



2023

7. Εισαγωγή στους Αισθητήρες

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 Ορισμοί αισθητήρα και μετατροπέα	2
3. Κριτήρια επιλογής αισθητήρα	3
4. Βασικές απαιτήσεις ενός αισθητήρα	3
5. Ταξινόμηση αισθητήρων	4
6. Συχνά χρησιμοποιούμενοι αισθητήρες και μετατροπείς	6
7. Ένα απλό σύστημα που χρησιμοποιεί μετατροπείς	6
8. Αναλογικοί αισθητήρες	7
9. Ψηφιακοί Αισθητήρες	8
10 Συμπέρασμα	9
11 Αναφορές	9

1 Εισαγωγή

Σε αυτό το μάθημα, θα μάθουμε λίγα πράγματα για τους αισθητήρες, πώς να επιλέξετε έναν αισθητήρα, τις απαιτήσεις των αισθητήρων σας, ποια είναι η ταξινόμηση των αισθητήρων, λίγα παραδείγματα αναλογικών και ψηφιακών αισθητήρων.

Ζούμε σε έναν Αναλογικό κόσμο με ψηφιακά μέσα επικοινωνίας και ελέγχου Μηχανικών αντικειμένων με ηλεκτρικά σήματα. Αυτό είναι δυνατό λόγω συσκευών όπως αισθητήρες και μετατροπείς, που μας βοηθούν στη μετατροπή δεδομένων ή πληροφοριών από έναν τομέα σε άλλο.

Η μέτρηση είναι ένα σημαντικό υποσύστημα σε κάθε σημαντικό σύστημα, είτε πρόκειται για μηχανικό σύστημα είτε για ηλεκτρονικό σύστημα. Ένα σύστημα μέτρησης αποτελείται από αισθητήρες, ενεργοποιητές, μετατροπείς και συσκευές επεξεργασίας σήματος. Η χρήση αυτών των στοιχείων και συσκευών δεν περιορίζεται στα συστήματα μέτρησης.

Αυτά χρησιμοποιούνται επίσης στα συστήματα που εκτελούν συγκεκριμένες εργασίες, για την επικοινωνία με τον πραγματικό κόσμο. Η επικοινωνία μπορεί να μοιάζει με την ανάγνωση της κατάστασης ενός σήματος από έναν διακόπτη ή την ενεργοποίηση μιας συγκεκριμένης εξόδου για να ανάψει ένα LED.

2 Ορισμοί αισθητήρα και μετατροπέα

Οι λέξεις αισθητήρες και μετατροπείς χρησιμοποιούνται ευρέως σε συνδυασμό με συστήματα μέτρησης. Ο αισθητήρας είναι ένα στοιχείο που παράγει σήματα που σχετίζονται με την ποσότητα που μετράται. Σύμφωνα με την Instrument Society of America, «ένας αισθητήρας είναι μια συσκευή που παρέχει χρησιμοποιήσιμη έξοδο σε απόκριση σε μια καθορισμένη ποσότητα που μετράται». Η λέξη αισθητήρας προέρχεται από την αρχική σημασία «να αντιλαμβάνομαι».

Με απλά λόγια, ένας αισθητήρας είναι μια συσκευή που ανιχνεύει αλλαγές και συμβάντα σε ένα φυσικό ερέθισμα και παρέχει ένα αντίστοιχο σήμα εξόδου που μπορεί να μετρηθεί και/ή να καταγραφεί. Εδώ, το σήμα εξόδου μπορεί να είναι οποιοδήποτε μετρήσιμο σήμα και είναι μια ηλεκτρική ποσότητα.

Οι αισθητήρες είναι συσκευές που εκτελούν λειτουργίες εισόδου σε ένα σύστημα καθώς «αισθάνονται» τις αλλαγές σε μια ποσότητα. Το καλύτερο παράδειγμα αισθητήρα είναι ένα θερμόμετρο υδραργύρου. Εδώ η ποσότητα που μετράται είναι θερμότητα ή θερμοκρασία. Η μετρούμενη θερμοκρασία μετατρέπεται σε αναγνώσιμη τιμή στον βαθμονομημένο γυάλινο σωλήνα, με βάση τη διαστολή και τη συστολή του υγρού υδραργύρου.

Οι ενεργοποιητές είναι συσκευές που λειτουργούν αντίθετα από τους αισθητήρες. Ένας αισθητήρας μετατρέπει ένα φυσικό γεγονός σε ηλεκτρικό σήμα, ενώ ένας ενεργοποιητής μετατρέπει ένα ηλεκτρικό σήμα σε φυσικό συμβάν. Όταν χρησιμοποιούνται αισθητήρες στην είσοδο ενός συστήματος, οι ενεργοποιητές χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση λειτουργιών εξόδου σε ένα σύστημα καθώς ελέγχουν μια εξωτερική συσκευή.

Οι μετατροπείς είναι συσκευές που μετατρέπουν την ενέργεια από μια μορφή σε άλλη μορφή. Η ενέργεια έχει τη μορφή σήματος. Ο μετατροπέας είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται συλλογικά τόσο για αισθητήρες όσο και για ενεργοποιητές.

3. Κριτήρια επιλογής αισθητήρα

Τα ακόλουθα είναι ορισμένα χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή ενός αισθητήρα.

1. **Τύπος ανίχνευσης:** Η παράμετρος που ανιχνεύεται όπως η θερμοκρασία ή η πίεση.
2. **Αρχή λειτουργίας:** Η αρχή λειτουργίας του αισθητήρα.
3. **Κατανάλωση ισχύος:** Η ισχύς που καταναλώνεται από τον αισθητήρα θα παίξει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της συνολικής ισχύος του συστήματος.
4. **Ακρίβεια:** Η ακρίβεια του αισθητήρα είναι βασικός παράγοντας για την επιλογή ενός αισθητήρα.
5. **Περιβαλλοντικές συνθήκες:** Οι συνθήκες στις οποίες χρησιμοποιείται ο αισθητήρας θα είναι ένας παράγοντας για την επιλογή της ποιότητας ενός αισθητήρα.
6. **Κόστος:** Ανάλογα με το κόστος της εφαρμογής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αισθητήρας χαμηλού κόστους ή αισθητήρας υψηλού κόστους.
7. **Ανάλυση και εύρος:** Η μικρότερη τιμή που μπορεί να ανιχνευτεί και το όριο μέτρησης είναι σημαντικά.
8. **Βαθμονόμηση και Επαναληψιμότητα:** Αλλαγή τιμών με το χρόνο και δυνατότητα επανάληψης μετρήσεων υπό παρόμοιες συνθήκες.

4. Βασικές απαιτήσεις ενός αισθητήρα

Οι βασικές απαιτήσεις ενός αισθητήρα είναι:

1. **Εύρος:** Υποδεικνύει τα όρια της εισόδου στα οποία μπορεί να ποικίλλει. Στην περίπτωση μέτρησης θερμοκρασίας, ένα θερμοστοιχείο μπορεί να έχει εύρος 25 – 250 0C.
2. **Ακρίβεια:** Είναι ο βαθμός ακρίβειας μεταξύ της πραγματικής μέτρησης και της σωστής τιμής. Η ακρίβεια εκφράζεται ως ποσοστό της παραγωγής πλήρους εύρους.
3. **Ευαισθησία:** Η ευαισθησία είναι μια σχέση μεταξύ του φυσικού σήματος εισόδου και του ηλεκτρικού σήματος εξόδου. Είναι ο λόγος της αλλαγής στην έξοδο του αισθητήρα προς μια μοναδιαία αλλαγή στην τιμή εισόδου που προκαλεί αλλαγή στην έξοδο.
4. **Σταθερότητα:** Ο αισθητήρας μπορεί να παράγει την ίδια έξοδο για σταθερή είσοδο για κάποιο χρονικό διάστημα.
5. **Επαναληψιμότητα:** Ο αισθητήρας μπορεί να παράγει την ίδια έξοδο για διαφορετικές εφαρμογές με την ίδια τιμή εισόδου.
6. **Χρόνος απόκρισης:** Είναι η ταχύτητα αλλαγής στην έξοδο σε μια σταδιακή αλλαγή στην είσοδο.
7. **Γραμμικότητα:** Καθορίζεται ως προς το ποσοστό μη γραμμικότητας. Η μη γραμμικότητα είναι μια ένδειξη απόκλισης της καμπύλης της πραγματικής μέτρησης από την καμπύλη της ιδανικής μέτρησης.
8. **Ανθεκτικότητα:** Είναι ένα μέτρο αντοχής όταν ο αισθητήρας χρησιμοποιείται κάτω από ακραίες συνθήκες λειτουργίας.
9. **Υστέρηση:** Η υστέρηση ορίζεται ως η μέγιστη διαφορά στην έξοδο σε οποιαδήποτε μετρήσιμη τιμή εντός του καθορισμένου εύρους του αισθητήρα όταν πλησιάζετε το σημείο πρώτα αυξάνοντας και στη συνέχεια μειώνοντας την

παράμετρο εισόδου. Η υστέρηση είναι ένα χαρακτηριστικό που έχει ένας μοφοτροπέας επειδή δεν μπορεί να επαναλάβει πιστά τη λειτουργικότητά του όταν χρησιμοποιείται στην αντίθετη κατεύθυνση λειτουργίας.

5. Ταξινόμηση αισθητήρων

Το σχέδιο ταξινόμησης των αισθητήρων μπορεί να κυμαίνεται από πολύ απλό έως πολύ περίπλοκο. Το ερέθισμα που γίνεται αισθητό είναι ένας σημαντικός παράγοντας σε αυτήν την ταξινόμηση.

Μερικά από τα ερεθίσματα είναι

1. **Ακουστική:** Κύμα, φάσμα και ταχύτητα κύματος.
2. **Ηλεκτρικό:** Ρεύμα, φορτίο, δυναμικό, ηλεκτρικό πεδίο, διαπερατότητα και αγωγιμότητα.
3. **Μαγνητικό:** Μαγνητικό πεδίο, μαγνητική ροή και διαπερατότητα.
4. **Θερμική:** Θερμοκρασία, ειδική θερμότητα και θερμική αγωγιμότητα.
5. **Μηχανικά:** Θέση, επιτάχυνση, δύναμη, πίεση, τάση, παραμόρφωση, μάζα, πυκνότητα, ορμή, ροπή, σχήμα, προσανατολισμός, τραχύτητα, ακαμψία, συμμόρφωση, κρυσταλλικότητα και δομή.
6. **Οπτικά:** Κύμα, ταχύτητα κύματος, δείκτης διάθλασης, ανακλαστικότητα, απορρόφηση και εκπομπή.

Το φαινόμενο μετατροπής των αισθητήρων είναι επίσης ένας σημαντικός παράγοντας στην ταξινόμηση των αισθητήρων. Μερικά από τα φαινόμενα μετατροπής είναι μαγνητοηλεκτρικά, θερμοηλεκτρικά και φωτοηλεκτρικά.

Με βάση τις εφαρμογές των αισθητήρων, η ταξινόμηση τους μπορεί να γίνει ως εξής.

I. Αισθητήρες μετατόπισης, θέσης και εγγύτητας

1. Αντιστατικό στοιχείο ή ποτενσιόμετρο
2. Χωρητικά στοιχεία
3. Στοιχείο με μέτρηση παραμόρφωσης
4. Επαγωγικοί αισθητήρες εγγύτητας
5. Αισθητήρες εγγύτητας δινορευμάτων
6. Διαφορικοί Μετασχηματιστές
7. Οπτικοί κωδικοποιητές
8. Αισθητήρες εφέ Hall
9. Πνευματικοί Αισθητήρες
10. Διακόπτες εγγύτητας
11. Περιστροφικοί κωδικοποιητές

II. Αισθητήρες θερμοκρασίας

12. Θερμίστορ
13. Θερμοστοιχείο
14. Διμεταλλικές Λωρίδες
15. Ανιχνευτές θερμοκρασίας αντίστασης

16. Θερμοστάτης

III. Αισθητήρες φωτός

1. Φωτογραφική δίοδος
2. Φωτοτρανζίστορ
3. Αντίσταση που εξαρτάται από το φως

IV. Ταχύτητα και Κίνηση

1. Πυροηλεκτρικοί Αισθητήρες
2. Ταχογεννήτρια
3. Αυξητικός κωδικοποιητής

V. Πίεση υγρού

1. Μανόμετρο διαφράγματος
2. Αισθητήρας αφής
3. Πιεζοηλεκτρικοί Αισθητήρες
4. Κάψουλες, Φυσούνες, Σωλήνες Πίεσης

VI. Ροή και Επίπεδο Υγρού

1. Στροβιλομετρητής
2. Πλάκα Orifice και σωλήνας Venturi

VII. Αισθητήρας υπέρυθρων

1. Ζεύγος πομπού και δέκτη υπέρυθρων

VIII. Δύναμη

1. Μετρητής τάσης
2. Κυψέλη φόρτωσης

IX. Αισθητήρες αφής

1. Αντιστατικός αισθητήρας αφής
2. Χωρητικοί αισθητήρες αφής

X. Αισθητήρες UV

1. Ανιχνευτής υπεριώδους φωτός
2. Αισθητήρες σταθερότητας φωτογραφίας
3. UV Photo Tubes
4. Μικροβιοκτόνοι ανιχνευτές UV

Όλοι οι αισθητήρες μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο τύπους με βάση την απαίτηση ισχύος ή σήματος. Είναι ενεργοί αισθητήρες και παθητικοί αισθητήρες.

Για να λειτουργήσουν οι ενεργοί αισθητήρες απαιτείται σήμα ισχύος από εξωτερική πηγή. Αυτό το σήμα ονομάζεται σήμα διέγερσης και με βάση αυτό το σήμα διέγερσης ο αισθητήρας παράγει έξοδο. Ένας μετρητής τάσης είναι ένα παράδειγμα ενεργού αισθητήρα. Είναι ένα ευαίσθητο στην πίεση δίκτυο γέφυρας και δεν παράγει από μόνο του το ηλεκτρικό σήμα εξόδου. Το ποσό της δύναμης που εφαρμόζεται μπορεί να μετρηθεί συνδέοντάς το με την αντίσταση του δικτύου. Η αντίσταση μπορεί να μετρηθεί περνώντας ένα ρεύμα μέσα από αυτήν. Το ρεύμα λειτουργεί ως σήμα διέγερσης.

Αντίθετα, οι παθητικοί αισθητήρες παράγουν απευθείας το ηλεκτρικό σήμα εξόδου ως απόκριση στο ερέθισμα εισόδου. Όλη η ισχύς που απαιτείται από έναν παθητικό αισθητήρα λαμβάνεται από τη μέτρηση. Ένα θερμοστοιχείο είναι ένας παθητικός αισθητήρας.

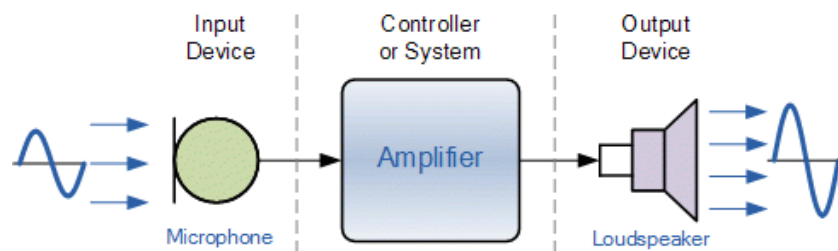
6. Συχνά χρησιμοποιούμενοι αισθητήρες και μετατροπείς

Μερικοί από τους πιο συχνά χρησιμοποιούμενους αισθητήρες και μετατροπείς για διαφορετικά ερεθίσματα (η ποσότητα που πρέπει να μετρηθεί) είναι:

1. Για την ανίχνευση φωτός, οι συσκευές ή οι αισθητήρες εισόδου είναι μια φωτοδίοδος, φωτοτρανζίστορ, αντίσταση που εξαρτάται από το φως και ηλιακά κύτταρα. Οι συσκευές ή οι ενεργοποιητές εξόδου είναι LED, οθόνες, λαμπτήρες και οπτικές ίνες.
2. Για την ανίχνευση θερμοκρασίας, οι αισθητήρες είναι θερμίστορ, θερμοστοιχεία, ανιχνευτές θερμοκρασίας αντίστασης και θερμοστάτες. Οι ενεργοποιητές είναι θερμαντήρες.
3. Για τη θέση ανίχνευσης, οι συσκευές εισόδου είναι ένα ποτενσιόμετρο, ένας αισθητήρας εγγύτητας και ένας διαφορικός μετασχηματιστής. Οι συσκευές εξόδου είναι ο μετρητής κινητήρα και πίνακα.
4. Για την ανίχνευση της πίεσης, οι αισθητήρες είναι μετρητής καταπόνησης και κυψέλη φορτίου. Οι ενεργοποιητές είναι ανυψωτήρες και γρύλοι και ηλεκτρομαγνητικές δονήσεις.
5. Για την ανίχνευση του ήχου, οι συσκευές εισόδου είναι μικρόφωνα και οι συσκευές εξόδου είναι ηχεία και βομβητές.
6. Για την ανίχνευση της ταχύτητας, οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται είναι η γεννήτρια tachometer και οι αισθητήρες εφέ Doppler. Οι ενεργοποιητές είναι κινητήρες και φρένα.

7. Ένα απλό σύστημα που χρησιμοποιεί μετατροπείς

Ένα σύστημα δημόσιας διεύθυνσης είναι ένα παράδειγμα συστήματος που χρησιμοποιεί αισθητήρες και ενεργοποιητές.



Ένα απλό σύστημα που χρησιμοποιεί μετατροπείς

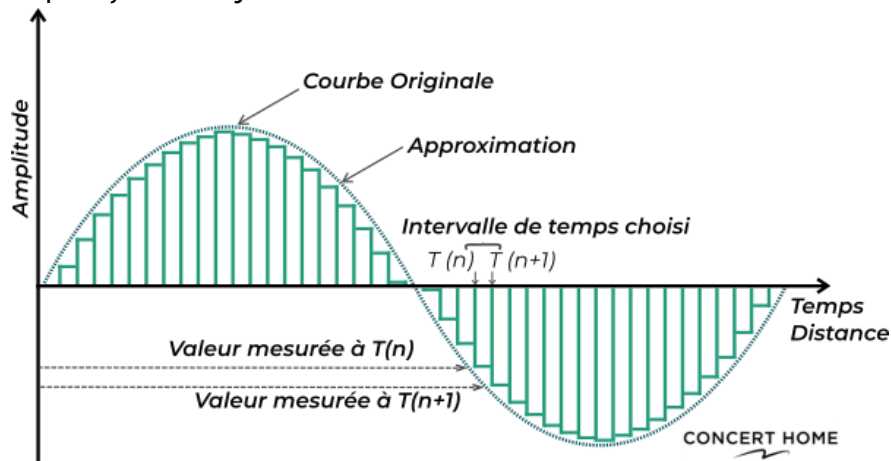
Αποτελείται από ένα μικρόφωνο, έναν ενισχυτή και ένα μεγάφωνο. Ο αισθητήρας ή η συσκευή με λειτουργία εισόδου είναι ένα μικρόφωνο. Αισθάνεται τα ηχητικά σήματα και τα μετατρέπει σε ηλεκτρικά σήματα. Ο ενισχυτής λαμβάνει αυτά τα ηλεκτρικά σήματα και ενισχύει τη δύναμή τους.

Ο ενεργοποιητής ή η συσκευή με τη λειτουργία εξόδου είναι το μεγάφωνο. Λαμβάνει τα ενισχυμένα ηλεκτρικά σήματα από τον ενισχυτή και τα μετατρέπει ξανά σε ηχητικά σήματα αλλά με μεγαλύτερη εμβέλεια.

8. Αναλογικοί αισθητήρες

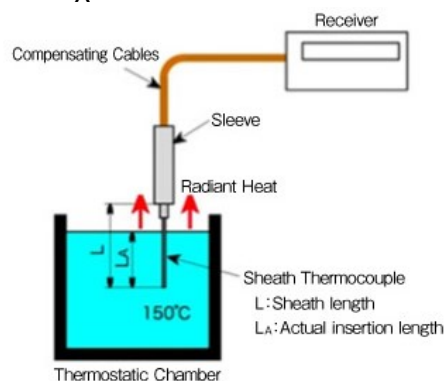
Ένας αναλογικός αισθητήρας παράγει συνεχώς μεταβαλλόμενα σήματα εξόδου σε ένα εύρος τιμών. Συνήθως, το σήμα εξόδου είναι τάση και αυτό το σήμα εξόδου είναι ανάλογο της μέτρησης. Η ποσότητα που μετράται όπως η ταχύτητα, η θερμοκρασία, η πίεση, η τάση κ.λπ. είναι όλα συνεχή στη φύση τους και ως εκ τούτου είναι αναλογικά μεγέθη.

Μια κυψέλη θειούχου καδμίου (CdS Cell) που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της έντασης του φωτός είναι ένας αναλογικός αισθητήρας. Η αντίσταση ενός στοιχείου CdS ποικίλλει ανάλογα με την ένταση του φωτός που προσπίπτει σε αυτό. Όταν συνδέεται σε δίκτυο διαιρέτη τάσης, η αλλαγή στην αντίσταση μπορεί να παρατηρηθεί μέσω της μεταβαλλόμενης τάσης εξόδου. Σε αυτό το κύκλωμα, η έξοδος μπορεί να ποικίλλει από οπουδήποτε μεταξύ 0 V έως 5 V.



Η ένταση του φωτός

Το **θερμοστοιχείο** ή ένα θερμόμετρο είναι ένας αναλογικός αισθητήρας. Η ακόλουθη ρύθμιση χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του υγρού στο δοχείο χρησιμοποιώντας ένα θερμοστοιχείο.



Μια ρύθμιση για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του υγρού στο δοχείο χρησιμοποιώντας ένα θερμοστοιχείο

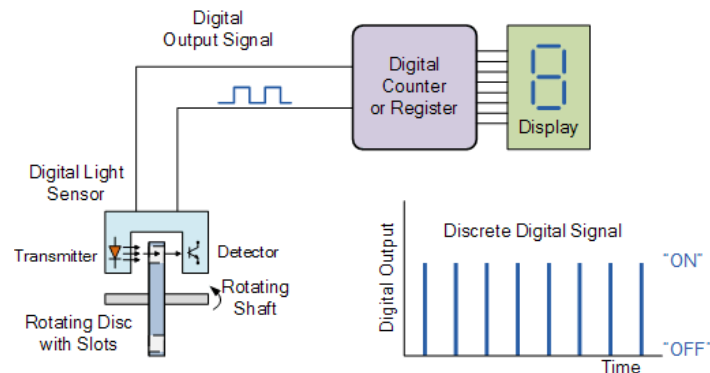
Η έξοδος ενός αναλογικού αισθητήρα τείνει να αλλάζει ομαλά και συνεχώς με την πάροδο του χρόνου. Ως εκ τούτου, ο χρόνος απόκρισης και η ακρίβεια των κυκλωμάτων που χρησιμοποιούν αναλογικούς αισθητήρες είναι αργοί και μικρότεροι. Για τη χρήση αυτών των σημάτων σε ένα σύστημα που βασίζεται σε μικροελεγκτή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αναλογικοί ψηφιακοί μετατροπείς.

Οι αναλογικοί αισθητήρες απαιτούν εξωτερική τροφοδοσία και ενίσχυση κάποιας μορφής για να παράγουν κατάλληλα σήματα εξόδου. Τα Op Amps είναι πολύ χρήσιμα για την παροχή ενίσχυσης και φιλτραρίσματος.

9. Ψηφιακοί Αισθητήρες

Ένας ψηφιακός αισθητήρας παράγει διακριτά ψηφιακά σήματα. Η έξοδος ενός ψηφιακού αισθητήρα έχει μόνο δύο καταστάσεις, δηλαδή «ON» και «OFF». Το ON είναι το logic 1 και το OFF είναι το logic 0. Ένας διακόπτης με μπουτόν είναι το καλύτερο παράδειγμα ψηφιακού αισθητήρα. Σε αυτήν την περίπτωση, ο διακόπτης έχει μόνο δύο καταστάσεις: είτε είναι ON όταν πιέζεται είτε είναι OFF όταν απελευθερώνεται ή δεν πιέζεται.

Η ακόλουθη ρύθμιση χρησιμοποιεί έναν αισθητήρα φωτός για τη μέτρηση της ταχύτητας και παράγει ένα ψηφιακό σήμα..



Μια ρύθμιση για τη μέτρηση της ταχύτητας και την παραγωγή ψηφιακού σήματος.

Στην παραπάνω ρύθμιση, ο περιστρεφόμενος δίσκος συνδέεται με τον άξονα ενός κινητήρα και έχει πολλές διαφανείς υποδοχές. Ο αισθητήρας φωτός καταγράφει την παρουσία ή την απουσία του φωτός και στέλνει αντίστοιχα σήματα λογικής 1 ή λογικής 0 στον μετρητή. Ο μετρητής εμφανίζει την ταχύτητα του δίσκου. Η ακρίβεια μπορεί να αυξηθεί αυξάνοντας τις διαφανείς υποδοχές στο δίσκο, καθώς επιτρέπει περισσότερες μετρήσεις στο ίδιο χρονικό διάστημα.

Γενικά, η ακρίβεια ενός ψηφιακού αισθητήρα είναι υψηλή σε σύγκριση με έναν αναλογικό αισθητήρα. Η ακρίβεια εξαρτάται από τον αριθμό των bit που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση της μέτρησης. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των bit, τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια.

10 Συμπέρασμα

Οι αισθητήρες είναι μια τεχνολογία ενεργοποίησης, που εφαρμόζεται σε ένα ευρύ φάσμα χρήσεων. Για να είναι αποτελεσματικό, απαιτεί εντοπισμό πιθανών χρήσεων και αξιολόγηση του βαθμού καταλληλότητας. Για παράδειγμα, τα συστήματα αισθητήρων που έχουν αναπτυχθεί για την παρακολούθηση της δομικής υγείας ενός γερασμένου στρατιωτικού αεροσκάφους ή άλλων εφαρμογών παρακολούθησης οχημάτων μπορούν να αξιοποιηθούν με κάποια μορφή από τις βιομηχανίες εμπορικών αεροσκαφών και αυτοκινήτων. Οι χημικοί αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση παραγόντων χημικού πολέμου έχουν πολυάριθμες πιθανές εφαρμογές εκτός DoD σε τομείς όπως η παρακολούθηση του περιβάλλοντος και της υγείας. Επίσης, αισθητήρες υπερύθρων, που παραδοσιακά αναπτύχθηκαν για στρατιωτικές εφαρμογές όπως η αναγνώριση, βρίσκουν χρήσεις στην κατασκευή υλικών, στην ανίχνευση εισβολών και στα συστήματα ανίχνευσης χημικών καθώς γίνονται προσιτά.

11 Αναφορές

<https://nap.nationalacademies.org/>

<https://www.electronicshub.org/sensors-and-transducers-introduction/>

<https://www.publicsensors.org/intro-to-sensors/>