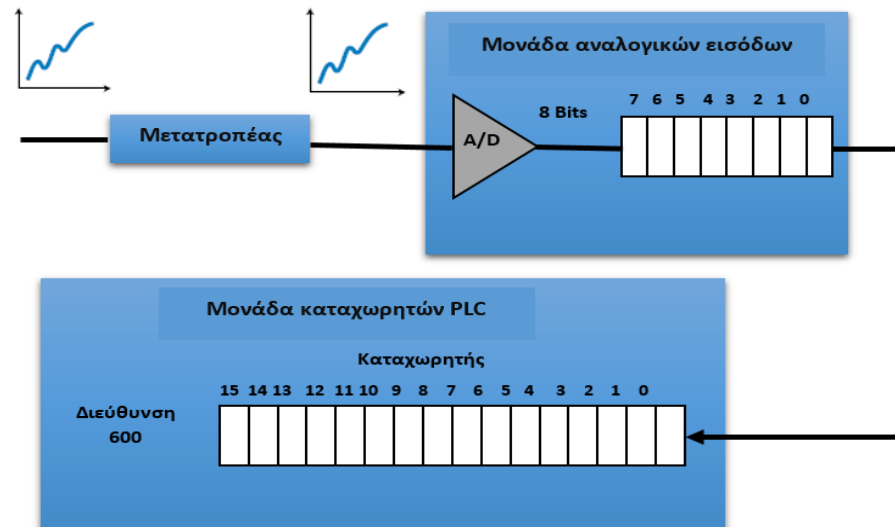
Μετατροπές αναλογικών σε ψηφιακά

Οι αναλογικές μονάδες εισόδου ψηφιοποιούν αναλογικά σήματα εισόδου, φέρνοντας έτσι αναλογικές πληροφορίες με ψηφιακή μορφή στο PLC. Οι μονάδες αποθηκεύουν αυτές τις πληροφορίες πολλαπλών διακριτών ψηφίων σε τοποθεσίες καταχώρισης μέσα στο PLC. Οι αναλογικές πληροφορίες που χρησιμοποιούνται με μονάδες αναλογικής εισόδου είναι παρόμοιες, αν όχι ίδιες με αυτές που χρησιμοποιούνται με διακριτές εισόδους πολλαπλών ψηφίων. Η μόνη διαφορά μεταξύ τους είναι ότι οι αναλογικές πληροφορίες πολλαπλών ψηφίων είναι αποτέλεσμα ψηφιακού μετασχηματισμού του αναλογικού σήματος, ενώ οι διακριτές πληροφορίες πολλαπλών ψηφίων είναι αποτέλεσμα πολλαπλών ψηφίων (ή ξεχωριστών σημάτων) που συνδέονται μεταξύ τους και προέρχονται απευθείας από ψηφιακή μορφή σήματος.



Μετατροπές αναλογικών σε ψηφιακά


Παρακάτω απεικονίζεται η αλληλουχία γεγονότων που συμβαίνουν κατά την ανάγνωση ενός αναλογικού σήματος εισόδου. Η μονάδα μετατρέπει το αναλογικό σήμα, μέσω ενός μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακό (A/D), σε 12 bits ψηφιακής πληροφορίας που θα αποθηκευτούν στον καταχωρητή 600 μετά την εκτέλεση της εντολής. Αφού το PLC διαβάσει αυτές τις πληροφορίες, το πρόγραμμα ελέγχου μπορεί να χρησιμοποιήσει τη διεύθυνση καταχωρητή για συγκρίσεις, αριθμητικούς υπολογισμούς κλπ. Η αναλογική τιμή που αποθηκεύεται στη διεύθυνση μνήμης θα είναι είτε σε BCD είτε σε δυαδική μορφή.



Μετατροπές αναλογικών σε ψηφιακά

Για τον έλεγχο και την επεξεργασία των δεδομένων ενός αναλογικού αισθητήρα απαιτείται η μετατροπή του παραγόμενου σήματος σε ψηφιακό μέσω ενός αναλογικού-ψηφιακού μετατροπέα (ADC - Analog to Digital Converter). Η μετατροπή απαιτεί, συνήθως, κάποιου είδους προσαρμογή του σήματος (signal conditioning) η οποία περιλαμβάνει το φιλτράρισμα του σήματος για να απομακρυνθεί τυχάιος θόρυβος αλλά και την μετατροπή του από μια μορφή σε κάποια άλλη, π.χ. από σήμα έντασης ρεύματος σε σήμα τάσης. Συχνά, απαιτείται επίσης, η ενίσχυση της ισχύος του σήματος μέσω ενός ενισχυτή (amplifier), έτσι ώστε να εμπίπτει στο εύρος λειτουργίας του αναλογικού-ψηφιακού μετατροπέα.

Η μετατροπή επιτελείται σε τρεις διαδοχικές φάσεις: τη δειγματοληψία, την ποσοτικοποίηση και την κωδικοποίηση. Κατά τη δειγματοληψία (sampling) μια συνεχής σειρά αναλογικού σήματος μετατρέπεται σε μια σειρά διακριτών τιμών με περιοδικό χαρακτήρα. Στην ποσοτικοποίηση (quantization), αποδίδεται η κατάλληλη τιμή σε κάθε ένα από τα διακριτά αναλογικά σήματα. Η τιμή προέρχεται από το σύνολο διακριτών τιμών που μπορεί να αποδώσει ο μετατροπέας. Τέλος, στη φάση της κωδικοποίησης (encoding), η διακριτή τιμή του αναλογικού σήματος μετατρέπεται σε δυαδική μορφή.



Μετατροπές ψηφιακών σε αναλογικά

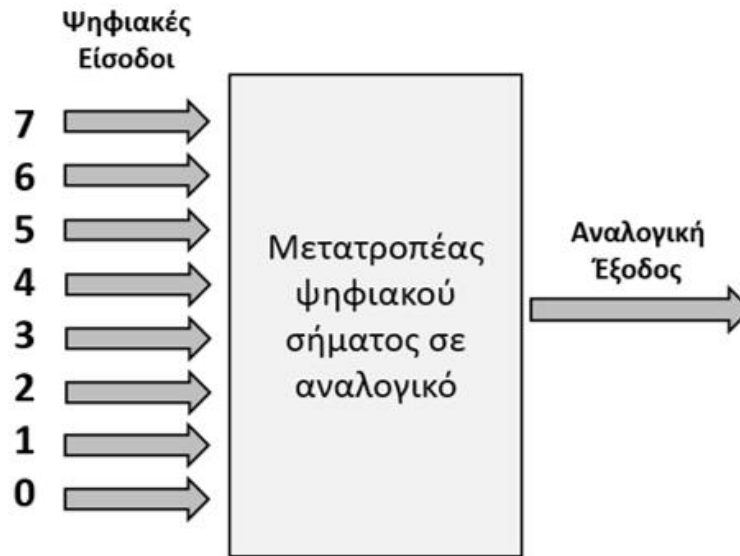
Ένας ψηφιακός-αναλογικός μετατροπέας (DAC - Digital to Analog Converter) επιτελεί την αντίστροφη λειτουργία από αυτή ενός ADC, ακολουθώντας μια περίπου αντίστροφη διαδικασία αποκωδικοποίησης (decoding) και επαναπροσέγγισης της μορφής της καμπύλης ενός αναλογικού σήματος. Στόχος της διαδικασίας μετατροπής του δυαδικού σήματος σε αναλογικό αποτελεί ουσιαστικά η δημιουργία μιας συνεχούς καμπύλης με βάση μια σειρά διακριτών τιμών, οι οποίες απέχουν χρονικά όσο το διάστημα δειγματοληψίας. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει να επιλεγθεί μια μέθοδος προσδιορισμού των τιμών που βρίσκονται ενδιάμεσα δύο διαδοχικών διακριτών τιμών.

Μετατροπές ψηφιακών σε αναλογικά

Στην τεχνολογία αυτοματισμού, οι αναλύσεις από 8 bit έως 15 bit είναι κοινές. Το bit πρόσημο είναι απαραίτητο λόγω της αναπαράστασης αρνητικών ψηφιακών τιμών στο συμπλήρωμα δύο. Η ψηφιακή λέξη (περιφερειακή λέξη) έχει μήκος λέξης, δηλαδή περιλαμβάνει 16 bit. Εάν η ανάλυση είναι μικρότερη από 15 bit το σύμβολο συν, το μοτίβο bit με την αριθμητική τιμή εισάγεται αιτιολογημένα αριστερά στον συσσωρευτή της CPU όταν φορτώνεται η λέξη εισόδου I/O. Οι μη κατειλημμένες θέσεις χαμηλότερης αξίας γράφονται με "0". Αντίστοιχα, για την έξοδο μιας αναλογικής τιμής, ανεξάρτητα από την ανάλυση, η ψηφιακή τιμή πρέπει να γραφεί αριστερά-δικαιολογημένη με πρόσημο στον συσσωρευτή και μετά να μεταφερθεί στην περιφερειακή λέξη εξόδου. Εκεί παραλαμβάνεται από ψηφιακό σε αναλογικό μετατροπέα και μετατρέπεται σε αναλογικό σήμα (τάση ή ρεύμα).

Μετατροπές ψηφιακών σε αναλογικά

Συχνά απαιτούνται αναλογικές έξοδοι που μπορούν να παρέχονται από μετατροπείς ψηφιακού σε αναλογικό (DAC) στο κανάλι εξόδου. Η είσοδος στον μετατροπέα είναι μια ακολουθία bit με κάθε bit κατά μήκος μιας παράλληλης γραμμής.



Μετατροπές ψηφιακών σε αναλογικά

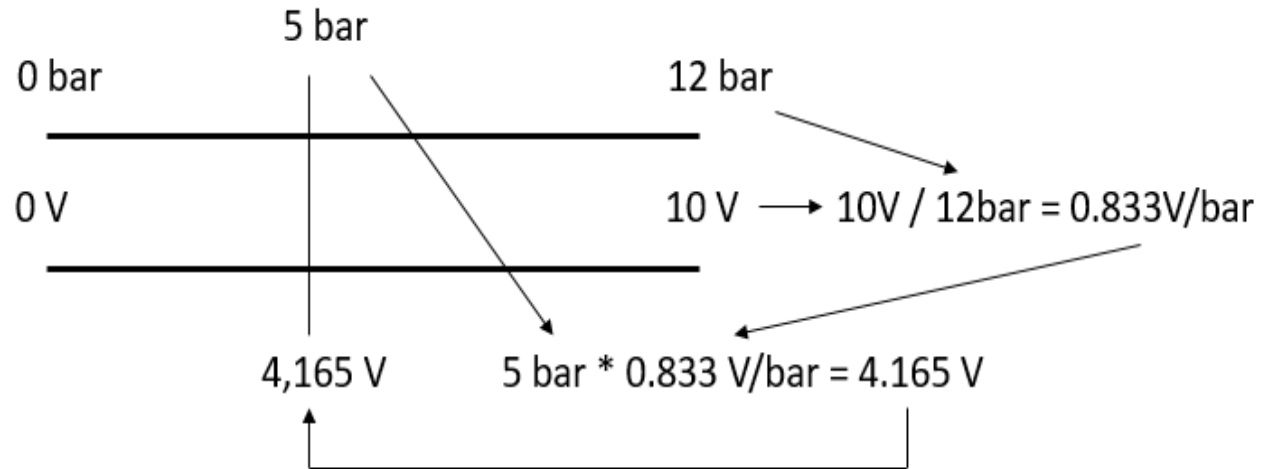
Ένα bit στη γραμμή 0 οδηγεί σε ένα συγκεκριμένο μέγεθος παλμού εξόδου. Ένα bit στη γραμμή 1 δημιουργεί έναν παλμό εξόδου διπλάσιο του μεγέθους του παλμού 0 γραμμής. Ένα bit στη γραμμή 2 δημιουργεί έναν παλμό εξόδου διπλάσιο από το μέγεθος του παλμού 1 γραμμής. Ένα bit στη γραμμή 3 δημιουργεί έναν παλμό εξόδου διπλάσιο από το μέγεθος του παλμού των 2 γραμμών και ούτω καθεξής. Όλες οι έξοδοι αθροίζονται για να δώσουν την αναλογική μορφή της ψηφιακής εισόδου. Όταν αλλάζει η ψηφιακή είσοδος, η αναλογική έξοδος αλλάζει βαθμιαία, ενώ η τάση αλλάζει ανάλογα με τις αλλαγές τάσης που σχετίζονται με κάθε bit. Για παράδειγμα, εάν έχουμε έναν μετατροπέα 8 bit, τότε η έξοδος αποτελείται από τιμές τάσης $2^8 = 256$ αναλογικών βημάτων. Ας υποθέσουμε ότι η περιοχή εξόδου είναι ρυθμισμένη στα 10 V d.c. Στη συνέχεια, ένα bit δίνει μια αλλαγή 10/255 V ή περίπου 0,04 V. Έτσι έχουμε:

Ψηφιακή Είσοδος	Αναλογική Έξοδος
00000000	0.00
00000001	0.04
00000010	$0.08 + 0.00 = 0.08$
00000011	$0.08 + 0.04 = 0.12$
00000100	0.16
00000101	$0.16 + 0.00 + 0.04 = 0.20$
00000110	$0.16 + 0.08 + 0.00 = 0.24$
00000111	$0.16 + 0.08 + 0.04 = 0.28$
00001000	0.32

Οι μονάδες αναλογικής εξόδου παρέχονται συνήθως σε έναν αριθμό εξόδων, π.χ. 4 έως 20 mA, 0 έως +5 V d.c., 0 έως +10 V d.c. και η κατάλληλη έξοδος επιλέγεται από διακόπτες στη μονάδα

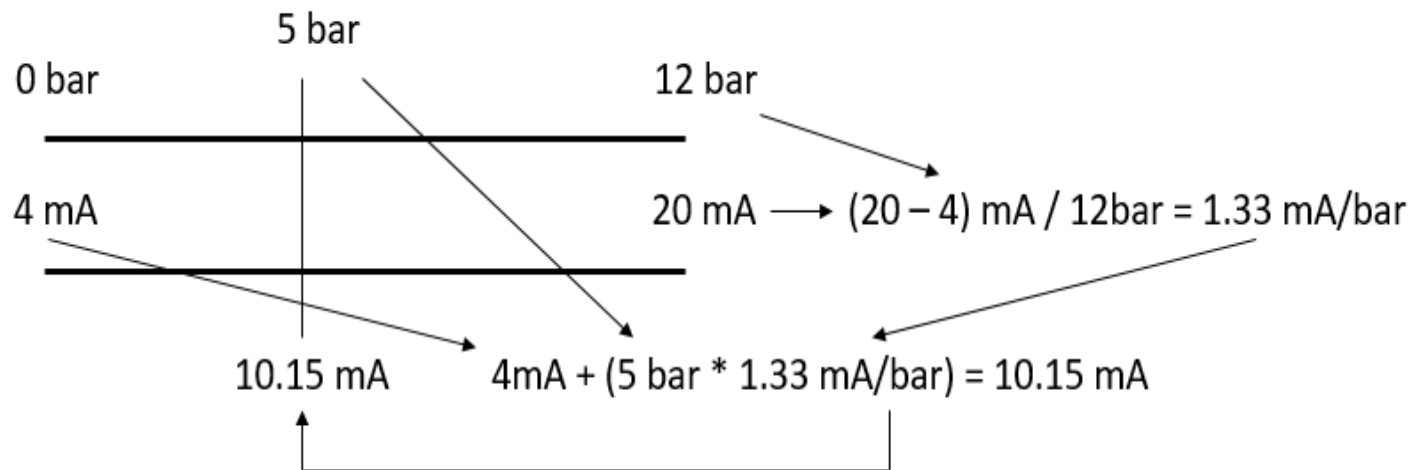
Υπολογισμός σήματος

- Σε ένα IoT σύστημα υπάρχουν πολλές περιπτώσεις στις οποίες θα πρέπει κανείς να παρακολουθήσει την μεταβολή κάποιου φυσικού μεγέθους (π.χ ταχύτητα, πίεση, θερμοκρασία) όχι σαν καταστάσεις ON-OFF αλλά συνεχή μέτρηση τιμών. Για παράδειγμα σε ένα σύστημα μέτρησης πίεσης, ο μετατροπέας μπορεί να μετατρέψει την πίεση σε εύρος από 0 ως 12 bar σε ηλεκτρικό σήμα τάσης από 0 ως +10V. Δηλαδή όταν μετράει 5 bar θα δίνει ηλεκτρική έξοδο στάθμης +4,165V.



Υπολογισμός σήματος

- Η ίδια λογική μετατροπής ισχύει και όταν δεν χρησιμοποιείται ως αναλογικό σήμα η τάση, αλλά τα mA. Σε αυτήν την περίπτωση σε ένα σύστημα μέτρησης πίεσης, ο μετατροπέας μπορεί να μετατρέψει την πίεση σε εύρος από 0 ως 12 bar σε ηλεκτρικό σήμα έντασης από 4 ως +20mA. Δηλαδή όταν μετράει 5 bar θα δίνει ηλεκτρική έξοδο στάθμης +10,65 mA.



Γενίκευση τύπου

- Θα μπορούσε κανείς να γενικεύσει τον παραπάνω κανόνα και να αποτυπώσει έναν τύπο υπολογισμού της τιμής του αναλογικού σήματος σε κάθε περίπτωση. Αν υποθέσει κανείς ότι MS1 είναι το κάτω όριο του μετρούμενου σήματος (π.χ. 0 bar), MS2 είναι το πάνω όριο του μετρούμενου σήματος (π.χ. 12 bar), AS1 είναι το κάτω όριο του αναλογικού σήματος και AS2 είναι το πάνω όριο του αναλογικού σήματος τότε η μετρούμενη τιμή MV κάθε χρονική στιγμή θα αντιστοιχεί στο αναλογικό σήμα AV που δίνεται από τον παρακάτω τύπο.

$$AV = AS1 + [(MV - MS1) * (AS2-AS1) / (MS2-MS1)]$$

Άσκηση

- Με τη βοήθεια του παρακάτω τύπου να υπολογίσετε την τάση που αναμένεται να μετρήσουμε στην έξοδο ενός αισθητήρα μέτρησης θερμοκρασιών 0-100°C, με αντιστοιχία σε 0 – 5 Volt και η τρέχουσα τιμή του είναι 28°C.

$$AV = AS1 + [(MV - MS1) * (AS2-AS1) / (MS2-MS1)]$$

Λύση άσκησης

- Με τη βοήθεια του παρακάτω τύπου να υπολογίσετε την τάση που αναμένεται να μετρήσουμε στην έξοδο ενός αισθητήρα μέτρησης θερμοκρασιών 0-100°C, με αντιστοιχία σε 0 – 5 Volt και η τρέχουσα τιμή του είναι 28°C.

$$AV = AS1 + [(MV - MS1) * (AS2-AS1) / (MS2-MS1)]$$

- AS1 = 0V
- AS2 = 5V
- MS1 = 0°C
- MS2 = 100°C
- MV = 28°C

$$AV = 0 + [(28 - 0) * (5-0) / (100-0)]$$

$$AV = 0 + 28*0.05$$

$$AV = 1.4V$$